

Министерство путей сообщения РФ
Департамент кадров и учебных заведений
Самарский институт инженеров железнодорожного транспорта
им. М.Т.Елизарова

**КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА
ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ**

Учебно-методическое пособие для студентов специальности 101800 –
Электроснабжение железных дорог

Составитель: В.Н.Яковлев

САМАРА 2002

УДК 621.331:

Учебно-методическое пособие по дисциплинам “Тяговые и трансформаторные подстанции”, “Городской электрический транспорт” для студентов специализации: 101800 – “Электроснабжение железных дорог” и 101802 – “Компьютерные технологии в электроснабжении”: Самара, СамИИТ.2001, 36 с.

Учебно-методическое пособие содержит основные определения, термины и классификацию комплектных распределительных устройств, конструктивное исполнение комплектных РУ 6-10 кВ с электромагнитными выключателями: К-Х и К-XXI, К-XXIV, КРУ2-10Э/Э, КЭ-10; комплектные РУ 6-10 кВ с вакуумными выключателями: К-104 и КВ-1, а также перспективы развития КРУ 6-35кВ. В пособии приведены основные технические характеристики КРУ 6-10 кВ внутренней установки.

Составитель Вениамин Николаевич Яковлев

Рецензенты: Начальник службы Электроснабжения Самарского метрополитена

В.В.Ларкин /

к.т.н., доцент кафедры “Электроснабжение
железнодорожного транспорта СамИИТа” Н.А.Шергунова

Редактор: И.М.Егорова

Подписано в печать 29.04.02

Тираж 100 Заказ № 57

1. Основные определения и термины, классификация электротехнических устройств и требования к ним

Комплектное распределительное устройство внутренней (КРУ) или наружной (КРУН) установки предназначается для приёма и распределения электрической энергии трёхфазного переменного тока промышленной частоты. Они нашли широкое применение в распределительных устройствах (РУ) собственных нужд типовых и атомных электростанций, распределительных подстанций энергосистем, преобразовательных подстанций, тяговых подстанций метрополитенов и электрифицированных железных дорог, тяговых подстанций городского электрического транспорта, подстанций промышленных и сельскохозяйственных предприятий, в РУ мощных экскаваторов, на угольных шахтах и др. В настоящее время появились КРУ, имеющие конкретное целевое назначение, например, КРУ для размещения аппаратуры защиты от атмосферных перенапряжений, для секционирования ВЛ напряжением 10 кВ, для автоматического ввода резерва (АВР) линий напряжением 10 кВ, для тиристорных пусковых устройств в целях обеспечения плавного частотного пуска синхронных машин и др.

Комплектное распределительное устройство – это совокупность электротехнического оборудования, необходимого для схемы РУ, смонтированного в отдельных шкафах на специализированных заводах в условиях серийного производства. РУ набирается из шкафов КРУ со встроенным в них высоковольтным оборудованием, устройствами релейной защиты, приборами измерения, автоматики, сигнализации, учёта, управления и др. Шкафы, у которых коммутационное электрооборудование, измерительные трансформаторы тока или напряжения, разрядники и другие аппараты устанавливаются непосредственно в корпусе шкафа неподвижно, относятся к КРУ стационарного исполнения (без выдвижных элементов). При размещении вышеперечисленного оборудования или его части на выдвижном элементе

(тележке) шкафы относятся к КРУ выдвижного исполнения (с выдвижными элементами).

Комплектная трансформаторная подстанция (КТП) – электрическая установка, предназначенная для приёма, преобразования и распределения электрической энергии трёхфазного переменного тока, состоящая из трансформатора, устройства со стороны ВН, распределительного устройства со стороны НН и комплектных токопроводов (шинопроводов), соединяющих эти элементы. Поставляется КТП в собранном или подготовленном для сборки виде.

Серия КРУ (КРУН, КТП) – различное сочетание определённых типоразмеров шкафов КРУ на заданные: номинальное напряжение, номинальный ток отключения и электродинамическую стойкость, предназначенных для комплектования в РУ.

В зависимости от параметров и габаритов встраиваемой аппаратуры серии шкафов могут подразделяться по габаритам. Типоразмер шкафа (номенклатурная единица) – исполнение шкафа, определяемое конкретной схемой главных и вспомогательных цепей и номинальными параметрами встраиваемой аппаратуры. Корпус шкафа – жёсткая металлоконструкция, в которой стационарно установлены аппараты, токоведущие части главных и вспомогательных цепей, все элементы которых защищены оболочкой. Оболочку шкафа составляет металлическая заземлённая наружная часть шкафа, предназначенная для защиты персонала от случайного прикосновения с токоведущими или подвижными частями, находящимися внутри шкафа, а также для защиты установленного внутри неё оборудования от внешнего воздействия.

Выдвижной элемент (тележка) шкафа – жёсткая конструкция со встроенными в неё высоковольтными аппаратами, обеспечивающая возможность её перемещения в различные положения: рабочее, контрольное, ремонтное.

Номинальный ток главной цепи шкафа КРУ (КРУН) – ток, при котором гарантируется длительная работа шин, разъёмных контактов и аппаратуры в главной цепи, рассчитанных в условиях их работы в шкафу КРУ.

Главные цепи шкафа – силовые цепи электрического присоединения РУ. Вспомогательные цепи шкафа – цепи управления, контроля, релейной защиты и автоматики. Разъёмные контакты главной цепи – устройства, состоящие из неподвижных и подвижных электрических контактов, служащие для замыкания или размыкания главных цепей выдвижного элемента с цепями стационарной части шкафа (корпуса). Разъёмные контакты вспомогательных цепей – это устройства, состоящие из неподвижных и подвижных контактов, служащие для замыкания или размыкания вспомогательных цепей выдвижного элемента с цепями стационарной части шкафа (корпуса). Отсек шкафа КРУ – полностью ограждённая перегородками часть КРУ, предназначенная для размещения определённого оборудования или аппаратуры. Название отсека может определяться по главному элементу, установленному в нём: отсек выключателя, отсек сборных шин, отсек кабеля, отсек приборов и т.д. Перегородка шкафа – часть ограждения отсека или шкафа КРУ, служащая для отделения его от смежного отсека или шкафа. Защитные шторки шкафа – подвижные устройства шкафа КРУ, ограждающие проёмы для прохода разъёмных контактов главных цепей и служащие для защиты обслуживающего персонала от возможности прикосновения к неподвижным разъёмным контактам главной цепи в ремонтном положении выдвижного элемента.

Устройство со стороны ВН КТП – сборное или комплектное электротехническое устройство со встроенными аппаратами и приборами для коммутации, управления и защиты, служащее для приёма электроэнергии и передачи её по цепям, обусловленным схемой главных электрических соединений КТП на стороне ВН трансформатора. Распределительное устройство со стороны НН КТП – комплектное устройство, служащее для ввода от трансформатора со стороны НН для распределения его нагрузки по цепям, обусловленным схемой главных электрических соединений КТП.

Промышленное производство шкафов КРУ по сравнению с обычными (сборными) конструкциями электротехнических установок позволило:

- сократить размеры и объёмы помещений;
- значительно упростить и удешевить здание под РУ;
- сократить расход металла и других строительных материалов;
- повысить надёжность и безопасность эксплуатации;
- обеспечить потребителей бесперебойным снабжением электроэнергией;
- резко сократить время ревизий и ремонтов электрооборудования, установленного на выдвижных элементах;
- значительно снизить стоимость строительно-монтажных работ с одновременным повышением их качества за счёт переноса работ по монтажу всего электротехнического оборудования на специализированные промышленные предприятия;
- значительно упростить работу проектных, комплектующих и планирующих организаций.

Применение комплектных электротехнических устройств является основой индустриализации строительно-монтажных работ при соединении электрических станций, трансформаторных подстанций и электроустановок промышленных предприятий.

Комплектные РУ классифицируются по показателям: тип выключателей, способ расположения аппаратов, применяемая изоляция, расположение и число систем сборных шин, способ обслуживания (одностороннее или двухстороннее), род установки (внутренняя или наружная), климатические условия, род оперативного тока, условия эксплуатации. Различают конструкции и по напряжению, току, отключаемой мощности, типу приводов, вспомогательным устройствам, схемам главных и вспомогательных соединений и другим показателям.

Общие требования к шкафам КРУ общего назначения по конструкции, механической стойкости, электрической прочности изоляции, устойчивости к

внешним воздействиям, нагреву при длительной работе и токах КЗ, стойкости к сквозным токам КЗ, к коммутационной способности, надёжности и безопасности приведены в ГОСТ 14693-77*. На шкафы КРУ распространяются также требования безопасности, изложенные в государственных стандартах системы стандартов безопасности труда (ССБТ): ГОСТ 12.2.007.0-75* “Изделия электротехнические. Общие требования безопасности”; ГОСТ 12.2.007.3-75* “Электротехнические устройства на напряжения свыше 1000 В. Требования безопасности” и ГОСТ 12.2.007.4-75* “Шкафы комплектных распределительных устройств и комплектных трансформаторных подстанций. Требования безопасности”.

В соответствии с требованием ГОСТ 15150-69* о воздействии климатических факторов внешней среды КРУ внутренней установки должны отвечать требованиям климатического исполнения У категории размещения 3 с нижним значением температуры окружающего воздуха -25°C . В зависимости от категории размещения КРУ и КРУН по ГОСТ 15150-69* исполнение конструкции шкафа характеризуется по степени защиты (ГОСТ 14254-80). Шкафы КРУ имеют защищённое исполнение 1 Р20.

Требования к электрической прочности изоляции главных и вспомогательных цепей изложены в ГОСТ 1516.1-76*, где приведены регламентируемые данные по испытательным кратковременным напряжениям промышленной частоты и напряжениям грозовых полных и срезанных импульсов. Изоляция главных цепей шкафов КРУ и КРУН должна выдерживать испытание одномоментным напряжением 42 кВ при $U_{НОМ}=10$ кВ или 32 кВ при $U_{НОМ}=6$ кВ промышленной частоты, напряжением грозовых полных импульсов 75 кВ и срезанных импульсов 90 кВ. Внешняя изоляция внутри оболочки шкафа между токоведущими частями одного и того же полюса главных цепей при контрольном (разобъённом) положении выдвижного элемента при двух разрывах на полюс в сухом состоянии должна

выдерживать испытание напряжением (при плавном подъёме) 42 и 32 кВ при $U_{НОМ}$, равном соответственно 10 и 6 кВ.

Изоляция вспомогательных цепей должна выдерживать одноминутное испытательное напряжение промышленной частоты 2 кВ, которое поочерёдно прикладывается между токоведущими и заземлёнными частями в том случае, если все элементы цепи по своим техническим условиям допускают испытания напряжением 2 кВ. Если во всей вспомогательной цепи имеется элемент с испытательным одноминутным напряжением 1,5 кВ, то испытания изоляции всей вспомогательной цепи можно выполнять напряжением 1,5 кВ. Если во вспомогательной цепи имеются элементы, не допускающие испытания напряжением, равным 1,5 кВ, испытательное напряжение должно быть приложено при отсоединении этих элементов цепи, а затем должно быть проведено комплексное испытание цепей с присоединением всех элементов минимальным напряжением, допускаемым всеми элементами.

Коммутационная способность КРУ регламентируется требованиями, предъявляемыми к встроенным в КРУ выключателям с соответствующим приводом. Они должны выдерживать стандартные испытательные циклы при значениях токов включения и отключения в соответствии с требованиями ГОСТ 687-78 Е.

Требования по нагреву при длительной работе шкафов КРУ в нормальном режиме нормируются согласно ГОСТ 8024-84. Шкафы КРУ должны удовлетворять требованиям по стойкости к сквозным токам КЗ, т.е. должны выдерживать при включённом положении электрооборудования номинальные токи главной цепи: электродинамической стойкости для конкретного типа КРУ и трёхсекционной термической стойкости.

К применяемым в КРУ стационарным заземляющим ножам также предъявляются соответствующие требования по стойкости к сквозным токам КЗ. Они должны выдерживать без разрыва заземляющих цепей номинальный

ток электродинамической стойкости и ток термической стойкости в течение 1 с, при этом допускается приваривание контактов ножей.

По механической стойкости к шкафам КРУ предъявляются требования, обеспечивающие нормальные условия работы во всех режимах, а также при транспортировке, монтаже и наладочных работах.

Для проверки такой способности регламентированы количества циклов, которые шкафы КРУ и его элементы должны выдерживать: 2000 включений и отключений разъёмных контактов главных цепей и 500 – вспомогательных цепей; 2000 перемещений выдвижного элемента из рабочего в контрольное положение и обратно и столько же открываний и закрываний защитных шторок; 1000 открываний и закрываний дверей; 500 включений и отключений заземляющего разъединителя. Количество циклов включений и отключений встроенного комплектующего оборудования принимается в соответствии с ГОСТ на это оборудование. Показатели надёжности КРУ (механический ресурс, вероятность безотказной работы, долговечность и др.) устанавливаются для каждого типа КРУ из показателей по опыту эксплуатации или отдельно коммутационных аппаратов, или КРУ в целом. Эти показатели могут быть определены также и расчётным путём, но они не должны быть меньше показателей, регламентируемых по требованиям механической стойкости и другим. Срок службы КРУ определяется не менее 25 лет.

Требование безопасности к КРУ – одно из главных требований. *Шафы КРУ должны иметь целый ряд блокировок, в том числе не допускающих:*

- перемещения выдвижного элемента из рабочего положения и из контрольного положения в рабочее при включённом положении выключателя, установленного на выдвижном элементе;
- включения выключателя, установленного на выдвижном элементе, при нахождении выдвижного элемента в промежуточном (между рабочим и контрольным) положении;

- перемещения выдвижного элемента из контрольного (разобщённого) положения в рабочее при включенных ножах заземляющего разъединителя;
- включения или отключения разъединителей при включённом выключателе главной цепи;
- вкатывания и выкатывания выдвижного элемента с разъединителями под нагрузкой (для шкафов без выключателей);
- включения заземляющего разъединителя в шкафу секционирования с разъединителем при рабочем положении выдвижного элемента секционного выключателя;
- включения разъединителей при включённых ножах заземляющего разъединителя либо включения заземляющего разъединителя при включённых разъединителях;
- открывания дверей при включённых разъединителях в шкафах со стационарными разъединителями.

Кроме указанных блокировок, шкафы КРУ должны быть снабжены блокировками внешних присоединений, т.е. в шкафах КРУ с заземляющими разъединителями предусматривается ***возможность установки устройств, осуществляющих блокирование и не допускающих:***

- включения заземляющего разъединителя при рабочем положении выдвижных элементов или находящегося во включённом положении любого коммутационного электрооборудования в других шкафах КРУ, от которого возможна подача напряжения на шкаф, где размещён заземляющий разъединитель, или при включённом положении коммутационного электрооборудования высшего и среднего напряжения, если по этим цепям может быть подано напряжение на данный шкаф;
- перемещения в рабочее положение выдвижных элементов или включения любого коммутационного электрооборудования при включённом положении заземляющего разъединителя данного шкафа.

Конструкция шкафа КРУ должна обеспечивать локализацию аварии в пределах одного шкафа или монтажной схемы главной цепи присоединения (секционирования или ввод, в двух и более шкафах) при времени действия открытой электрической дуги КЗ 1 с. Это время может быть сокращено. В этом случае конструкция КРУ должна быть снабжена такими элементами, которые бы ограничивали время действия электрической дуги до значения, указанного в ТУ на конкретный тип КРУ (разгрузочные клапаны с контактами, датчики и т.п.).

При эксплуатации шкафов КРУ допустимый нагрев элементов конструкции и механические усилия на них, выхлоп газов или электрическая дуга при коммутации выключателей не должны причинять вред обслуживающему персоналу, вызывать перекрытие изоляции шкафов КРУ и поджигание выхлопных газов. При снятом напряжении должно быть безопасным обслуживание электрооборудования, приборов, токоведущих частей и самого шкафа КРУ; должна иметься возможность осуществления осмотра, ремонта и замены соседних шкафов КРУ без нарушения нормальной работы. Ремонт электрооборудования выдвижного элемента выполняют при выводе выдвижного элемента в ремонтное положение. **Конструкция шкафа КРУ** должна:

- обеспечивать возможность безопасного обслуживания (без снятия напряжения с главных цепей) сборок зажимов, контактов вспомогательных цепей выключателя и разъединителя, аппаратов вспомогательных цепей;
- обеспечивать защиту обслуживающего персонала от случайного прикосновения к токоведущим и подвижным частям, заключённым в оболочку;
- защищать оборудование от попадания твёрдых тел по заданной для конструкции степени защиты.

После выкатывания выдвижного элемента из шкафа КРУ в ремонтное положение все токоведущие части главных цепей, которые могут оказаться под напряжением, закрываются (ограждаются) запретными шторками с приспособлениями для их запираания. Эти шторки и ограждения не должны сниматься или открываться без помощи ключей или специальных инструментов. В шкафах КРУ со стационарно установленным оборудованием предусматривается возможность установки стационарных или инвентарных перегородок (при ремонте) для отделения находящихся под напряжением частей оборудования. Разъединители и заземляющие разъединители должны устанавливаться в КРУ так, чтобы исключалось их самопроизвольное включение под действием силы тяжести: напряжение к ним должно подаваться со стороны неподвижных частей; приводы к ним должны иметь указатели положения и приспособления для их запираания.

В соответствии с требованиями к шкафам КРУ, которые предъявляются к выполнению устройств заземления, каркас выдвижного элемента должен иметь непрерывный электрический контакт с корпусом шкафа КРУ при помощи скользящих заземляющих контактов на всём протяжении пути от рабочего до контрольного положения выдвижного элемента не менее, чем в двух местах. Не допускается использование для заземления болтов, винтов, шпилек, выполняющих роль крепёжных деталей. В местах заземления должна быть надпись “Земля” или знак заземления.

Требование экономичности следует понимать, как стремление к минимальным затратам на сооружение РУ и минимальным издержкам на его эксплуатацию при условии обеспечения необходимой надёжности и безопасности обслуживания. Все эти требования должны учитываться при проектировании РУ.

В настоящее время всеми предприятиями изготавливаются шкафы КРУ с техническими данными, соответствующими номинальным параметрам встраиваемого выключателя. Большая часть конструкций КРУ на наиболее распространённые для всех отраслей народного хозяйства технические данные

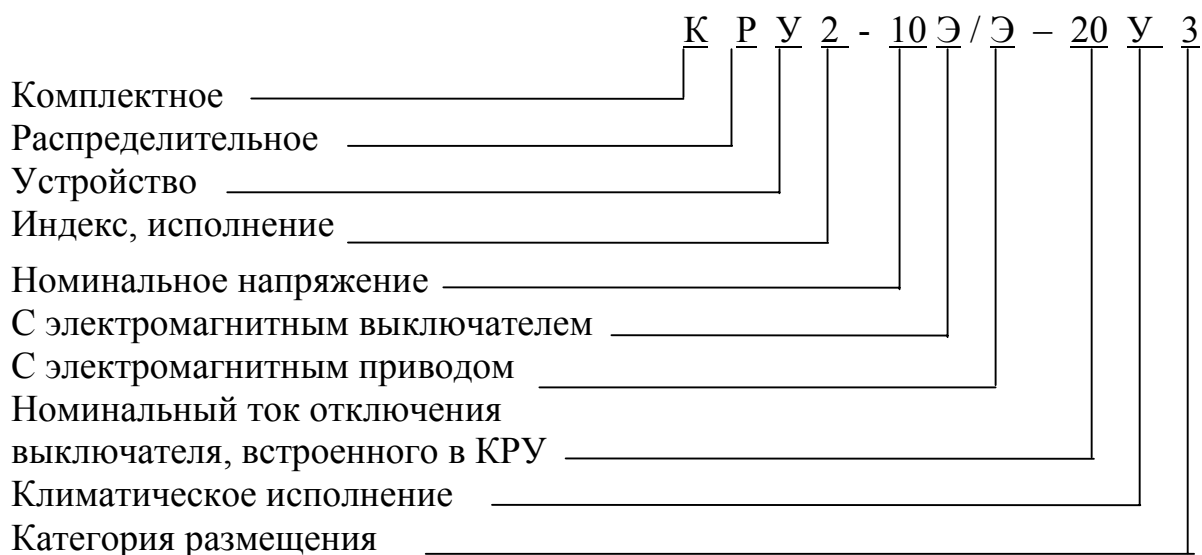
(напряжение до 10 кВ, номинальные токи до 1600 А, токи отключения 20 кА) может быть с электромагнитным, маломасляным или вакуумным выключателем. Рассмотрим их преимущества и недостатки.

Преимущества КРУ *с электромагнитным выключателем*: взрыво- и пожаробезопасность, малый износ дугогасительных контактов и рабочих элементов дугогасителя, работа в условиях частых отключений, высокая отключающая способность. Его *недостатки*: сложная конструкция дугогасительного устройства с системой магнитного дутья, ограниченный верхний предел номинального напряжения, ограниченная пригодность для наружных установок.

Преимущества КРУ с вакуумным выключателем: полная взрыво- и пожаробезопасность, возможность осуществления сверхбыстродействия и применения для работы в любых циклах АПВ, малая масса, малые габариты, лёгкая замена дугогасителя, простота эксплуатации. *Недостатки*: относительно ограниченный верхний предел значения отключаемого тока; возможные коммутационные перенапряжения при отключении малых индуктивных токов, отключение ограниченного ёмкостного тока БК, относительно высокая стоимость.

В зависимости от номинальных токов изготавливаемых выключателей при напряжении 10 кВ изготавливаются КРУ различных серий с номинальными токами 320, 400, 630, 1000, 1250, 1600, 2000, 3150 и 5000 А; с номинальным током отключения 2; 10; 20; 31,5; 40 и 63 кА.

Пример. Обозначение КРУ расшифровывается следующим образом:



2. Комплектные РУ 6-10 кВ с электромагнитными выключателями

Создание выключателей с электромагнитным гашением дуги позволило значительно расширить область применения КРУ путём существенного увеличения у них электрических параметров электродинамической и термической стойкости при отключении токов КЗ, повышенной износоустойчивости дугогасящей части выключателей, большего допустимого числа коммутационных операций без ревизий и ремонта, пожаро- и взрывобезопасности и чистоты эксплуатации, так как они не требуют масла или другого материала дугогасящей среды. Эти выключатели гарантируют низкий уровень коммутационных перенапряжений.

Все перечисленные преимущества приводят к снижению расходов на эксплуатацию и трудоёмкость, позволяют широко применять КРУ с электромагнитными выключателями в установках с частыми операциями включения и отключения.

Комплектные РУ серий К-Х и К-XXI (табл.1) предназначены, в основном, для собственных нужд тепловых и атомных электростанций с энергоблоками единичной мощности 300, 500, 800, 1000 и 1200 МВт, для которых применяют рабочие и резервные трансформаторы СН мощностью до 63 МВ·А типа ТРНДС (с расщеплённой обмоткой низкого напряжения).

По конструктивному исполнению КРУ К-Х (К-ХХІ) подразделяют на шкафы: с выдвижными элементами (с выключателями, трансформаторами напряжения и разрядниками) и без выдвижных элементов (с глухим шинным вводом, с шинами секционирования и с шинами кабельных вводов). Шкафы КРУ К-Х и К-ХХІ состоят из следующих основных частей: корпуса с аппаратурой; тележки с выключателем; релейного шкафа и шинного короба. Корпус шкафа разделён металлическими перегородками на три отсека: выкатная тележка; сборные шины; кабельный отсек (с трансформаторами тока). Перемещение тележки в рабочее и испытательное положение производится с помощью механизма доводки. Для удобства обслуживания указательные реле установлены в нижней части шкафа (под релейным шкафом). В связи с большой высотой шкафов серий К-Х и К-ХХІ счётчики в релейных шкафах этих серий не устанавливаются, а выносятся на отдельные панели счётчиков.

Шкафы серий К-Х и К-XXI снабжены механическими блокировками, исключающими возможность операций с разъединяющими контактами под нагрузкой, а также предусматривают установку механических и электромагнитных блок-замков для выполнения оперативных блокировок.

Взамен шкафов серий К-Х и К-XXI разработана модернизированная серия шкафов К-XXV.

Комплектное РУ серии К-XXV. Модернизированная серия КРУ (серия К-XXV) (табл.1) имеет следующие *основные отличия шкафов* серий К-Х и К-XXI:

- применение модернизированного выключателя ВЭМ-6;
- сборные шины КРУ отделены от отсека выключателя и от верхних разъёмных контактов главных цепей с помощью проходных изоляторов;
- в целях повышения локализационной способности КРУ при возникновении дуговых замыканий в корпусах шкафов предусмотрены разгрузочные клапаны с вспомогательными контактами, которые используются для быстрого (неселективного) отключения выключателей ввода;
- в конструкции выдвижного элемента, механизмов доводки и блокировки, шторочного механизма на основании накопленного опыта эксплуатации внесены некоторые изменения, повышающие надёжность их работы;
- сборные шины КРУ серии К-XXV выполнены на номинальный ток 3200А, что обеспечивает выполнение вводов в КРУ от рабочих трансформаторов мощностью 63 МВ·А;
- в сетку схем КРУ внесены некоторые дополнения, обеспечивающие возможность выполнения всех электрических присоединений собственных нужд ТЭС и АЭС с агрегатами мощностью 800 и 1000 МВ·А.

Комплектное РУ серии К-XXIV (табл.1) предназначено для ввода и секционирования в цепях резервных трансформаторов СН мощностью 40 и 63МВ·А электрических станций с энергоблоками мощностью 300 МВт.

По исполнению КРУ серии К-XXIV подразделяются на шкафы с выдвижными элементами (выключателями) и без выдвижных элементов (с шинными вводами). Шкаф КРУ серии К-XXIV с выключателями состоит из трёх блоков: корпуса, выдвижного элемента и релейного шкафа. Корпус шкафа с выключателем разделён металлическими перегородками на три отсека: отсек выдвижного элемента, отсек верхних и отсек нижних разъёмных контактов главной цепи. Горизонтальная перегородка глухая. Вертикальная перегородка состоит из двух съёмных листов и стационарного листа с двумя проёмами к неподвижным верхним и нижним контактам главной цепи. Эти проёмы автоматически закрываются шторками падающего типа при выкатывании выдвижного элемента в ремонтное положение.

В отсеке выдвижного элемента расположены:

- выдвижной элемент с электромагнитным выключателем;
- шторочный механизм с приводным устройством;
- приводное устройство с элементами блокировки заземляющего разъединителя;
- устройство, фиксирующее выдвижной элемент в рабочем или контрольном положении;
- направляющие, расположенные посередине корпуса для обеспечения надёжного вкатывания выдвижного элемента и совпадения подвижных и неподвижных контактов главной цепи;
- неподвижные контакты заземления выдвижного элемента;
- контрольные кабели и провода вспомогательных цепей.

В отсеке верхних разъёмных контактов главной цепи, кроме контактов, расположены заземляющий разъединитель и трансформатор тока. В отсеке нижних разъёмных контактов, кроме контактов, расположены трансформаторы

тока или трансформаторы тока и заземляющий разъединитель. Осмотр отсеков верхних и нижних разъёмных контактов возможен только со стороны выдвижного элемента при его отсутствии и при снятии напряжений с токоведущих частей осматриваемого отсека, а также через проёмы при снятом верхнем и нижнем съёмном листе.

Шкафы КРУ серии К-XXIV рассчитаны только на одностороннее обслуживание, на подвод питания только токопроводами типа ТЗК-10 или ТЗКЭП-6. В шкафах К-XXIV имеются все необходимые блокировки.

Комплектное РУ серии КРУ2-10Э/Э (табл.1, рис.1). Шкаф КРУ с выключателем состоит из отдельных элементов и построен так же, как и КРУ2-10-20 до их модернизации (1976 г.),

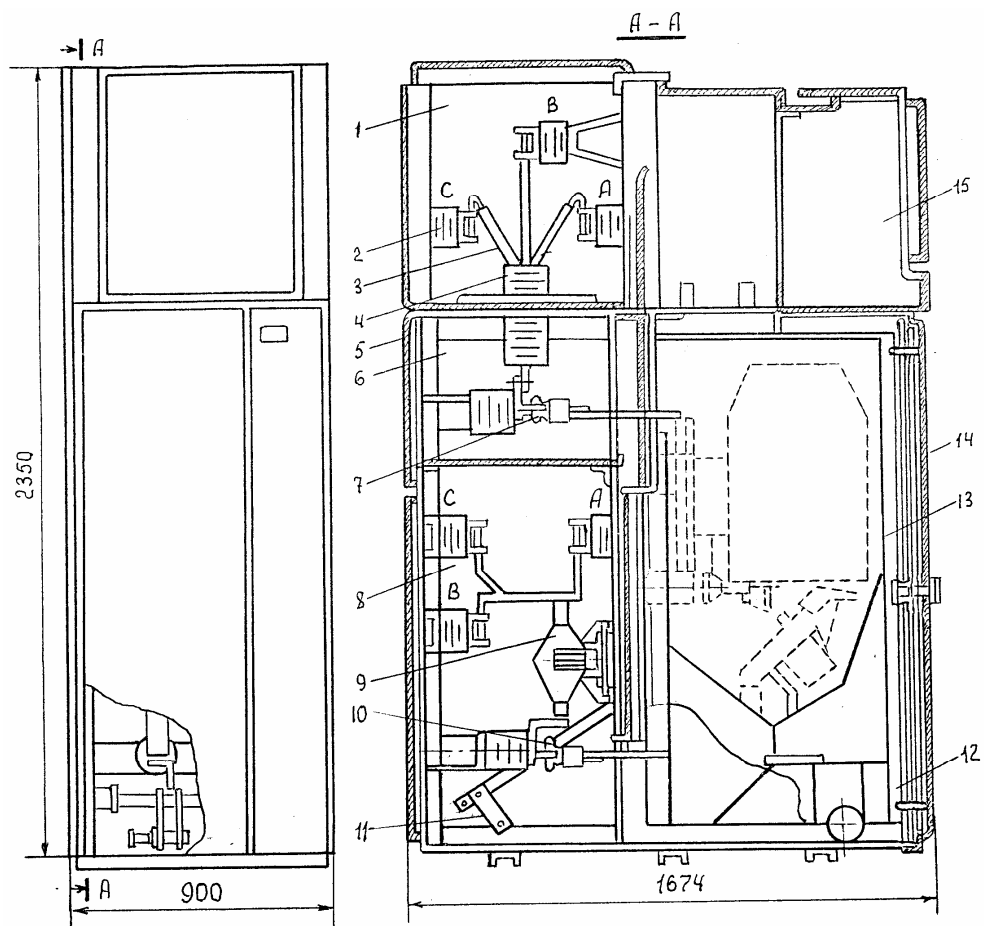


Рис.1. Шкаф КРУ-2-10Э/Э с электромагнитным выключателем ВЭМ-10Э:
 1- отсек сборных шин; 2 – изолятор опорный; 3 – сборные шины; 4 – изолятор проходной; 5 – съёмная крышка; 6 – отсек верхних разъёмных контактов главной цепи; 7,10 – верхний и нижний разъёмные контакты главной цепи; 8 – линейный отсек; 9 –

трансформатор тока; 11 – заземляющий разъединитель; 12 – корпус шкафа; 13 – выдвижной элемент; 14 – фасадная дверь; 15 – релейный шкаф

Однако ряд механизмов, сохраняя принцип работы механизмов в КРУ2-10-20, построен иначе – это механизмы, которые работают от выдвижного элемента с выключателем; механизмы перемещения и блокировок, приводного устройства заземляющего разъединителя и механизма открывания шторок.

Шкаф КРУ2-10Э/Э состоит из трёх блоков: корпус, выдвижной элемент и релейный шкаф. Корпус шкафа разделён металлическими перегородками и шторками на четыре отсека: сборные шины, верхние разъёмные контакты главной цепи, выдвижной элемент и линейный. Сборные шины в отсеке расположены на опорных изоляторах по треугольнику и связаны с верхними разъёмными контактами шинными отпайками, которые проходят сквозь перегородку через проходные изоляторы. Сверху отсек закрывается съёмной крышкой. Отсеки верхних разъёмных контактов и линейный отделены от отсека выдвижного элемента металлическим съёмным листом и шторками падающего типа, которые автоматически закрывают проёмы к неподвижным контактам главной цепи при выкатывании выдвижного элемента. В закрытом положении шторки со съёмным листом создают сплошную закрытую перегородку отсеков. Разъёмные неподвижные верхние и нижние контакты установлены на опорных изоляторах в своих отсеках. Кроме трансформаторов тока и кабельных присоединений в линейном отсеке устанавливаются заземляющий разъединитель и трансформаторы тока для защиты от замыканий на землю. Жилы двух кабелей присоединяются непосредственно к выводам трансформаторов тока. Для удобства присоединения трёх кабелей при токе 630 А к выводам трансформаторов тока крепятся переходные контакты уголкового профиля, к которым присоединяются жилы кабеля; на токи 1000-1600 А в отсеке устанавливается кабельная сборка.

На выдвижном элементе устанавливается электрооборудование в зависимости от типа шкафа. В верхней и нижней частях выдвижного элемента

установлены подвижные разъёмные контакты главной цепи. В верхней части фасада выдвижного элемента устанавливаются подвижные контакты вспомогательных цепей. Выдвижной элемент имеет три основных положения: рабочее, контрольное и ремонтное. В рабочем положении выдвижной элемент находится в корпусе шкафа, при этом цепи главных и вспомогательных соединений, обеспечивающие нормальную работу шкафа КРУ, замкнуты. В контрольном положении разъёмные контакты главных цепей разомкнуты (находятся на безопасном расстоянии в отношении электрического пробоя), а разъёмные контакты вспомогательных цепей могут быть замкнуты для возможности опробования выключателя с приводом. В ремонтное положение выдвижной элемент выкатывается из корпуса шкафа, при этом цепи главных и вспомогательных цепей разомкнуты. Для возможности опробования выключателя с приводом в ремонтном положении цепи вспомогательных соединений тележки и корпуса могут быть соединены с помощью вставки.

Релейный шкаф представляет собой сварную металлическую конструкцию шкафного типа. В шкафу и на дверцах размещены аппараты управления защиты, сигнализации и приборы учёта и измерения. На задней стенке релейного шкафа может разместиться до 15 реле, а на передней стенке устанавливаются сигнальные реле, ключи управления, сигнальные лампы. На двери релейного шкафа устанавливают приборы измерения. В верхней части релейного шкафа устанавливается щиток, служащий для крепления магистральных шин вспомогательных цепей, которые выполняются в виде изолированных проводов, и подключения ответвлений от магистралей. На дне релейного шкафа размещены до 132 зажимов для подсоединения контрольных кабелей и других внешних цепей. Ввод контрольного кабеля в шкаф осуществляется через специальные втулки, установленные в дне шкафа с правой стороны. В нижней части релейного шкафа имеются неподвижные (низковольтные) контакты вспомогательных цепей для связи с аппаратурой, установленной на выдвижном элементе.

Шкафы КРУ с выдвижными элементами имеют защитные шторки, которые вместе с перегородками между отсеком выдвижного элемента и отсеком ТТ создают сплошное ограждение, защищающее обслуживающий персонал от случайного соприкосновения с токоведущими частями, находящимися под высоким напряжением при выкатанном из шкафа выдвижном элементе. При вкатывании выдвижного элемента в шкаф шторки автоматически поднимаются и розетки разъёмных контактов, установленных на выдвижном элементе, приходят в контакт с ножами, установленными в корпусе шкафа КРУ. При выкатывании выдвижного элемента из шкафа КРУ шторки автоматически опускаются и закрывают проёмы к ножам разъёмных контактов.

Чтобы предотвратить возможность случайного попадания обслуживающего персонала к частям, находящимся под высоким напряжением в то время, когда выдвижной элемент находится вне шкафа КРУ (в ремонтном положении), предусмотрена возможность запираания шторочного механизма на замок. Для этой цели в корпусе шкафа и на нижней шторке имеется ушко с отверстием для установки висячего замка.

Для обеспечения безопасности обслуживания выдвижной элемент имеет скользящий контакт заземления, который обеспечивает надёжное электрическое соединение корпуса тележки с корпусом шкафа в любом положении выдвижного элемента в корпусе шкафа КРУ. Для более высокой надёжности заземления выдвижного элемента предусматривается установка двух скользящих контактов, которые устанавливаются симметрично с обеих сторон шкафа.

Шкафы КРУ снабжены блокировочными устройствами, *не допускающими:*

- выкатывания выдвижного элемента из рабочего положения при включённом выключателе;
- вкатывания выдвижного элемента в рабочее положение при включённом выключателе;

- включения выключателя при помощи оперативного тока в промежуточных положениях между рабочим и контрольным положениями выдвижного элемента.

В шкафах, снабжённых заземляющими разъединителями, дополнительно предусмотрены блокировки включения заземляющего разъединителя при рабочем положении выдвижного элемента и блокировки вкатывания выдвижного элемента в рабочее положение при включённом положении заземляющего разъединителя. В шкафах с разъёмными контактами и в шкафах с силовыми предохранителями предусмотрена блокировка, препятствующая выкатыванию выдвижного элемента из рабочего положения под нагрузкой.

Габаритные, установочные и присоединительные размеры КРУ2-10Э/Э такие же, как и у КРУ2-10-20, поэтому они непосредственно стыкуются между собой и сетка электрических схем главных цепей КРУ2-10Э/Э состоит только из шкафов КРУ с выключателями. Шкафы других присоединений заказываются из шкафов серии КРУ2-10-20. Характерная особенность КРУ2-10Э/Э (в отличие от КРУ2-10-20) – это применение выключателя с электромагнитным гашением дуги, у которого разъёмные подвижные контакты вспомогательных цепей установлены на боковинах выключателя, а неподвижные – на боковых стенках корпуса шкафа.

Комплектное РУ серии КЭ-10 (табл.1, рис.2) предназначено для работы в общепромышленных установках, особенно с частыми коммутационными операциями, и рассчитано на напряжение 6-10 кВ. Конструкция шкафов КРУ серии КЭ-10 значительно отличается от ранее рассмотренных конструкций КРУ. Это единственная серия, где шкафы на все номинальные токи до 3150 А имеют одинаковые габариты, и, несмотря на то, что сборные шины расположены вверху, шинные разъёмные контакты главной цепи расположены внизу, а линейные контакты – вверху.

По исполнению КРУ серии КЭ-10 подразделяются на шкафы с выдвижными элементами, без них и с аппаратурой, частично установленной на

выдвижных элементах, а частично – стационарно. На выдвижных элементах устанавливаются: выключатели, трансформаторы напряжения, ошиновка с подвижными контактами на токи от 630 до 3150 А (взамен разъединителей), трансформаторы тока и напряжения, силовые предохранители, разрядники типа РВО, трансформаторы напряжения с литой изоляцией вместе с разрядниками РВО. Шкафы КРУ без выдвижных элементов изготавливаются по электрическим схемам главных цепей: шинного или кабельного ввода, кабельные сборки, трансформаторы СН 25 или 40 МВ·А, разрядники РВРД, разрядники РВРД с конденсаторами и сопротивлениями, разрядники РВРД с трансформаторами напряжения. В шкафах со смешанным размещением электрооборудования выключатель установлен на выдвижном элементе, а трансформатор напряжения – стационарно.

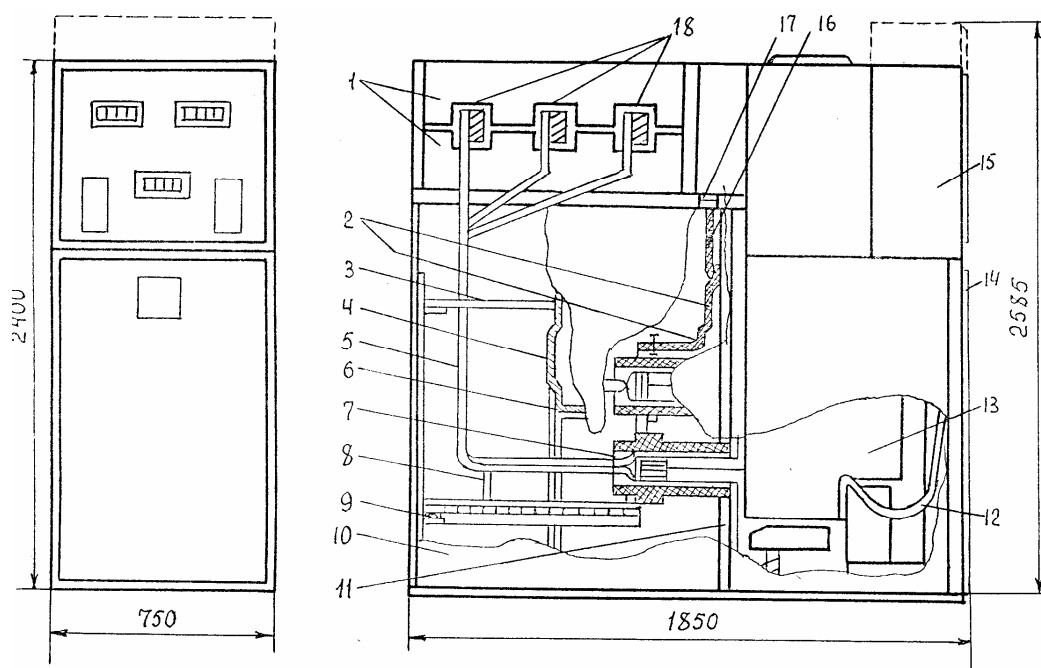


Рис.2. Шкаф КРУ-КЭ-10 с выключателем 3200 А: 1,3,9 – изоляционные опоры; 2,4,6,8,11,16,17 – металлические перегородки; 5 – отпайки; 7 – изолятор специальной конструкции; 10 – корпус шкафа; 12 – металлорукав; 13 – выдвижной элемент; 14 – фасадная дверь; 15 – релейный шкаф; 18 – сборные шины

Шкаф КРУ с выключателем (рис.2) состоит из трёх блоков: корпус, выдвижной элемент и релейный шкаф. Корпус шкафа сборный (не сварной) разделён металлическими перегородками на отсеки: сборных шин,

представляющий собой единое целое с отсеком, в котором проходят отпайки от сборных шин к нижним (шинным) неподвижным контактам; линейный; выдвижного элемента. Вся ошиновка во всех отсеках шкафов КЭ-10 выполняется алюминиевыми или медными шинами со скруглёнными краями, заключёнными в изоляционную оболочку. Шины между собой в местах присоединения к электрооборудованию и кабельных наконечников закрепляются изоляционными коробками. В своём отсеке сборные шины размещены на ребро и закреплены на опорных изоляционных досках, установленных на боковинах отсека, таким образом, отсек сборных шин каждого шкафа отделён от такого же отсека соседнего шкафа. Отпайка от сборных шин к проходным изоляторам с нижним неподвижным контактом имеют большую протяжённость, поэтому они закреплены на двух поворотных изоляционных опорах. Верхняя опора поворачивается вверх на 90^0 вокруг оси, закреплённой на боковинах у задней стенки шкафа. Для того, чтобы шина не выпадала из пазов опоры, на вертикальной металлической перегородке, отделяющей отсек от линейного отсека, установлены три опорных изолятора. В горизонтальном положении опора ложится на упоры, прикреплённые к поворотным осям опоры. Нижняя опора вместе с горизонтальной изоляционной перегородкой удерживают отпайки в нижней части отсека. Опора в рабочем (горизонтальном) положении закреплена болтами и вращается вокруг оси у задней стенки шкафа вниз до дна шкафа.

Линейный отсек расположен между отсеком сборных шин и отсеком выдвижного элемента, и от всех отсеков он отгорожен металлическими перегородками. В отсеке на изоляционных досках размещаются прессованные опорные или проходные изоляторы из полимерных материалов, на которых крепятся шины кабельной сборки. От этих шин отходят отпайки к выводам трансформаторов тока, а если их нет, то к проходным изоляторам с неподвижным контактом главной цепи. Трансформаторы тока имеют специально предназначенную для КЭ-10 конструкцию, один из выводов главной цепи направлен вверх для присоединения шин от кабельной сборки, а

другой вывод оформлен в виде неподвижного контакта главной цепи – в проходной изолятор такой же конструкции, как у нижнего неподвижного контакта. В отсеке размещаются также заземляющий разъединитель с неподвижными контактами на шинах кабельной сборки, кабельные разделки, трансформаторы тока защиты от замыканий на землю. При присоединении до двух силовых кабелей шины кабельной сборки не устанавливаются, а жилы кабеля присоединяются непосредственно к трансформаторам тока или вводу неподвижного контакта главной цепи. В зависимости от электрических схем главных цепей ввод в линейный отсек может быть выполнен сверху шинами или такими же четырьмя силовыми кабелями. В этом случае линейный отсек от части линейного отсека, где обычно проходят силовые кабели, отделяется дополнительной перегородкой, установленной выше проходного изолятора верхних неподвижных контактов.

В отсеке выдвижного отсека, кроме него, размещаются:

- направляющие рельсы для перемещения выдвижного элемента;
- скоба для фиксации его в контрольном и рабочем положениях;
- шина его заземления;
- захват для предотвращения его опрокидывания;
- конечный выключатель, сигнализирующий о месте нахождения выдвижного элемента;
- приводное устройство шторочного механизма;
- приводное устройство с блокировкой заземляющего разъединителя;
- пластина с отверстиями для упора рычага доводки при перемещении выдвижного элемента в пределах отсека;
- регулятор температуры для создания микроклимата в отсеке, который автоматически, через промежуточное реле, включает и отключает электронагреватели;
- розетка штепсельного соединения для включения ключа от замка электромагнитной блокировки;

- предусмотрено место для прохода контрольных кабелей и проводов вспомогательных цепей с закрытыми кожухами.

Выдвижные элементы с трансформаторами напряжения и разрядниками, с трансформаторами СН имеют самостоятельные жёсткие конструкции только с тремя подвижными контактами главной цепи. Выдвижные элементы – разъединители на все номинальные токи и силовые предохранители. Они имеют верхние и нижние подвижные контакты главной цепи. Выдвижным элементом КРУ является выключатель с пружинным приводом. На нём установлены:

- верхние и нижние подвижные контакты главных цепей, проложенные в двух металлорукавах провода гибкой связи с релейным шкафом, на концах которых смонтированы вставки штепсельных разъёмов;
- пластины для открытия шторок;
- блокировочный шток (фиксатор), связанный с педалью;
- подвижный контакт заземлителя;
- электроблокировочные замки для блокирования внешних присоединений;
- изоляционный кожух, закрывающий дугогасительные камеры и токопроводы выключателя.

Релейный шкаф имеет такую же конструкцию, как и в КРУ серии КМ-1 на 1600 А. Он состоит из сварного каркаса, внутри которого размещён поворотный блок реечной конструкции с установленными на нём реле заднего присоединения. Для насыщенных аппаратурой схем вспомогательных цепей применяется релейный шкаф увеличенного по высоте размера (до 960 мм), в этом случае высота шкафа до 1600 А составляет 2310 мм. Поворотный блок для удобства обслуживания открывается справа налево, а фасадная дверь с установленными на ней приборами управления, измерения, сигнализации, учёта и др. – слева направо. В крайних положениях блок может быть зафиксирован фиксаторами. На задней стенке релейного шкафа установлено

два ряда зажимов по 20 клемм в каждом, через которые проходят магистральные шинки вспомогательных цепей.

Цепи вспомогательных соединений тележки и релейного шкафа соединяются между собой гибкими проводами и двумя разъёмными контактами по 20 цепей каждый. На дне релейного шкафа размещается три ряда зажимов, на которых может быть до 124 зажимов. При необходимости на задней стенке устанавливается дополнительно 30 зажимов.

Низковольтная аппаратура для схемы собственных нужд размещается в отдельном шкафу, который установлен в одном ряду со всеми шкафами КРУ.

На базе шкафов серии КЭ-10 разработано КРУ серии КЭ-6 на номинальные токи отключения 40 кА и электродинамическую стойкость 128 кА, предназначенные для собственных нужд АЭС, ГРЭС, ТЭЦ с турбогенераторами мощностью 300 МВт и выше.

3. Комплектные РУ 6-10 кВ с вакуумными выключателями

Первые КРУ типа К-ХП/ВАК с вакуумными выключателями нагрузки ВНВП-10/320 разработаны и выпускаются с 1972 г. московским заводом “Электроштит” (МЭШ) на базе шкафов серии К-ХП и отличаются от них только конструкцией выдвижного элемента. После накопленного положительного опыта эксплуатации КРУ с вакуумным выключателем были разработаны и изготавливались некоторое время шкафы серии К-101 (рис.3) с вакуумным выключателем

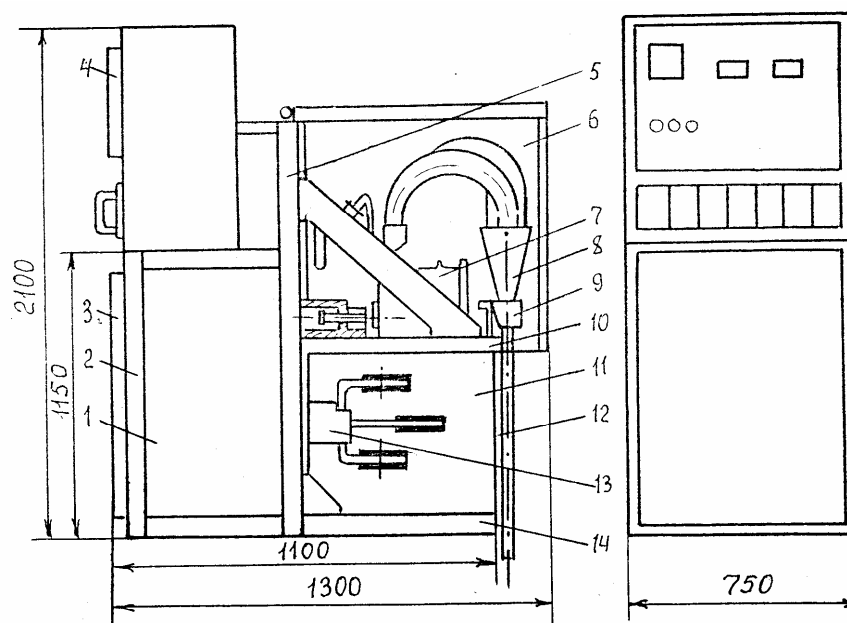


Рис.3. Шкаф КРУ серии К-101 с вакуумным выключателем ВВТ-10/1600-20: 1 – отсек выдвижного элемента; 2 – передняя рама; 3 – фасадная дверь; 4 – релейный шкаф; 5 – основная рама; 6 – линейный отсек; 7 – трансформатор тока; 8 – кабельная разделка; 9 – трансформатор защиты от замыканий на землю; 10 – горизонтальная рама; 11 – отсек сборных шин; 12 – съёмная крышка; 13 – проходной изолятор с неподвижным главным контактом; 14 – рама основания

ВВТ-10/1600-20 с дугогасительными камерами КДВ-10/1600-20. КРУ этой конструкции надёжно эксплуатируется на ряде станций.

В настоящее время на базе вакуумного выключателя ВВТЭ-10/1600-20 МЭЩ разработал КРУ серии К-101, предназначенное для приёма и распределения электроэнергии переменного трёхфазного тока частотой 50 Гц с номинальным током 1600 А, номинальным напряжением 10 кВ. Однако некоторые затруднения в обслуживании сборных шин явились причиной перехода этой конструкции к КРУ серии К-104.

Комплектное РУ серии К-104 (рис.4). Шкафы КРУ серии К-104 рассчитаны на установку вакуумного выключателя ВВЭ-10/1600-20 со встроенным электромагнитным приводом. Они имеют все те же технические характеристики и сетку электрических схем главных цепей, что и КРУ серии К-104 с маломасленными выключателями ВК-10 и ВКЭ-10, за исключением

номинального тока отключения, тока трёхсекционной термической стойкости 20 кА вместо максимального 31,5 кА.

Конструктивно шкафы КРУ серии К-104 для установки выдвижного элемента с вакуумным выключателем отличаются приводным устройством заземляющего разъединителя с блокировкой от выкатывания выдвижного элемента на включённый заземляющий разъединитель. Соответственно разную конструкцию из-за выключателей имеют фасадные листы выдвижных элементов.

КРУ серии К-104 изготавливаются на напряжение 6 и 10 кВ, номинальные токи: шкафов – 630, 1000, 1600 А; сборных шин – 1600, 2000 и 3150 А; отключения и трёхсекундной термической стойкости – 20 и 31,5 кА; электродинамической стойкости – 51 и 81 кА. В одном шкафу с выключателем возможна разделка максимально до четырёх силовых кабелей сечением 3×240 мм².

По исполнению шкафы КРУ серии К-104 подразделяются на шкафы с выдвижными элементами, без них и с электрооборудованием, установленными частично на выдвижных элементах, частично стационарно. На выдвижных элементах устанавливаются: выключатели, трансформаторы напряжения, силовые предохранители, ошиновка с подвижными контактами на 630, 1000 и 1600 А вместо разъединителей. Со стационарно установленным электрооборудованием изготавливаются шкафы с разрядниками типа РВРД, конденсаторами, шинным или кабельным вводом и кабельными сборками. Со смешанно установленным электрооборудованием изготавливаются шкафы с трансформаторами напряжения на выдвижных элементах и разрядниками типа РВО – стационарно.

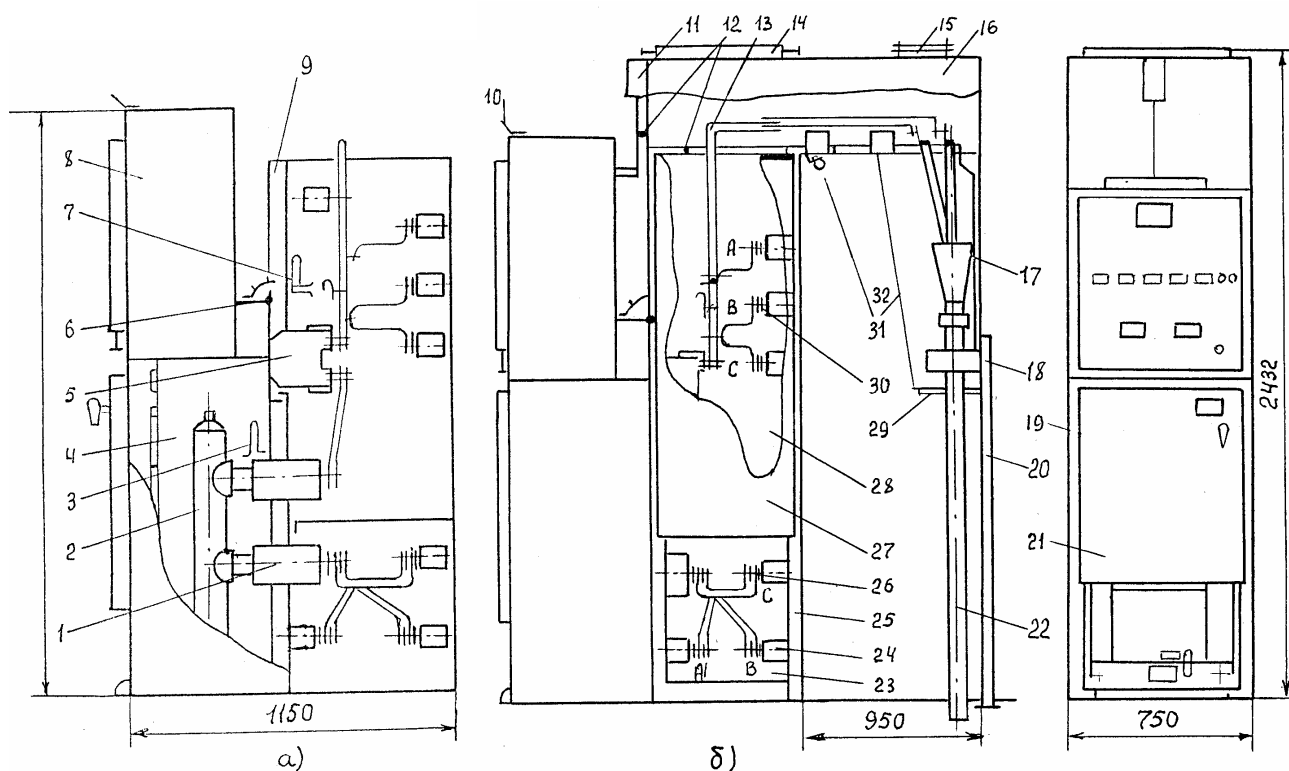


Рис.4. Шкафы КРУ серии К-104 с выключателем ВК-10: а – шинного ввода; б – кабельного ввода; 1 – изолятор разъемным контактом; 2 – выдвижной элемент с выключателем; 3 – шторки; 4 – отсек выдвижного элемента; 5 – трансформатор тока; 6 – разгрузочный клапан отсека выдвижного элемента; 7 – заземляющий разъединитель; 8 – релейный шкаф; 9 – вертикальная рама; 10 – щиток; 11 – конечный выключатель; 12 – провода вспомогательных цепей; 13 – шины ввода; 14 – разгрузочный клапан линейного отсека; 15 – крышка; 16 – шинный блок кабельного ввода; 17 – съёмный лист; 18 – трансформатор тока защиты от замыкания на землю; 19 – корпус; 20 – опорный уголок; 21 – фасадная дверь; 22 – силовой кабель; 23 – отсек сборных шин; 24 – опорный изолятор; 25 – вертикальная стойка; 26 – сборные шины; 27 – лист боковой; 28 – линейный отсек; 29 – заглушка; 30 – шины отпаек в соседний шкаф; 31 – лампа освещения; 32 – съёмная крышка кабельных разделок

Шкафы КРУ с выключателями на ток отключения 20 кА без фасадных дверей, а шкафы на 31,5 А имеют фасадные двери. Все шкафы имеют ширину 750, глубину 1150 и высоту: 2200 мм для шинного ввода или кабельного ввода сверху и 2432 мм для шкафов с кабельным присоединением снизу. Шкафы КРУ имеют двухстороннее обслуживание и могут устанавливаться в один либо в два

ряда с минимальным расстоянием от стены помещения до задней стенки КРУ 950 мм и минимальным расстоянием между рядами 1600 мм.

Шкаф К-104 с выключателем шинного ввода состоит из трёх блоков: корпуса, выдвижного элемента и релейного шкафа. Шкаф кабельного вида дополнительно имеет шинный блок для кабельного ввода. Корпус шкафа с выключателем имеет сборно-сварную конструкцию. Собирается он из предварительно сваренных плоских рам: основания, вертикальной, боковых фасадных и верхней задней. Корпус разделён металлическими перегородками на три отсека: отсек выдвижного элемента, отсек сборных шин и линейный отсек, причём, отсек сборных шин расположен внизу, а линейный отсек – над ним.

Отсек выдвижного элемента отделён от отсека сборных шин и линейного отсека глухой перегородкой вертикальной рамы. В этой перегородке установлено шесть проходных изоляторов, в которых смонтированы неподвижные штыревые разъёмные контакты главной цепи. Изоляторы установлены на пластинах, которые можно регулировать. В отсеке выдвижного элемента размещены: шторочный механизм с приводным устройством; приводное устройство заземляющего разъединителя; приводы вспомогательных цепей, защищённые металлорукавом и металлическими кожухами. На раме основания отсека смонтированы: неподвижные контакты заземления выдвижного элемента и направляющие для его перемещения; лист с установленным конечным выключателем; швеллер с отверстиями для фиксации положения выдвижного элемента; упор механизма перемещения; ограничитель опрокидывания выдвижного элемента и направляющие с захватами для его перемещения. В верхней части отсека расположены две неподвижные колодки штепсельного разъёма для связи вспомогательных цепей; вытяжной канал с разгрузочным клапаном между задней стенкой релейного шкафа и перегородкой линейного отсека, причём клапан имеет фигурный рычаг, действующий на конечный выключатель, установленный в линейном отсеке.

Отсек сборных шин отделён от линейного глухой перегородкой, а от отсека выдвижного элемента – вертикальной рамой с установленными проходными изоляторами с шинными неподвижными разъёмными контактами. В отсеке расположены: сборные шины по треугольнику на опорных изоляторах, фазы А и В внизу, фаза С наверху. Сзади отсек закрывается съёмным листом, который крепится к вертикальным съёмным стойкам. Неподвижный разъёмный контакт главной цепи имеет регулируемую во всех плоскостях конструкцию. Вверх, вниз, влево, вправо контакт может быть смещён вместе с проходным изолятором, который устанавливается на четырёх пластинах. Правильность установки штыревого контакта вперёд, назад определяется специально поставляемым штоком с обозначенными контрольными зонами.

Линейный отсек сзади закрыт съёмным листом, а сверху всегда открыт, так как при шинном вводе на него устанавливается блок шинпровода ввода, а при кабельном – шинный блок для кабельного ввода. В отсеке размещены:

- трансформаторы тока;
- заземляющий разъединитель;
- конечный выключатель разгрузочного клапана отсека выдвижного элемента;
- конечный выключатель положения заземляющего разъединителя;
- неподвижные (линейные) контакты главной цепи;
- шины ввода и, в зависимости от электрических схем главных цепей, шины отпаек в соседние шкафы от шин ввода.

Заземляющий разъединитель состоит из: приводного устройства, расположенного в отсеке выдвижного элемента; вала с ламелями подвижных и неподвижных контактов, установленных на шинах ввода. Характерной особенностью заземляющего разъединителя является то, что съёмная рукоятка для оперирования вставляется не внизу, как во всех сериях КРУ, а вынесена наверх, что делает удобной работу оператора. Приводное устройство состоит из установленного на правой боковине приводного диска с двумя пазами, в

которые входит подпружиненный фиксатор в отключённом или включённом положении разъединителя и фиксирует его. Включают заземляющий разъединитель только при выведенном выдвижном элементе в ремонтное положение. В диске имеется два отверстия, через которые можно запирать приводное устройство во включённом или отключённом положении.

К приводному диску присоединены три тяги:

- тяга регулируемая, передающая движение на вал с ламелями подвижных контактов;
- тяга, поворачивающая рычаг с упором, препятствующим вкатыванию выдвижного элемента на включенный заземляющий разъединитель;
- тяга регулируемая, передающая вращение втулки с отверстиями для запора блокировочным электромагнитным или механическим замком для осуществления оперативного блокирования внешних присоединений.

Электромагнитный замок открывается и закрывается электромагнитным ключом при подаче напряжения на установленную рядом штепсельную розетку. Механический замок открывается и запирается одним ключом с элементом, с которым разъединитель заблокирован.

К валу заземляющего разъединителя приварены два рычага с укрепленными на них двумя парами ламелей подвижных контактов, которые во включённом положении замыкают: одна пара – фаза А и В, а другая – фазы В и С и рычаг, действующий на конечный выключатель, сигнализирующий положение заземляющего разъединителя.

Шкафы КРУ серии КВ-1 внутренней установки рассчитаны на установку ВКА типа ВВ-10/1600-20 и предназначены для работы в условиях с частыми коммутационными операциями в металлургической, угольной, химической, газовой и нефтяной отраслях промышленности. Шкафы КВ-1 могут быть изготовлены как с изолированными токоведущими частями, так и с воздушной изоляцией их. Серия КВ-1 изготавливается по сетке электрических схем главных цепей КРУ серии КМ-1 и рассчитана на напряжение 10 кВ, номинальные токи:

шкафов – 630, 1000 и 1600 А; сборных шин – от 1000 до 3150 А; отключения и трёхсекундной термической стойкости – 20 кА, электродинамической стойкости – 52 кА. Габариты, установочные, присоединительные размеры такие же, как у шкафов серии КМ-1: ширина 750 мм, глубина 1200 и 1300 мм (в зависимости от электрических схем главных цепей), высота 2150 и 2310 мм (в зависимости от вспомогательных цепей). У шкафов с трансформаторами СН и конденсаторов с разрядниками ширина 1125 мм. Все остальные – как у КРУ серии КМ-1 до 1600А.

4. Перспективы развития КРУ 6-35 кВ

Перспективным направлением дальнейшего развития и совершенствования КРУ напряжением 6-35 кВ является создание новых и совершенствование выпускаемых конструкций, обеспечивающих:

- высокую степень надёжности и безопасности эксплуатации, повышение уровня заводской готовности и укрупнение блочности поставки, что обуславливает минимальные трудовые затраты на монтаж и сокращение сроков ввода КРУ в эксплуатацию;
- оптимальное сокращение размеров КРУ, уменьшение остродефицитных материалов и весовых показателей;
- минимальные эксплуатационные расходы и создание удобств для выполнения ревизий и ремонтов;
- создание новых конструкций КРУ на более высокие параметры (электрические и механические);
- совершенствование выпускаемых конструкций с целью расширения области их применения: разработка новых компоновок шкафов с учётом обеспечения верхнего подвода кабелей, а также нижнего ввода шин; расширение сетки схем главных цепей шкафов и схем вторичных цепей,

учитывающих новые требования потребителей; создание КРУ сейсмостойкого исполнения и др.

Вновь изготавливаемые конструкции КРУ серий: КМ-1, КМ-1Ф, К-104, К-105, КЭ-6, КЭ-10, К-47, К-49 и других в настоящее время вытесняют конструкции КРУ серий: КРУ2-10-20; КР-10/31,5; К-ХII; К-ХХVI; К-ХХV; К-ХХIV; К-37 и К-44, так как имеют повышенную заводскую готовность и повышенную эксплуатационную надёжность, меньшие габариты и меньшую материалоемкость, отвечают требованиям удобства проведения ремонтных работ и работ по техническому обслуживанию.

В настоящее время прошли полный комплекс стендовых испытаний и начато серийное производство КРУ напряжением 10 кВ с вакуумными выключателями на номинальные токи до 3150 А, токи отключения до 31,5 кА. Вакуумные выключатели имеют полную взрыво- и пожаробезопасность, относительно малые массу и габариты.

Элегазовые выключатели пока нашли широкое применение в КРУ напряжением 110 и 220 кВ, так как в числе других преимуществ при этих напряжениях они имеют малые массу и габариты. Закончены разработки, готовится производство КРУ с элегазовыми выключателями на напряжение 10 кВ.

Особенности конструкции и эксплуатации ячеек КРУ определяются типом используемой электрической изоляции токоведущих элементов. Тип электрической изоляции определяет необходимую длину изолирующего промежутка и габариты ячейки КРУ. Сопоставляя ячейки КРУ с воздушной изоляцией (тип CSI M3-12, производство ГДР) с элегазовой изоляцией (ZV2, ФРГ) и с комбинированной изоляцией воздух-полиуретан (EML, ФРГ), убеждаемся, что совершенствование изоляции позволяет значительно увеличить значения показателей (отношение номинальной мощности к объёму ячейки и отношение номинальной мощности к занимаемой ячейкой площади), главным образом, за счёт уменьшения размеров ячейки и повышения номинального напряжения. Длина изолирующего промежутка, достигающего

в устройствах с воздушной изоляцией 200-300 мм уменьшена в ячейках типа EML до 35 мм. Это даёт основание считать резервы снижения габаритов путём совершенствования типа изоляции, в основном, использованными.

В настоящее время наибольшее распространение получила техническая идея выкатной системы установки основного элемента (выключателя, трансформатора напряжения, разрядника), а в некоторых современных конструкциях КРУ используется жёсткая, или, так называемая, быстросменяемая установка. Эти способы воплощены в КРУ 8AI 20 и 8AN 20 фирмы “Сименс”, а также в ячейках фирмы “Бёнинг” (ФРГ). Применение вставных контактов облегчает смену основного элемента ячейки и позволяет в определённой степени сохранить преимущества выкатной системы, одновременно значительно упростив их конструкцию.

Для создания защитных блокировок, сигнализации и включения защитной автоматики в современных конструкциях КРУ широко используются средства электронной техники. Защита от аварийной дуги разрабатывается на основе применения микросхем. Современные КРУ снабжаются различными датчиками: дымообразования, ионизационными, пожарной сигнализации и т.д.

Характерной особенностью конструкций некоторых типов КРУ 6-35 кВ (EML фирмы BBC) является размещение всех элементов внутри герметической оболочки. Однако высокие требования, используемое в ГРУ (герметичные распределительные устройства) давление (для элегаза до 0,6 МПа) обуславливают значительно более высокие требования к механической прочности оболочки. Для отечественных ГРУ класса 110 кВ диапазон допустимых колебаний давления составляет 0,35-0,55 МПа. Ряд новых проблем возникает при создании ГРУ постоянного напряжения.

При создании новых конструкций КРУ (КРУН) конструкторам приходится решать целый ряд сложных проблем на основании экономических критериев, учитывая конкурентоспособность изделия, стоимость

производства, расходы на ремонт и эксплуатацию, требования стандартов и другие вопросы.

Библиографический список

1. Дорошев К.И. Эксплуатация комплексных распределительных устройств 6-220 кВ.-М.: Энергоатомиздат, 1987.- 336 с.
2. Двоскин Л.И. Схемы и конструкции распределительных устройств. –М.: Энергоатомиздат, 1985.- 220 с.
3. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. –М.: Энергоатомиздат, 1986.- 640 с.
4. Электротехнический справочник в 3-х т. Т.3. Кн.1. Производство, передача и распределение электрической энергии./ Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г.Герасимова, П.Г.Грудинского, Л.А.Жукова и др. – М.: Энергоиздат, 1982.- 656 с.
5. Электротехнический справочник. Т.3. Кн.1./ Под ред. И.Н.Орлова и др. –М.: Энергоиздат, 1982.- 376 с.
6. Электрическая часть электростанций./ Под ред. С.В.Усова –Л.: Энергоатомиздат, Ленинград. Отделение, 1987.- 616 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Основные определения и термины, классификация электротехнических устройств	3
2. Комплектные РУ 6-10 кВ с электромагнитными выключателями ...	13
3. Комплектные РУ 6-10 кВ с вакуумными выключателями	27
4. Перспективы развития КРУ 6-35 кВ	33
Библиографический список	36