

АННОТАЦИЯ к ВКР (ДР)

"РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОРУ 500 КВ БРАТСКОЙ ГЭС"

Бахмисов Денис Евгеньевич



Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль "Электроснабжение"

Объем ВКР: 78 листов

Целью выпускной квалификационной работы является разработка варианта реконструкции оборудования электрической схемы открытого распределительного устройства (ОРУ) 500 кВ Братской ГЭС.

Актуальность темы. Реконструкция оборудования ОРУ 500 кВ Братской ГЭС сохраняет свою актуальность в связи с постоянной модернизацией электроэнергетических объектов и установкой на них нового оборудования.

Первый гидрогенератор Братской ГЭС мощностью 225 МВт был поставлен под нагрузку и дал промышленный ток в ноябре 1961 года. В 1967 году, через полгода после запуска последнего, восемнадцатого, агрегата Братская ГЭС была введена в постоянную эксплуатацию с оценкой «отлично».

За годы столь длительной эксплуатации электрооборудование Братской электростанции морально и физически устарело, что снижает технические показатели, а также надежность ее работы. В связи с этим необходимо выработать комплексное и качественное решение по повышению надёжности функционирования наиболее ответственных генерирующих единиц.

Выпускная квалификационная работа выполнена по заказу предприятия.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение раскрывает актуальность выпускной квалификационной работы (ВКР), цели и задачи реконструкции, основное содержание работы и практическую значимость результатов работ.

В первой главе приведены общие сведения о Братской ГЭС, рассмотрены схема ОРУ 500кВ и действующее оборудование.

В приплотинном здании ГЭС (рисунок 1) размещены 18 гидроагрегатов мощностью по 250 МВт, оборудованных радиально-осевыми турбинами (расчетный напор 101,5 м). Среднегодовая выработка электроэнергии составляет 22 500 млн. кВт·ч. Количество силовых трансформаторов: блочных – 10 трехфазных трансформаторов напряжением 220/15,75кВ по 300 МВА и 12 однофазных трансформаторов напряжением 500/15,75кВ по 210 МВА; 6 автотрансформаторов связи – две группы однофазных напряжением 220/500 кВ по 267 МВА на фазу (обеспечение перетоков электроэнергии между ОРУ-220кВ и ОРУ-500кВ).

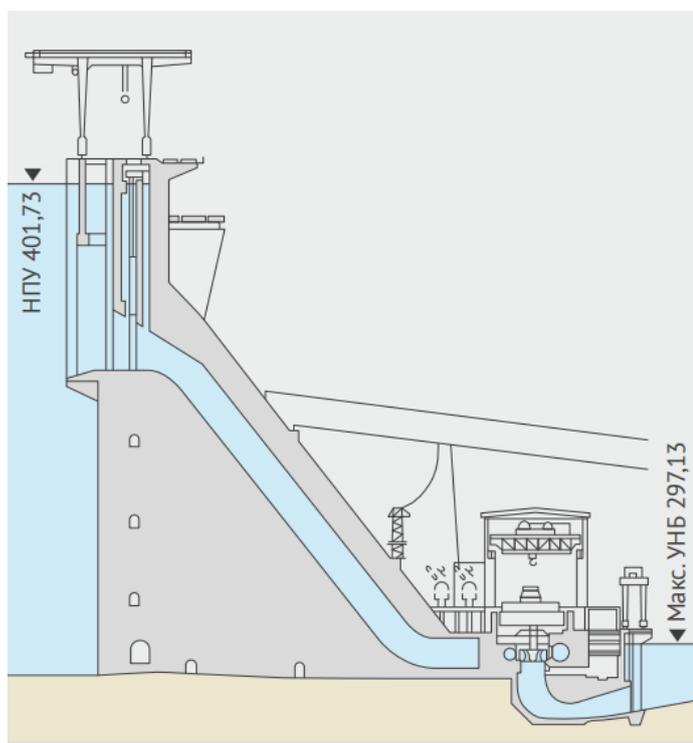


Рисунок 1 – Разрез плотины Братской ГЭС

ОРУ 500 кВ выполнено по схеме "полуторного" типа с двумя секциями шин, в которую входит 4 блока (рисунок 2). Одно из главных достоинств данной схемы - экономия средств на основном коммутационном оборудовании (выключателях).

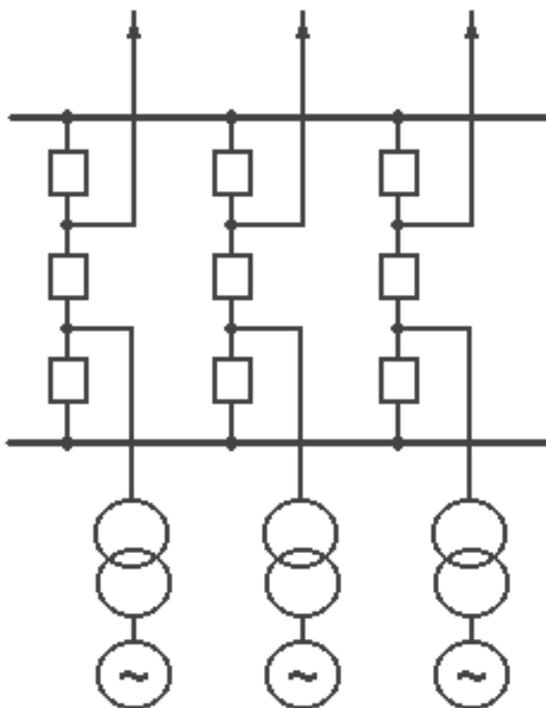


Рисунок 2 - Упрощённая схема "полуторного" типа Братской ГЭС

Также в первой главе на основании результатов измерений произведен анализ перетоков мощности, проходящих по элементам ОРУ 500кВ Братской ГЭС.

Во второй главе для проверки электрооборудования на динамическую и термическую стойкость произведен расчет токов короткого замыкания (КЗ). Для этого была составлена схема замещения, и рассчитаны периодическая составляющая тока КЗ, а также ударный ток на шинах ОРУ-500 кВ. Расчёты были выполнены с использованием программного средства GTCURR, разработанного в Московском энергетическом институте на кафедре «Электрические станции». Также расчёт токов КЗ производился ручным способом - методом наложения.

Результаты ручного и машинного расчетов в точке, находящейся на шине 500 кВ Братской ГЭС, сведены в сравнительную таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты расчётов токов короткого замыкания

Параметр	Ручной расчет методом наложения	Расчет с помощью программы GTCURR	Погрешность в расчетах
I_{no} , кА	22,34	22,41	0,31%
i_{y0} , кА	56,88	57,15	0,47%

В третьей и четвертой главах, исходя из данных максимального режима

работы электрической сети, а также результатов расчета токов КЗ, выполнена проверка основного оборудования, установленного на данный момент на ОРУ 500кВ, а именно: автотрансформаторов АОДЦТН-267000/500/220; однофазных трансформаторов в составе "укрупненного" блока ОРЦО-210000/500; элегазовых выключателей GL317; разъединителей РОНЗ-500; трансформаторов тока (ТТ) типа ТФЗМ и трансформаторов напряжения (ТН) НДЕ-500; нелинейных ограничителей перенапряжений.

Результаты проверки показали, что большая часть оборудования удовлетворяет техническим требованиям и пригодно для дальнейшей эксплуатации. Исключение составляют трансформаторы тока, класс точности которых (5Р) - не соответствует современным требованиям, что в свою очередь влияет на надежность срабатывания автоматики повторного включения (АПВ) ВЛ. В связи с этим предложена замена ТТ на трансформаторы тока с классом точности ТРУ.

Результаты проверки ТТ представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Проверка трансформаторов тока ТФЗМ-500Б

№ п/п	Условия проверки	Расчётные величины	Каталожные данные
1	$U_{PAC} \leq U_{НОМ}$	500 кВ	500 кВ
2	$I_{ФОРС} \leq I_{НОМ}$	898,03 А	2000 А
3	$S_2 \leq S_{2н}$	68,1 ВА	75 ВА
4	$i_{уд} \leq i_{эл.дин}$	57,15 кА	90 кА

Кроме того, следует отметить, что на исследуемом объекте - ОРУ 500 кВ Братской ГЭС - на отходящих линиях 500 кВ должно быть обеспечено 100% резервирование цепей напряжения путем установки двух трансформаторов напряжения 500 кВ. Однако в настоящее время на ОРУ установлено по одному трансформатору напряжения на присоединение. Учитывая также моральный и физический износ существующих ТН в работе предложена их замена на более современные, а также обоснована необходимость установки второго ТН на отходящих ВЛ №561 и №562 "Братская ГЭС-Тулун".

Количество и типы принятого для монтажа рекомендуемого основного оборудования (ТТ, ТН) приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Рекомендуемое основное оборудование

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Количество
Оборудование ОРУ 500 кВ			
1	Трансформатор тока: 0,2/ТРУ/ТРУ/ТРУ/ТРУ, $I_{т.с.}=40$ кА, $I_{д.с.}=100$ кА, $t_{тер}=1$ с, $K_{ТТ}=1500-2000-3000/1$ А	1-ф компл	12
2	Трансформатор напряжения: 0,2/0,2/3Р, $K_{ТН}=500/\sqrt{3}$; 0,1/ $\sqrt{3}$; 0,1/ $\sqrt{3}$; 0,1/3	1-ф компл	12

В специальной части выпускной работы рассмотрена модернизация устройств релейной защиты (РЗ) отходящих ВЛ 500кВ на примере ВЛ №561 и №562 "Братская ГЭС-Тулун". В настоящее время защита отходящих ВЛ осуществляется с помощью реле, выполненных на электромеханической базе - ДФЗ-503 (рисунок 3). В целях сокращения времени обслуживания и эксплуатации рабочим персоналом панелей РЗ в качестве основной быстродействующей защиты при всех видах КЗ на ВЛ предлагается установка шкафа ШЭ2710 581, содержащего полукомплект дифференциально-фазной высокочастотной защиты линии электропередачи напряжением 500 кВ.

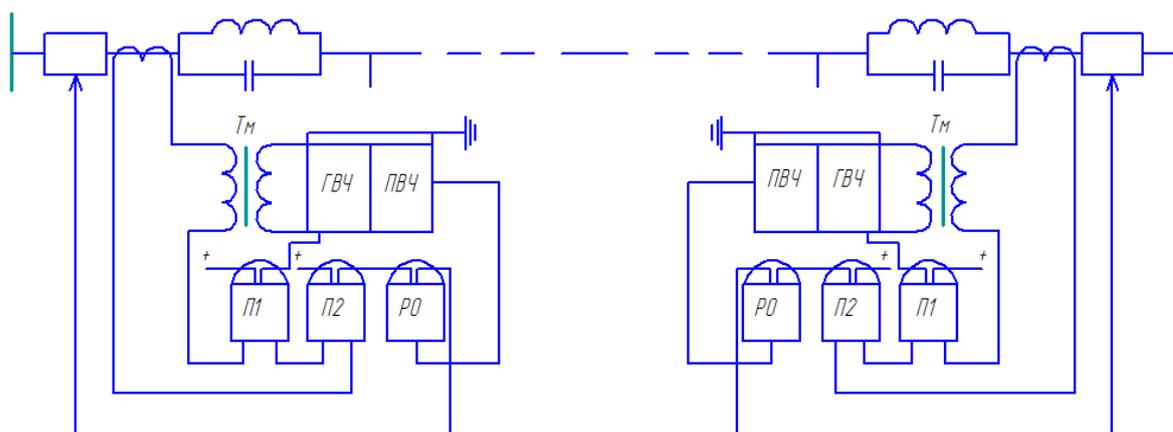


Рисунок 3 - Принципиальная схема дифференциально-фазной высокочастотной защиты воздушной линии

В работе с учетом требований действующего стандарта по выбору уставок высокочастотной микропроцессорной защиты ШЭ2710 581 компании «ЭКРА» были выбраны уставки токовых пусковых органов, уставки органов с пуском по напряжению, а также определен угол максимальной чувствительности (таблица 4).

Таблица 4 - Расчёт уставок срабатывания микропроцессорной защиты

Параметр уставки	Обозначение	Единицы измерения	Значение
Уставка токовых органов с пуском по вектору разности фазных токов, действующих на блокировку	$I_{л.бл.уст.}$	А	1288,18
Уставка токовых органов с пуском по вектору разности фазных токов, действующих на отключение	$I_{л.от.уст.}$	А	1674,63
Уставка токовых органов с пуском по току обратной последовательности, действующих на блокировку	$I_{2л.бл.уст.}$	А	24,36
Уставка токовых органов с пуском по току обратной последовательности, действующих на отключение	$I_{2л.от.уст.}$	А	48,72
Уставка токового органа с пуском по приращению, действующего на блокировку	$DI_{1бл.уст.}$	А	68,2
Уставка токового органа с пуском по приращению, действующего на отключение	$DI_{1от.уст.}$	А	136,4
Уставка токового органа с пуском по приращению тока обратной последовательности, действующего на блокировку	$DI_{2бл.уст.}$	А	17,05
Уставка токового органа с пуском по приращению тока обратной последовательности, действующего на отключение	$DI_{2от.уст.}$	А	34,1
Уставка органа с пуском по напряжению обратной последовательности, действующего на блокировку	$U_{2бл.уст.}$	кВ	11,52
Уставка органа с пуском по напряжению обратной последовательности, действующего на отключение	$U_{2от.уст.}$	кВ	17,28
Угол максимальной чувствительности	$\Phi_{м.ч.}$	град.	86,24

В связи с сохранением традиционной российской идеологии построения защиты, используемой в панелях типа ДФЗ-503 и ДФЗ-504, рассчитанные уставки

высокочастотной микропроцессорной защиты ШЭ2710 581, включающие в себя определение значений параметров срабатывания защиты, входят в рекомендуемые диапазонные значения.

В экономической части ВКР на основании нормативных документов - ГЭСНм-2001-08 (государственные элементные сметные нормы на монтаж электротехнических установок) и ВНиР В17-13 (ведомственные нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы - составлена локальная ресурсная ведомость на демонтаж шкафа ДФЗ-503 и монтаж шкафа микропроцессорной защиты ШЭ2710 581 (таблица 5).

Таблица 5 – Локальная ресурсная ведомость на демонтаж/монтаж шкафов защиты

№ п/п	Шифр, номера нормативов и коды ресурсов	Наименование работ и затрат	Ед. изм.	Количество	
				На ед. изм.	Общая величина
	В17-13-45	Демонтаж шкафа защиты ДФЗ-503		2	
1		Отсоединение основания шкафа от закладных деталей фундамента электросваркой	чел.-ч.	0,71	1,42
1.1		Демонтаж	чел.-ч.	2,3	4,6
1.2		Средний разряд рабочих		3	
Затраты труда			чел.-ч.	6,02	
	01-04-033	Монтаж терминала защиты ШЭ2710 581		2	
2	01-04- 033-03	Затраты труда рабочих монтажников	чел.-ч.	258	516
		В том числе:			
2.1		Инженер по наладке и испытания 1 категории	чел.-ч.	154,8	309,6
2.2		Техник по наладке и испытаниям 1 категории	чел.-ч.	103,2	206,4
Затраты труда			чел.-ч.	516	

В разделе "Техника безопасности" рассмотрены основные вопросы охраны труда и техники безопасности при эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики (РЗА), определены особенности проведения работ на РЩ-500 (ОРУ-

500 кВ Братской ГЭС), а также работ, выполняемых оперативным персоналом на устройствах РЗА.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

В рамках выпускной квалификационной работы был предложен вариант реконструкции электрооборудования ОРУ 500кВ Братской ГЭС, включающий в себя замену измерительных ТТ (класса точности 5Р) и ТН на современные трансформаторы более высокого класса точности. Кроме того, предложена модернизация устройств релейной защиты отходящих ВЛ №561 и №562 "Братская ГЭС-Тулун", которая включает в себя замену панелей типа ДФЗ-503 на высокочастотную дифференциально-фазную защиту на базе микропроцессорного терминала ШЭ2710 581 компании «ЭКРА».

Графическая часть ВКР выполнена с использованием современного программного обеспечения САПР «Компас-3D» и представлена в виде форматов А1 (4 шт.), пояснительная записка оформлена с помощью программы «MS Office», расчеты токов КЗ выполнены с помощью программы GTCURR (МЭИ).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ВКР

1) **Бахмисов Д. Е.**, Яковкина Т.Н. Реконструкция устройств релейной защиты воздушных линий ВЛ-561 и ВЛ-562, отходящих от шин 500 кВ Братской гидроэлектростанции. Труды Братского государственного университета: Серия: Естественные и инженерные науки. – Братск: Изд-во БрГУ, 2020. – С.103-106.

2) **Бахмисов Д.Е.** Прохождение профессиональной практики по ДОП "Релейная защита и электроавтоматика электрических станций и подстанций на микропроцессорах (МП)". Professional Stars -2019/2020: III Международный конкурс обучающихся и педагогов профессиональных учебных заведений (5 сессия сезона 2019/2020): итоги конкурса [Электронный ресурс] / Сост. Научно-редакционный совет Stars of Science and Education. – Электрон. текст. дан. (1 файл 1 Мб). – М.: РусАльянс Сова, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска.