

УДК 621.311

Е.В. БИЯТТО, студентка гр. ЭПб-121 (КузГТУ)
К.К. ПРИВАЛИХИНА, студентка гр. ЭПб-121 (КузГТУ)
Научный руководитель: Т.Л. ДОЛГОПОЛ, доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ-РАЗЪЕДИНИТЕЛЕЙ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ ПОДСТАНЦИЙ

В течение большого периода времени, проектирование схем подстанций осуществлялось исходя из того, что силовые выключатели с определенной периодичностью должны подвергаться текущим и капитальным ремонтам, поэтому производилась установка разъединителей с каждой из сторон выключателя. Благодаря этому, можно было осуществлять ремонт выключателей, отключив их от шин подстанций разъединителем без влияния на работу остальных присоединений.

У современных выключателей временной интервал между обслуживанием составляет 10–15 лет. Именно поэтому отпала необходимость обвязки силовых выключателей разъединителями. При этом у разъединителей имеется еще одно функциональное назначение – создание видимого разрыва для обеспечения большей безопасности проведения ремонтных работ.

В настоящее время фирмой ABB выпускается современный коммутационный аппарат, совмещающий в себе функции разъединителя с выключателем, – выключатель-разъединитель ВР. Выключатель со встроенной функцией разъединителя имеет блокировку от непреднамеренного оперирования и блокировку от включения, которые интегрированы в аппарат. ВР выпускаются на разные классы напряжения от 35 до 500 кВ и могут поставляться как отдельный аппарат, так и в составе комплектных ячеек РУ.

Интервалы между обслуживанием главных контактов разъединителей, расположенные открыто в воздухе, составляют от двух до шести лет, в зависимости от и уровня загрязнения атмосферы. Функция разъединителя в новом аппарате ВР имеет высокую надежность из-за того, что главные контакты ВР находятся в защищенной среде элегаза (SF_6), которая свободна от загрязнений, интервал между обслуживанием увеличивается, повышая тем самым общую эксплуатационную готовность подстанции. Кроме этого, использование ВР существенно уменьшает площадь подстанции, примерно на 50%.

В статье, в качестве примера, представлено сравнение традиционной схемы подстанции на 110 кВ с двойной системой шин с отдельно стоящи-

ми разъединителями и выключателями (рис. 1а) и схемы с секционированной одинарной системой шин с ВР (рис.1б). Данные схемы состоят из четырех воздушных линий, двух силовых трансформаторов и одного шиносоединительного или секционного выключателя.

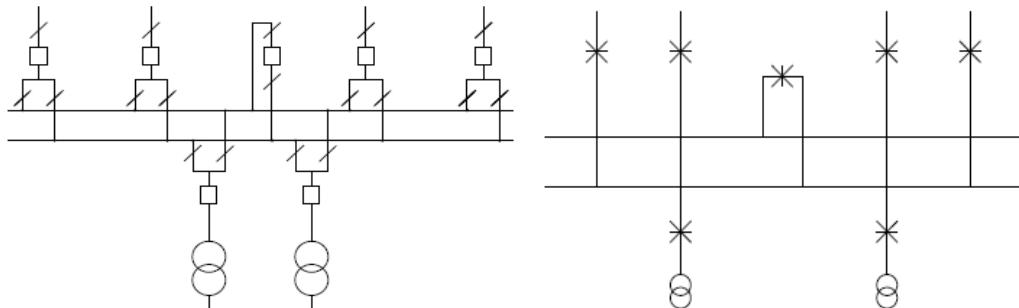


Рис. 1. Принципиальные схемы подстанции с использованием традиционных коммутационных аппаратов (рис.1а) и ВР (рис.1б)

Использование ВР также снижает среднее время простоя из-за обслуживания с 3,1 до 1,2 часов в год. На рис.2 приведены результаты сравнения длительности простоя при использовании силовых выключателей с разъединителями (РВР) и ВР. При этом, интервалы между техническим обслуживанием приняты в соответствии с рекомендациями производителей, т.е. 5 лет для разъединителей и 15 лет для выключателей и ВР.

Снижение времени на обслуживание обуславливает ряд других преимуществ: повышение надежности электроснабжения потребителей, уменьшение риска системных аварий и эксплуатационных затрат.



Рис. 2. Длительность простоя РВР и ВР

Еще одним достоинством применения выключателя-разъединителя являются уменьшение электрических потерь на собственные нужды подстанций и снижение эквивалента выброса углекислого газа, что является существенным экологическим аспектом.

Произведем сравнение потерь электрической энергии для двух вариантов: с традиционными РВР и с ВР. Для определения потерь в коммута-

ционных аппаратах необходимы значения сопротивления их контактов, сопротивление проводников, обеспечивающих электрическое соединение аппаратов в традиционных схемах (выключатель и разъединители дистанционированы друг от друга), а также дополнительные затраты электроэнергии на подогрев аппаратов.

Что касается сопротивлений полюсов выключателей и ВР, а также затрат электроэнергии на их подогрев, то они одинаковы и приняты в расчетах 32 мкОм и 140 Вт соответственно. Разъединители с моторным приводом, имеют сопротивление 59 мкОм/фаза, антиконденсатный подогрев 50 Вт, провода для электрического соединения коммутационных аппаратов имеют длину 8 метров и сопротивление 289 мкОм/фаза.

Результаты расчетов для 40-летнего срока службы сведены в табл. 1. Энергия, сохраненная, за счет использования ВР соответствует выбросу 700 тонн CO₂, или же 17 тонн в год. Для всей подстанции, с несколькими ячейками численные значения будут еще больше [1].

Таблица 1

Затраты электроэнергии на эксплуатацию коммутационных аппаратов

Коммутационные аппараты	Потребление электроэнергии, МВтч	Эквивалент выброса CO ₂ , т
Разъединитель-выключатель-разъединитель	1217	762
ВР	120	75

Таким образом, экономия электроэнергии при использовании только одного ВР в течение всего срока службы составит более 1000 МВтч.

Наибольшая динамика внедрения ВР началась в странах Запада. Шведская Сетевая Компания (ШСК) стала сокращать число разъединителей на своих подстанциях из-за высоких затрат на обслуживание.

Поэтому, когда в 2000 году началось активное внедрение ВР, эта компания установила первые выключатели – разъединители на подстанции напряжением 245 кВ, чтобы получить и проанализировать практический опыт работы данного вида силового оборудования.

Также одной из первых реконструированных подстанций, на которой традиционное коммутационное оборудование было заменено на ВР, была подстанция Грюттен на напряжение 132 кВ. Эта подстанция была построена в начале 70-х годов.

Затем в 2001 году начали осуществляться первые реконструкции подстанций на 420 кВ с использованием ВР. Таким образом, уже более 10 лет при реконструкции больших и наиболее значимых в системах электро-

снабжения подстанциях Шведская Сетевая Компания применяет только выключатели-разъединители.

Выключатель-разъединитель может использоваться в большинстве стандартных схем ПС и в России, а также напрямую заменять отдельно стоящие выключатели с разъединителями.

В статье произведен сравнительный анализ капитальных, эксплуатационных и приведенных затрат при использовании выключателей с разъединителями и ВР, результаты которого сведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета затрат при использовании различных коммутационных аппаратов

Наименование и тип ЭО	Периодичность обслуживания	Капитальные вложения, руб	Эксплуатационные затраты, руб	Расходы на ремонт и тех. обслуживание, руб	Приведенные затраты, руб
ВАКУУМНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ И РАЗЪЕДИНИТЕЛИ на 110 кВ					
ВРС-110	15	1 334 084	279 020,74	200 112,6	412 429,14
РГД-110	5	871 200	232 319,2	174 240	319 439,2
Итого		2 205 284	511 339,94	374 352,6	731 868,34
ЭЛЕГАЗОВЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ И РАЗЪЕДИНИТЕЛИ на 110 кВ					
ВЭБ-110	12	4 118 928	822 066,26	617 839,2	1 233 959,06
РГД-110	5	871 200	232 319,2	174 240	319 439,2
Итого:		4 990 128	1 054 385,46	792 079,2	1 553 398,26
ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ - РАЗЪЕДИНИТЕЛЬ на 110 кВ					
LTB-145	18	3 167 637,81	383 153,65	221 734,65	699 917,43

Результаты расчетов представлены в виде гистограммы на рис. 3.



Рис. 3. Сравнение затрат на традиционно используемое коммутационное оборудование и ВР

Исходя из расчетов, можно сделать вывод о том, что применение ВР экономически выгоднее, чем применение выключателя с разъединителями.

Также определены сроки окупаемости выключателей-разъединителей при реконструкции подстанций, укомплектованных либо вакуумными, либо элегазовыми выключателями (рис. 4).

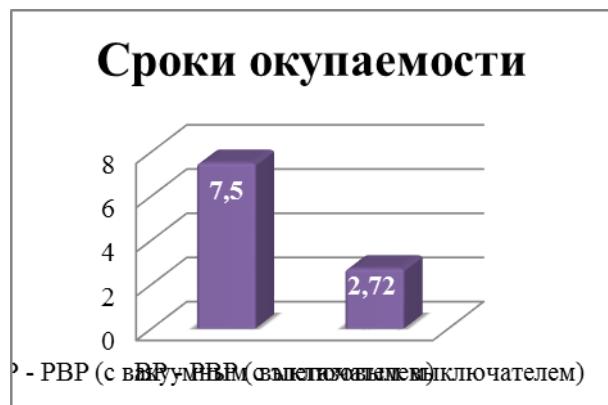


Рис. 4. Срок окупаемости ВР

Таким образом, использование коммутационных аппаратов нового поколения позволит не только существенно повысить компактность подстанций, но и уменьшить эксплуатационные затраты сетевых компаний.

Список литературы:

1. Выключатель-разъединитель. Руководство по применению [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www05.abb.com/global/scot/scot245.nsf/veritydisplay/47a0a0579b641143c12578a200222b19/\\$file/1HSM954323-03ru%20Disconnecting%20Circuit%20Breakers%20Buyers%20and%20Application%20Guide.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot245.nsf/veritydisplay/47a0a0579b641143c12578a200222b19/$file/1HSM954323-03ru%20Disconnecting%20Circuit%20Breakers%20Buyers%20and%20Application%20Guide.pdf).

2. Выключатель-разъединитель. Максимальная эксплуатационная готовность при минимуме занимаемой площади [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www05.abb.com/global/scot/scot245.nsf/veritydisplay/b576ae313d831885c1257b2b003b51bf/\\$file/1HSM954313-04ru%20Disconnecting%20Circuit%20Breaker%20-%20Maximum%20availability%20with%20minimum%20footprint%20-%20russian.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot245.nsf/veritydisplay/b576ae313d831885c1257b2b003b51bf/$file/1HSM954313-04ru%20Disconnecting%20Circuit%20Breaker%20-%20Maximum%20availability%20with%20minimum%20footprint%20-%20russian.pdf).