

УДК 621.316.3

Компактные распределительные устройства среднего напряжения 6-10 кВ

Сталович В.В.

Научный руководитель Радкевич В.Н., к.т.н., доцент

В крупных городах и на производственных предприятиях имеет место достаточно ощутимый дефицит территории. Эта проблема возникла давно, но в последнее время она более чем актуальна. Из-за постоянного увеличения стоимости площади, занимаемой электроустановками, встала задача добиться максимальной компактности распределительных устройств (РУ). В процессе поиска новых технических решений по уменьшению массогабаритных показателей была оценена степень заполнения существующих ячеек комплектных распределительных устройств (КРУ) и камер стационарных одностороннего обслуживания (КСО) и зафиксированы объемы всех составляющих их элементов. Как правило, КРУ напряжением 6-10 кВ имеют четыре отсека: отсек измерительных трансформаторов тока и кабельных заделок, отсек сборных шин, отсек релейной защиты и автоматики, отсек силового выключателя.

Анализ показал, что одним из самых рациональных путей уменьшения габаритных показателей является уменьшение объема пустот (занимающих от 7 до 15 % общего объема КРУ) между отсеками. Этого можно добиться более плотным размещением отсеков. Установка современных компактных вакуумных выключателей (ВВ) вместо маломасляных также позволяет существенно уменьшить массу и габариты камеры. Многие разработчики, в том числе и отечественные, не реализуют это преимущество ВВ. Производится простая модернизация существующих КРУ путем установки в них ВВ вместо маломасляных, что улучшает только коммутационные характеристики распределительных устройств.

Одними из первых, кто создал малогабаритные КРУ с использованием ВВ были фирмы Toshiba (Япония) и General Electric (США). В настоящее время их выпускают и в Англии, Канаде, Германии, Чехии. На постсоветском пространстве только российской промышленностью было представлено КРУ, использующее все преимущества ВВ. Это комплектное распределительное устройство серии TEL (КРУ/TEL), разработанное фирмой «Таврида-Электрик», основные технические характеристики которого отражены в таблице 1 [2].

КРУ/TEL комплектуется из отдельных компактных шкафов, в каждом из которых находится от двух до четырех присоединений к сборным шинам (модулей). Внутреннее пространство шкафа разделено на три отсека: низковольтный, высоковольтный и кабельный. Сверху на шкаф главных цепей устанавливается релейный отсек. В низковольтном отсеке располагаются: приводы вакуумных выключателей, части приводов и органы управления разъединителей, гнезда датчиков напряжения. Также в низковольтном отсеке размещены элементы электромеханических блокировок и действующая мнемосхема с указателями положения выключателей и разъединителей - заземлителей. В высоковольтном отсеке установлены отрезки сборных шин, вакуумные камеры выключателей, подвижные контакты разъединителей (разъединителей - заземлителей), трансформаторы тока и датчики напряжения емкостного типа. В кабельном отсеке располагаются кабельные приемники, отключающие пружины разъединителей и у некоторых модулей трансформаторы напряжения. Снаружи шкаф КРУ/TEL обшивается плоскими стальными листами толщиной 1,5 мм. Передняя панель высоковольтного отсека выполнена из прозрачного поликарбонатного материала

толщиной 6 мм и позволяет визуально контролировать положение подвижных контактов разъединителей.

Сравнительно недавно началось массовое производство еще одного типа компактных РУ на напряжение 6-10 кВ. Малых габаритов этих устройств удалось достичь благодаря применению в них в качестве дугогасительной, теплоотводящей и изолирующей среды элегаза (электротехнического газа), представляющего собой шестифтористую серу (SF_6). Так как электрическая прочность элегаза при нормальных условиях почти в 2,5 раза выше прочности воздуха, а при давлении примерно 0,2 МПа она приближается к прочности трансформаторного масла, то удалось значительно сократить длину изолирующего промежутка в электротехнических устройствах. Хорошая охлаждающая способность шестифтористой серы позволила увеличить токовую нагрузку токоведущих частей РУ на 15-20 % и соответственно уменьшить их сечение. Электрическая прочность и теплопередающие свойства элегаза определяют его высокую дугогасительную способность, что дает возможность отключать в элегазе мощности в 70..100 раз больше, чем в воздухе [1]. Элегаз не обладает токсичностью и взрывоопасностью, не горит и не поддерживает горение и слабо разлагается в разрядах.

Комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией (КРУЭ) представляет собой герметичный контейнер из нержавеющей стали с гальваническим покрытием. В нем размещены все токоведущие части и коммутационная аппаратура. В этот цельносварной резервуар элегаз закачен под избыточным давлением около 0,2 МПа. Это обуславливает более высокие требования к механической прочности оболочки, поэтому применяется сталь толщиной около 3 мм. Данные РУ, как и КРУ/TEL, могут выполняться в виде многомодульной конструкции, при которой в одном моноблоке с общей изоляцией может размещаться до пяти присоединений. В КРУЭ могут применяться трехпозиционные переключатели поворотного типа, выполняющие функции выключателя нагрузки, разъединителя и заземлителя. Интеграция трех функций в одном аппарате снижает количество деталей до минимума, обеспечивает простоту и надежность конструкции. Для защиты трансформатора возможно использование комбинации выключателя нагрузки с предохранителем, либо силового выключателя с устройством релейной защиты. Силовой выключатель может быть элегазовый или вакуумный. Приводы трехпозиционного переключателя и силового выключателя смонтированы снаружи газового резервуара в закрытом лицевой панелью отсеке и легкодоступны для внешнего осмотра. Все приводы снабжены механическими индикаторами положения и необходимыми блокировками. Для контроля напряжения на кабельном присоединении предусмотрены емкостные указатели напряжения. Отметим наличие в некоторых типах КРУЭ такой опции, как указатели токов короткого замыкания, представляющие собой электромагнитные датчики, установленные во вторичной цепи и встроенные в кабельный отсек трансформаторов тока. Они позволяют легко определить участки кабельных линий, в которых произошло замыкание на землю. Это существенно сокращает время поиска повреждения и восстановления электроснабжения, а также величину недоотпуска электроэнергии потребителям, подключенным к распределительным сетям напряжением 6-10 кВ [5]. Технические характеристики КРУЭ производства компании АВВ представлены в таблице 1, из которой видно, что коммутационные характеристики у КРУ/TEL несколько хуже.

Таблица 1. Основные технические характеристики компактных РУ

Производитель	Таврида-Электрик	ABB
Модель	КРУ/TEL	SafePlus/SafeRing
Многомодульная конструкция	+ (до 4 модулей)	+ (до 5 модулей)

Возможность расширения	+	+
способ объединения нескольких блоков	втычные контакты	внешние шины
Номинальное напряжение, кВ	10	10
Номинальный ток сборных шин, А	400	630
Выключатель нагрузки	–	+
Выключатель нагрузки с плавким предохранителем	–	+
Силовой выключатель	+	+
тип выключателя	вакуумный	вакуумный
Ток отключения, кА	16	21
Ток включения, кА, мгн.	41	52,5
Дополнительные возможности		
Дополнительный отсек низковольтного оборудования	+	+
Модуль вспомогательного оборудования	–	+
Индикаторы напряжения	+	+
Указатели токов короткого замыкания	–	+
Наличие блокировок	+	+
Габаритные размеры камер, мм		
высота	1430	1336
ширина (1/2/3/4/5 присоединений)	-/510/680/850/-	325/696/1021/1346/1671
глубина	550	765

«+» - наличие соответствующих исполнений

По сравнению с обычными распределительными устройствами компактные КРУ с использованием ВВ и КРУЭ обладают следующими основными преимуществами:

- высокая заводская готовность и удобство монтажа;
- повышение безопасности обслуживания;
- снижение пожарной опасности помещений электроустановок;
- упрощение эксплуатации распределительных устройств высокого напряжения;
- небольшие габариты РУ, что позволяет эксплуатационному персоналу обслуживать электроустановки без специальных лесенок, тумб и других приспособлений;
- уменьшение площади и объема помещения, занимаемого электрооборудованием.

Так двухтрансформаторная подстанция укомплектованная данными компактными ячейками занимает площадь около 10 м², в то время как площадь аналогичной типовой трансформаторной подстанции из-за больших габаритных размеров применяемого оборудования и принятой компоновки составляет 60...70 м². Даже при использовании камер КСО и сокращении расстояний между оборудованием в зоне его обслуживания до минимальных допустимых согласно ПУЭ, площадь может быть уменьшена только до 35 м² [4].

Производители КРУЭ, такие как компании АBB, Siemens, Schneider Electric и «ПО Элтехника» предлагают более широкое многообразие конфигураций ячеек, чем

производители КРУ с использованием ВВ, но несмотря на это и те и другие покрывают весь спектр существующих вариантов схем подстанций с РУ на первичном напряжении 6-10 кВ. Все производители компактных РУ выпускают блоки с возможностью расширения, которое может быть реализовано с помощью внешних шин или с помощью втычных экранированных контактов [5]. Это дает возможность, в случае необходимости увеличения мощности распределительного пункта, легко и без больших затрат на демонтаж и установку новых, более мощных КРУ произвести простое объединение нескольких блоков и тем самым выполнить необходимое расширение.

К сожалению, конструкция компактных КРУ не лишена недостатков. В первую очередь потому, что выключатели установлены в камере стационарно, что создает определенные трудности при выполнении ремонтных работ, а в КРУЭ из-за герметичности блока делает их проведение невозможным. К тому же в случае нарушения герметичности возникают некоторые сложности по ликвидации повреждения, что может привести к большим материальным затратам. Применение элегаза в РУ обуславливает ряд особенностей. Так он имеет относительно высокую температуру сжижения, что влечет за собой ограничение нижних рабочих температур окружающего воздуха. Продукты разложения элегаза чрезвычайно опасны для здоровья человека, да и сам он будучи тяжелее воздуха способен заполнять различного рода углубления, закрытые помещения, вытесняя из них воздух и тем самым создавая атмосферу, непригодную для дыхания [3]. На сегодняшний день существует проблема, связанная с утилизацией шестифтористой серы. Несмотря на то, что в Республике Беларусь используется довольно много электрооборудования, внутри которого находится элегаз, предприятий по его переработке нет. В результате приходится пользоваться услугами зарубежных предприятий, что создает дополнительные трудности и затраты.

Выводы

1. Выполнен обзор и анализ основных технических характеристик, достоинств и недостатков компактных распределительных устройств с вакуумными выключателями и компактных распределительных устройств с элегазовой изоляцией на напряжение 6-10 кВ.

2. Компактные распределительные устройства, несмотря на свою высокую стоимость, должны найти свое применение в городских электрических сетях и на производственных объектах из-за возросшего дефицита занимаемой территории, а также в связи с повышающимися требованиями к качеству и надежности электроснабжения, и к безопасности обслуживания электроустановок.

Литература

1. Чунихин А.А., Жаворонков М.А. Аппараты высокого напряжения: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 432 с.
2. Гринчук Ф. Ф., Хавроничев С. В. Комплектные распределительные устройства 6-10 кВ: Учеб. пособие / ВоГТУ, Волгоград, 2006. – 180 с.
3. Аракелян В.Г. Элегазовое электротехническое оборудование. Технические требования к производству элегазового оборудования для обеспечения качества элегаза в оборудовании и меры обеспечения санитарно-гигиенической и экологической безопасности: РД 16.06–2004. – 47 с.
4. Макаров Е.Ф., Справочник по электрическим сетям 0,4–35 кВ и 110–1150 кВ. Т. 4. – М.: Папирус Про, 2005. – 640 с.
5. Радкевич В.Н., Сталович В.В. Распределительные устройства с элегазовой изоляцией на напряжение 6-10 кВ // Главный энергетик. – 2009. – №2. – С. 19–26.