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

ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ-РАЗЪЕДИНИТЕЛЬ КАК ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ РУ

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 BP. Выключатель со встроенной функцией разъединителя имеет блокировку от непреднамеренного оперирования и блокировку от включения, которые интегрированы в аппарат. BP 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, расположенными открыто в воздухе, составляют от двух до шести лет, в зависимости от и уровня загрязнения атмосферы. Функция разъединителя в новом аппарате BP имеет высокую надежность из-за того, что главные контакты BP 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 BP 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 стоящими разъединителями и выключателями (рис. 1а) и схемы с секционирован-

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

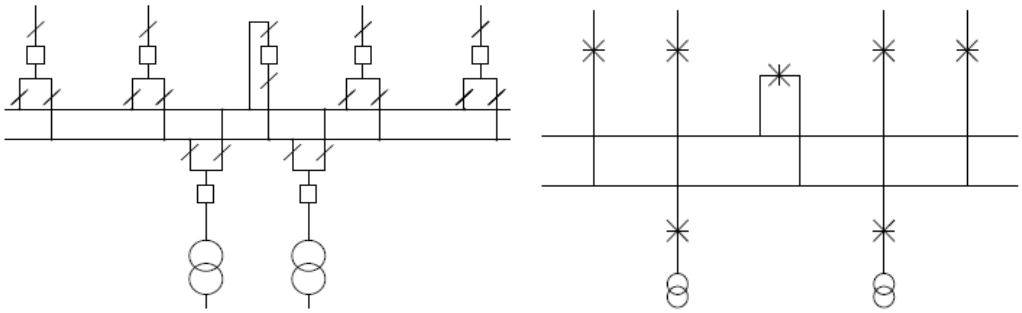


Рис. 1. Принципиальные схемы подстанции с использованием традиционных коммутационных аппаратов (рис.1а) и ВР (рис.1б)

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.

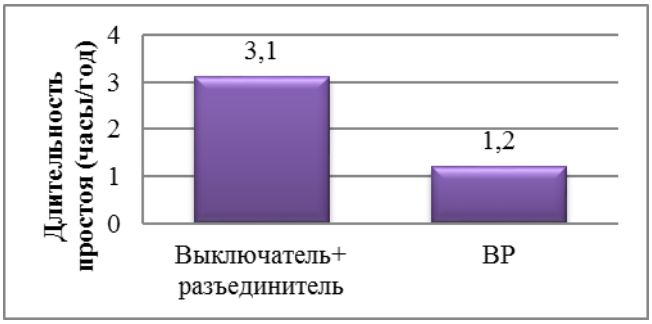


Рис. 2. Длительность простоя РВР и ВР

Еще одним достоинством применения выключатеся-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 коммутационных аппаратах необходимы значения сопротивления их контактов,

сопротивление проводников, обеспечивающих электрическое соединение аппаратов в традиционных схемах (выключатель и разъединители дистанцированы 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 CO_2, 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 и 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 электроснабжения 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

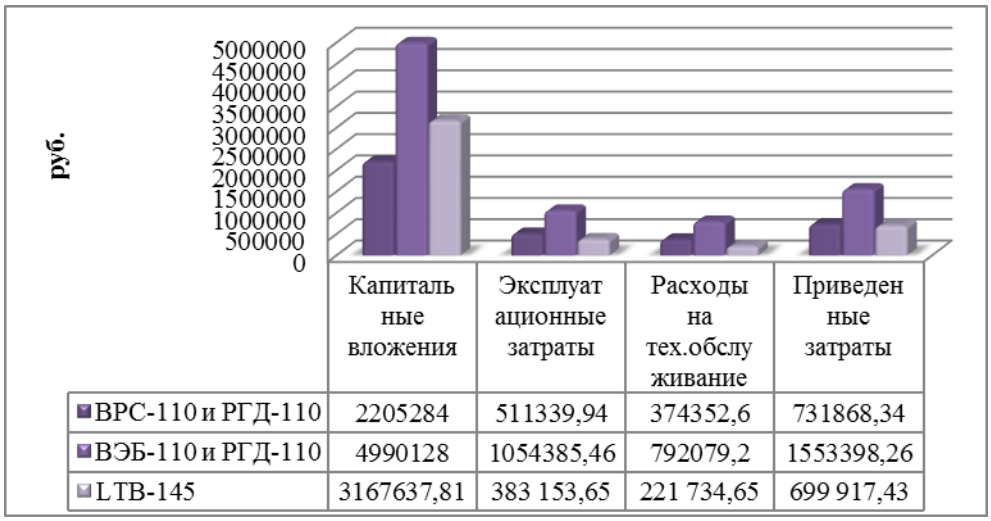
Наименование и тип ЭО	Периодичность обслуживания	Капитальные вложения, руб	Эксплуатационные затраты, руб	Расходы на ремонт и тех. обслуживание, руб	Приведенные затраты, руб
ВАКУУМНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ И РАЗЪЕДИНИТЕЛИ на 110 КВ					
ВРС-110	15	1 334 084	279 020, 74	200 112,6	412 429,14
РГД-110	5	871 200	232 319,2	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.

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).

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



	Капитальные вложения	Эксплуатационные затраты	Расходы на тех.обслуживание	Приведенные затраты
ВРС-110 и РГД-110	2205284	511339,94	374352,6	731868,34
ВЭБ-110 и РГД-110	4990128	1054385,46	792079,2	1553398,26
LTB-145	3167637,81	383 153,65	221 734,65	699 917,43

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

Рис. 4. Срок окупаемости ВР

Список литературы:

1. Выключатель-разъединитель. Руководство по применению. [Электронный ресурс]:
http://www05.abb.com/global/scot/scot245.nsf/veritydisplay/47a0a0579b641143c12578a200222b19/$file/1HSM954323-03ru%20Disconnecting%20Circuit%20Breakers%20Buyers%20and%20Application%20Guide.pdf
2. Выключатель-разъединитель. Максимальная эксплуатационная готовность при минимуме занимаемой площади. [Электронный ресурс]:
http://www05.abb.com/global/scot/scot245.nsf/veritydisplay/b576ae313d831885c1257b2b003b51bf/$file/1HSM954313-04ru%20Disconnecting%20Circuit%20Breaker%20-%20Maximum%20availability%20with%20minimum%20footprint%20-%20russian.pdf