

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему: Электроснабжение собственных нужд 0,4 кВ ПС 500 кВ «Беркут»

Студент

С.Е. Осинцев

(И. О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Доцент, канд. техн. наук И.В. Горохов

(ученая степень, звание, И. О. Фамилия)

Тольятти 2025г.

Аннотация

Бакалаврская работа выполнена на основе энергообъекта ПС-500 кВ Беркут Тюменской области с рабочим напряжением 500/110/10/0,4кВ.

Предметом проектирования выпускной квалификационной работы является электроснабжение собственных нужд 0,4 кВ ПС 500 кВ Беркут.

Выпускная квалификационная работа содержит в себе следующие основные разделы:

- краткая характеристика энергообъекта ПС-500 кВ Беркут;
- анализ существующих систем собственных нужд;
- применение оборудования фирмы КЭАЗ для питания собственных нужд подстанции;
- применение для питания потребителей собственных нужд источников бесперебойного питания.

Бакалаврская работа содержит в себе 60 страниц, 8 рисунков, 10 таблиц, 24 использованных источника.

Содержание

Введение.....	4
1 Характеристика ПС 500 кВ Беркут.....	5
2 Анализ существующих систем собственных нужд.....	9
3 Выбор щита собственных нужд 1ЩСН.....	25
4 Расчет электрических нагрузок собственных нужд 1ЩСН.....	28
5 Выбор трансформатора собственных нужд для 1ЩСН.....	30
6 Расчет и выбор электрического оборудования и проводников 1ЩСН...	32
7 Резервирование собственных нужд на ПС 500 Беркут.....	40
8 Автономные источники резервного питания собственных нужд.....	46
Заключение.....	56
Список используемых источников.....	58

Введение

Научно-технический прогресс требует совершенствования энергосистемы. Надежная работа энергосистемы - это ее устойчивость, то есть способность системы восстанавливать рабочий режим, после аварийных нарушениях. В работе выполнен анализ действующей схемы подстанции 500кВ Беркут. Особое внимание уделено электроснабжению собственных нужд на подстанции. Собственные нужды обеспечивают работу всех систем, имеющих на подстанции. Эффективность работы собственных нужд обеспечивает надежность работы энергообъекта.

Целью данной работы является обеспечить эффективное электроснабжение собственных нужд подстанции для надежной работы всего оборудования 500кВ Беркут.

В ходе выполнения бакалаврской работы были изучены и проанализированы способы электроснабжения собственных нужд. Питают потребители на подстанции трансформаторы собственных нужд. Распределения электроэнергии 0,4 кВ осуществляются от щитов собственных нужд. Все три щита собраны на разных компонентах: 1ЩСН состоит из импортных компонентов фирмы SIEMENS, 2ЩСН собран на Российских компонентах таких как фирма КЭАЗ, и 3ЩСН собран также на Российских компонентах фирмы Контактор АО. После проведенного анализа предлагаем 1ЩСН, выполненный элементами зарубежной фирмы заменить на отечественный щит фирмы КЭАЗ.

1 Характеристика ПС 500 кВ Беркут

Рассматриваемая подстанция ПС-500/110/10/0,4кВ «Беркут» является одной из самых крупных в Тюменской энергосистеме и находится на 62 км федеральной трассы автодороги Тюмень-Омск [6]. Со строительством данной ПС-500/110/10/0,4 кВ «Беркут» увеличилась устойчивость внешнего электроснабжения по южному направлению высоковольтной линии 500 кВ «Иртыш-Курган-Козырево» и появилась возможность осуществлять передачу мощностей из энергосистемы Западной Сибири в центральную часть России [12].

ПС 500 кВ от носится к компании «Россети», которая является одной из крупнейших в мире электросетевых холдингов, производящая электроснабжение потребителей в 82 регионах России. В управлении находятся 2,5 млн км воздушных линий электропередачи электрической энергии и подстанции суммарной мощностью 877 тыс. МВА. По электросетям Группы «Россети» перетекает более 80% всей вырабатываемой в России электроэнергии [12].

Одними из ключевых критериев политики ПАО Россети является надёжность, безопасность и эффективность функционирования электрических сетей [13].

Подстанция ПС-500/110/10/0,4кВ «Беркут» дает возможность повышать надежность электроснабжения Тюменской области и соседних регионов, может использоваться для подключения ветропарков или промышленных предприятий. Протяженность ВЛ-500 кВ составляет приблизительно 56,6 км, передаваемая полная мощность составляет около 501 МВА [13]. На подстанции имеются ОРУ-500 кВ со схемой включения открытого распределительного устройства- треугольник с полуторным присоединением линий, ОРУ-110 кВ со схемой включения открытого распределительного устройства(собственные нужды ПС) - мостик с выключателями в цепи трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов, ЗРУ -10 кВ (ячейки КУ- 10-20У3)-

одна рабочая, секционированная двумя последовательно включенными выключателями, система шин [13].

На подстанции смонтирована группа регулируемых шунтирующих реакторов типа 3×РОМБС- 60000/500 мощностью 3×100 МВАр, которые служат для компенсации емкостных токов в длинных ЛЭП- 500, поддержания стабильного уровня напряжения в сети, предотвращения перенапряжений при малых нагрузках [14].

На территории ПС-500/110/10/0,4кВ «Беркут» установлена мобильная модульная подстанция (ММПС) мощностью 25 МВА, предназначенная для резервного питания потребителей региона в случае замены при ремонте стационарной подстанции, поддержки энергосистемы в пиковые нагрузки. Мобильная подстанция может работать в температурном режиме от –45° С до +40° С [13]. Имеет два самостоятельных модулей, один из которых принимает и трансформирует электроэнергию, а второй распределяет её напряжением 10 кВ.

На ОРУ-500 кВ установлены высоковольтные выключатели типа HPL 550 В2 2000А 40кА с пружинным приводом BLG 1002Ав количестве 12 штук, в ОРУ- 110 кВ установлены высоковольтные выключатели типа ВГТ-110П-40/2500У1 с пружинным приводом ППрК-2000Св количестве 3 штук, в ЗРУ -10 кВ установлены высоковольтные выключатели типа ВР1-10-20/630 У2 в количестве 10 штук [13]. Подстанция снабжена автоматизированной информационно-измерительной системой коммерческого учета электроэнергии, волоконно-оптической линией связи.

Питание оперативных цепей защит, сигнализации, автоматики и управления оборудованием напряжением 500 кВ и 110 кВ, 10 кВ осуществляется постоянным током напряжением 220 В от аккумуляторной батареи типа АБ-1,2 (VARTA) [12].

Суммарная установленная мощность ПС-500/110/10/0,4кВ «Беркут» составляет 9320кВА [13].

Молниезащита ОРУ-500 кВ выполнена молниеотводами высотой 5 м, устанавливаемые на порталах и мачтах прожекторного освещения. На ОРУ-500 кВ выполняется комплекс мероприятий для защиты обслуживающего персонала от вредного влияния электрического и магнитного полей.

Перечень установленного оборудования на ПС 500 кВ «Беркут» представлен в таблице 1 [15].

Таблица 1 - Перечень установленного оборудования

Краткая характеристика, местоположение п/ст	ПС-500/110/10/0,4кВ «Беркут», расположена: Тюменская обл., 62 км федеральной трассы Тюмень-Омск.
Тип распределительного устройства (конструктивное исполнение распределительных устройств (ОРУ, ЗРУ, КРУЭ))	ОРУ-500кВ-треугольник с полуторным присоединением линии; ОРУ-110кВ (собственные нужды ПС)- мостик с выключателями в цепи трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов; ЗРУ-10 (ячейки КУ-10-20У3)- одна рабочая, секционированная двумя последовательно включенными выключателями, система шин.
Трансформаторы силовые	3(4)Т: тип ТМН-2500/110 У1; 1(2) ТСН: тип ТМГ-1000/10 У3; 3(4) ТСН: тип ТМГ-160/10 У3; 5(6) ТСН: тип ТСЗ-1000/10 У3
Суммарная установленная мощность	9320кВА
Линейные вводы количество по напряжениям: а) воздушных б) кабельных	500кВ: 3 шт., 110кВ: 2 шт.

Продолжение таблицы 1

Разъединители	500кВ: 30шт., тип SSBII-AM-550; 110кВ: 10шт., SGF-123n II 100Y1
Высоковольтные выключатели	500кВ: 12шт., тип HPL 550 И2 УХЛ1; 110кВ: 3шт., тип ВГТ-110П-40/2500У1; 10кВ: 10шт., тип ВР1-10-20/630 У2
Компенсирующие устройства (ШР, БСК, СК, СТК...)	ШР-500кВ: 4шт., тип РОМБСМ-60000/500 У1
Трансформаторы напряжения	500кВ: 18шт., тип СРВ-550 У1; 110кВ: 6шт., тип НКФ-110-58У1; 10кВ: 6шт., тип ЗНОЛ-0,6-10 УЗ.
Трансформаторы тока	500кВ: 18шт., тип ИМВ-550 У1; 110кВ: 15 шт., тип ТГ-145 ХЛ1; 35кВ: 4шт., тип ДТФ-35 У1; 10кВ: 28шт., тип ТЛК-10.
Грозозащита	отдельно стоящие молниеприемники
Аккумуляторная батарея	АБ №1, №2 тип «VARTA» Vb 2306
Масляное хозяйство	Открытый склад масла: емкости по 75мЗ-3шт
Собственные нужды (схема, источники)	ОРУ-110кВ (собственные нужды ПС)- мостик с выключателями в цепи трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов

Вывод: подстанция представляет собой комплекс сооружений, предназначенный для повышения надёжности электроснабжения потребителей южной части Тюменской области.

2 Анализ существующих систем собственных нужд

Оборудование ПС 500кВ Беркут относится к потребителям электроэнергии всех категорий именно поэтому для надежного и без перебойного функционирования питание таких устройств необходимо осуществлять с двойным питанием через устройство автоматики включения резерва.

Потребители, которые составляют основу системы собственных нужд:

- освещение распределительных устройств (ЗРУ и ОРУ);
- система вентиляции и отопления (обогрев шкафов релейной защиты и автоматики);
- систем управления и автоматики (питание устройств РЗА и микропроцессорных терминалов);
- источников оперативного тока (аккумуляторные батареи, зарядно-подзарядные устройства);
- маслохозяйство и компрессорное оборудование (насосы системы охлаждения силовых трансформаторов, компрессоров, воздушных и элегазовых выключателей);
- систем связи и телемеханики (питание каналов связи, волоконно-оптических линий);
- аварийное электроснабжение (дизель — генератор, или ИБП источники беспроводного питания) [22].

«Источниками питания потребителей собственных нужд являются:

- трансформаторы собственных нужд,
- резервные ввод от других ТСН или дизель -генераторов,
- аккумуляторные батареи» [2].

Система собственных нужд ПС-500/110/10/0,4кВ «Беркут» состоит из трех щитов собственных нужд.

«Особенности эксплуатации щита собственных нужд ПС 500кВ Беркут:

- диапазон температуры воздуха от +5 °С до +40 °С;

- относительная влажность воздуха не более 80% при температуре 25 °С;
 - уровень над уровнем моря не больше 2 км;
 - окружающая среда, не содержащая пыли, агрессивных газов и паров в больших концентрациях, разрушающих изоляционные материалы, не взрывоопасная;
 - место установки оборудования должно быть защищено от попадания солнечных лучей, капель и брызг воды, горюче смазочных материалов;
 - рабочее положение только вертикально, допускается отклонение 5 °С»
- [7] .

Щиты собственных нужд 0,4кВ на ПС- 500кВ Беркут запитываются от двух воздушных линий 110кВ, через ОРУ-110кВ (схема ОРУ-110кВ мостик с выключателями в цепи трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов) , далее через системы шин 1С-110 и 2С-110 подключены трансформаторы собственных нужд 3Т и 4Т. От силовых трансформаторов питается ЗРУ-10, в котором располагаются две секции 10 кВ от которых запитаны трансформаторы собственных нужд. Щиты собственных нужд расположенных в обще подстанционных пунктах управления ОПУ-1 и ОПУ-2. Собственные нужды устройств 500 кВ и системы АПЖТ запитаны от ЩСН-1 производства ИМВ, собственные нужды устройств 110, 10 кВ запитаны от ЩСН-2 производства ЧЭАЗ, ЩСН-3 предназначен для питания БВС [8].

Щит собственных нужд №1 (1ЩСН) - одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. Секционный выключатель делит 1ЩСН на 2 секции. В нормальном режиме выключатель 12СВ-0,4 кВ отключен. Первая секция 0,4 кВ запитана от трансформатора собственных нужд №1 (1ТСН), вторая от трансформатора собственных нужд №2 (2ТСН) [4].

ЩСН-1 состоит из 2-х основных вводов по 1600 А каждый и резервного ввода на 630 А. Резервный ввод не используется. Два секционных выключателя 12САВ-0,4 и 21САВ-0,4 делят ЩСН-1 на 2 секции. Первая секция 0,4 кВ запитана от трансформатора собственных нужд 1ТСН, вторая - от 2ТСН. К каждой секции сборных шин ЩСН подключаются потребители через

автоматические выключатели или блок автоматического выключателя с контактором тип автоматического выключателя SIEMENS VL на отходящие линии и на вводе SIEMENS WL - 1600N. Вводные и секционные выключатели имеют выкатное типополнение и оснащены электродвигательным приводом, который управляется в ручном режиме или через шину Profibus, с помощью которой сигнализируется коммутационное положение выключателя. Для защиты ЩСН от неправильных коммутаций между вводными и секционными выключателями установка оснащена схемой блокировки, которая допускает только безопасные коммутации. Только после отключения одного из автоматических выключателей происходит сброс блокировки, которая позволяет произвести включение другого выключателя. Данная мера безопасности действует как при коммутации в ручном режиме, так и при управлении через Profibus [4].

Для надежности электроснабжения потребителей ЩСН-1 щит оборудован АВР-0,4 кВ на базе контроллера фирмы Siemens [4].

В таблице 2 показаны исходные данные по присоединениям ЩСН №1 ПС 500кВ Беркут расположенного в помещении ОПУ-1.

Таблица 2 - Исходные данные по присоединениям ЩСН №1 ПС 500кВ Беркут расположенного в помещении ОПУ-1 [4]

Назначение автомата	Место установки	Тип автомата
Электрокотельная ОПУ-1. Котел №1 (1AB-0,4)	1Н	SIEMENS VL250 250A
Питание насоса отопления №1 (7AB-0,4)	1Н	SIEMENS VL160X 32A
Питание насосной пожаротушения (9AB-0,4)	1Н	SIEMENS VL160 160A

Продолжение таблицы 2

Назначение автомата	Место установки	Тип автомата
Питание проходной (11 АВ-0,4)	1Н	SIEMENS VL160 50A
Сварочный пост ОПУ-1 (13 АВ-0,4)	1Н	SIEMENS VL160 63A
Сварочный пост ОПУ-500 (21 АВ-0,4)	1Н	SIEMENS VL160 100A
Насос пожаротушения №1 (рабочий) (23 АВ-0,4)	2Н	SIEMENS VL250 250A
Питание приводов и обогрев В-500 (29 АВ-0,4)	2Н	SIEMENS VL160 100A
Питание приводов и обогрев разъединителей 500 кВ (31 АВ-0,4)	2Н	SIEMENS VL160 50A
Освещение ОПУ-1 (33 АВ-0,4)	2Н	SIEMENS VL160 100A
Охранное освещение (35 АВ-0,4)	2Н	SIEMENS VL160 63A
Выпрямительное устройство 1ВУ (39 АВ-0,4)	3Н	SIEMENS VL160 50A
Выпрямительное устройство 3ВУ (резерв) (41 АВ-0,4)	3Н	SIEMENS VL160 50A
Цепи учета ОАО МТС (ввод №1) (43 АВ-0,4)	3Н	SIEMENS VL160 50A
Шкаф вторичной сборки DC 7 (45 АВ-0,4)	3Н	SIEMENS VL160 50A

Продолжение таблицы 2

Назначение автомата	Место установки	Тип автомата
Освещение ОРУ-500. Маята №3 и №4 (49AB-0,4)	4Н	SIEMENS VL160 100A
Светоограждение радиомачты (51AB-0,4)	4Н	SIEMENS VL160 100A
Обогрев ШНУ ОРУ-500 (53AB-0,4)	4Н	SIEMENS VL160 50A
Шкаф №26 (СОП) (57AB-0,4)	4Н	SIEMENS VL160 32A
КПЗ Р-500 Иртыш (59AB-0,4)	4Н	SIEMENS VL160 63A
Питание здания ПРУ (63AB-0,4)	5Н	SIEMENS VL160 50A
Шкаф управления вентилятором ОПУ-1 (65AB-0,4)	5Н	SIEMENS VL160 50A
Питание калорифера и вентиляции АБ (67AB-0,4)	5Н	SIEMENS VL160 100A
Питание блока аварийного освещения (69AB-0,4)	5Н	SIEMENS VL160 63A
КПЗ кабельного полуэтажа ОПУ-1 (71AB-0,4)	5Н	SIEMENS VL160 32A
Ввод от 1ТЧН (AB-0,4 1ТЧН)	6Н	SIEMENS WLI 1600N 1600A

Продолжение таблицы 2

Назначение автомата	Место установки	Тип автомата
Секционный выключатель 12 САВ-0,4	7Н	SIEMENS WLI 1600N 1600A
Секционный выключатель 21 САВ-0,4	9Н	SIEMENS WLI 1600N 1600A
Ввод от 2ТЧН (АВ-0,4 2ТЧН)	10Н	SIEMENS WLI 1600N 1600A
Обогрев ШНУ ОПУ-500 (резервное) (66АВ-0,4)	11Н	SIEMENS VL160 50A
КПЗ Р-500 Иртыш (60АВ-0,4)	12Н	SIEMENS VL160 63A
Выпрямительное устройство 3ВУ (резерв) (54АВ-0,4)	12Н	SIEMENS VL160 80A
Выпрямительное устройство 2ВУ (50АВ-0,4)	12Н	SIEMENS VL160 80A
Система кондиционирования и вентиляции ОПУ-1 (46АВ-0,4)	13Н	SIEMENS VL160 125A
Питание приводов и обогрев В-500 (резервное) (44АВ-0,4)	13Н	SIEMENS VL160 100A
Освещение ОПУ-500. Мачта №1 и №2 (42АВ-0,4)	13Н	SIEMENS VL160 100A

Продолжение таблицы 2

Назначение автомата	Место установки	Тип автомата
Питание приводов и обогрев разъединителей 500 кВ (резервное) (38AB-0,4)	13Н	SIEMENS VL160 50A
Питание насоса отопления №2 (36AB-0,4)	14Н	SIEMENS VL160X 32A
Шкаф №26 (СОП) (резервное) (34AB-0,4)	14Н	SIEMENS VL160X 32A
Электрокотельная ОПУ-1. Котел №2 (30AB-0,4)	14Н	SIEMENS VL250 250A
Насос пожаротушения №2 (резервный) (24AB-0,4)	14Н	SIEMENS VL250 250A
КПЗ кабельного полуэтажа ОПУ-1 (20AB-0,4)	15Н	SIEMENS VL160X 32A
Цепи учета ОАО МТС (ввод №2) (18AB-0,4)	15Н	SIEMENS VL160 63A
Питание калорифера и вентиляции ОПУ-1 (16AB-0,4)	15Н	SIEMENS VL160 50A
Шкаф вторичной сборки DC 8 (14AB-0,4)	15Н	SIEMENS VL160 63A
Установка дымоудаления ОПУ-1 (12AB-0,4)	15Н	SIEMENS VL160X 32A
Склад аварийного резерва (6AB-0,4)	15Н	SIEMENS VL160 100A

Продолжение таблицы 2

Назначение автомата	Место установки	Тип автомата
Сварочный пост ОРУ-500 (4AB-0,4)	15Н	SIEMENS VL160 100А
Питание блока аварийного освещения (резервное) (2AB-0,4)	15Н	SIEMENS VL160 63А

Схема щита собственных нужд №1 ПС 500кВ Беркут представлена на рисунке 1 [21]:

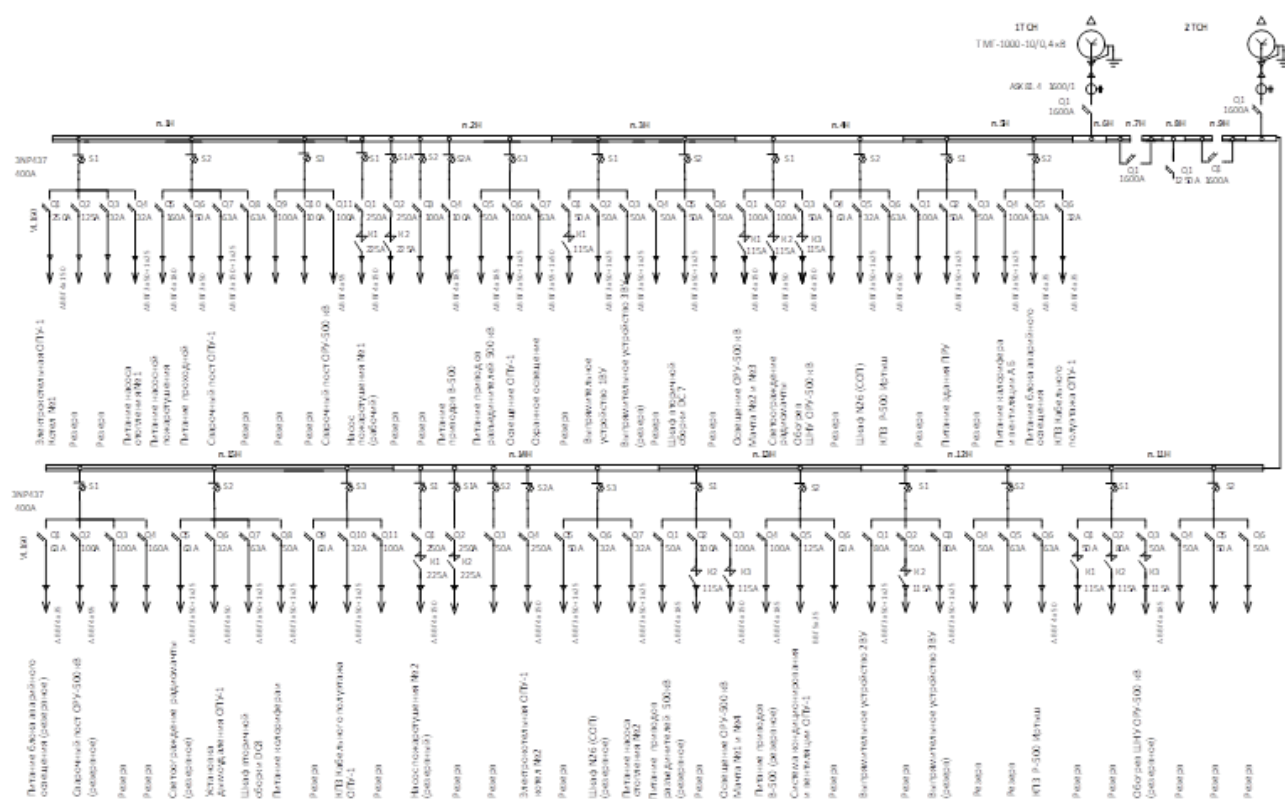


Рисунок 1 - Схема щита собственных нужд №1 ПС 500кВ Беркут

Щит собственных нужд №2 - (2ЩСН) одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. Секционный выключатель делит 2ЩСН на секции. В нормальном режиме выключатель 34СВ-0,4 кВ отключен. Третья секция 0,4 кВ запитана от трансформатора собственных нужд 3ТСН, четвертая от 4ТСН [5].

Вводные и секционные выключатели имеют выкатное типорисование. Ячейки вводных автоматов 0,4 кВ марки ВА06-36 34002000УХЛЗ оснащены защитой от замыкания на землю, которая с первой выдержкой времени отключает АВ-0,4 3ТСН (АВ-0,4 4ТСН), со второй – В-10 кВ 3ТСН(4ТСН) [5].

В таблице 3 представлены исходные данные по присоединениям ЩСН №2 ПС 500кВ Беркут расположенного в помещении ОПУ-2.

Таблица 3- Исходные данные по присоединениям ЩСН №2 ПС 500кВ Беркут расположенного в помещении ОПУ-2 [5]

Назначение автомата (диспетчерское наименование)	Место установки	Тип автомата
АЙСКУЭ (1АВ)	П.1Н	АП-50 10А
Отопление ЗРУ-10 кВ эл. Печь №12А (3АВ)	П.1Н	ВА06-36 340020 00УХЛЗ 20А
Подогрев ШНУ ОРУ-110 кВ (5АВ)	П.1Н	ВА06-36 340020 00УХЛЗ 25А
Обогрев и освещение ячеек 10 кВ (ШОП-1) (9АВ)	П.1Н	ВА06-36 340020 00УХЛЗ 40А
Отопление ЗРУ-10 кВ эл. Печь №12,13 (11АВ)	П.1Н	ВА06-36 340020 00УХЛЗ 20А
Автоматическое регулирование напряжения 3Т (13АВ)	П.1Н	ВА06-36 340020 00УХЛЗ 20А

Продолжение таблицы 3

Назначение автомата (диспетчерское наименование)	Место установки	Тип автомата
Вентиляция ЗРУ-10 кВ 1 сек.(15AB)	П.1Н	BA06-36 340020 00УХЛ3 20А
Питание и подогрев приводов В-110 (резервное) (17AB)	П.1Н	BA06-36 340020 00УХЛ3 25А
Освещение ОПУ-2 и ЗРУ-10 кВ (25AB)	П.2Н	BA06-36 340020 00УХЛ3 25А
Питание и подогрев приводов разъединителей 110кВ (резервное) (31AB)	П.2Н	BA06-36 340020 00УХЛ3 25А
Освещение ОРУ-110 кВ. Мачта №5 (37AB-0,4)	П.2Н	BA06-36 340020 00УХЛ3 25А
Ввод от 3ТЧН (AB-0,4 3ТЧН)	П.3Н	A37 94CУ3 400А
Секционный выключатель между 3С-0,4 и 4С-0,4 34САВ-0,4	П.4Н	BA53-41 334-00УХЛ3 250А
Ввод от 4ТЧН (AB-0,4 4ТЧН)	П.5Н	A37 94CУ3 400А
Отопление ОПУ-2 эл. Печи с №1 по №11. ЗРУ-10 эл. Печь №15А (2AB)	П.6Н	BA06-36 340020 00УХЛ3 50А
Освещение ОПУ-2 и ЗРУ-10 кВ (резервное) (10AB)	П.6Н	BA06-36 340020 00УХЛ3 20А
Питание и подогрев приводов разъединителей 110кВ (рабочее) (12AB)	П.6Н	BA06-36 340020 00УХЛ3 20А

Продолжение таблицы 3

Назначение автомата (диспетчерское наименование)	Место установки	Тип автомата
Обогрев и освещение ячеек 10 кВ (ШОП-2) (14АВ)	П.6Н	ВА06-36 340020 00УХЛ3 40А
Автоматическое регулирование напряжения 4Т (18АВ)	П.6Н	ВА06-36 340020 00УХЛ3 20А
Отопление ЗРУ-10 кВ эл. Печи №14, 15 (22АВ)	П.7Н	ВА06-36 340020 00УХЛ3 20А
Сварочный пост ЗРУ-10 кВ, ОРУ-110кВ (28АВ)	П.7Н	ВА06-36 340020 00УХЛ3 63А
Подогрев ШНУ ОРУ-110 кВ (резервное) (30АВ)	П.7Н	ВА06-36 340020 00УХЛ3 25А
Вентиляция ЗРУ-10 кВ 2 сек.(32АВ)	П.7Н	ВА06-36 340020 00УХЛ3 20А
Питание и подогрев приводов В-110 (рабочее) (34АВ)	П.7Н	ВА06-36 340020 00УХЛ3 25А
Кондиционеры ОПУ-2 (36АВ)	П.7Н	ВА06-36 340020 00УХЛ3 25А

Схема щита собственных нужд №2 ПС 500кВ Беркут показана на рисунке 2 [21]:

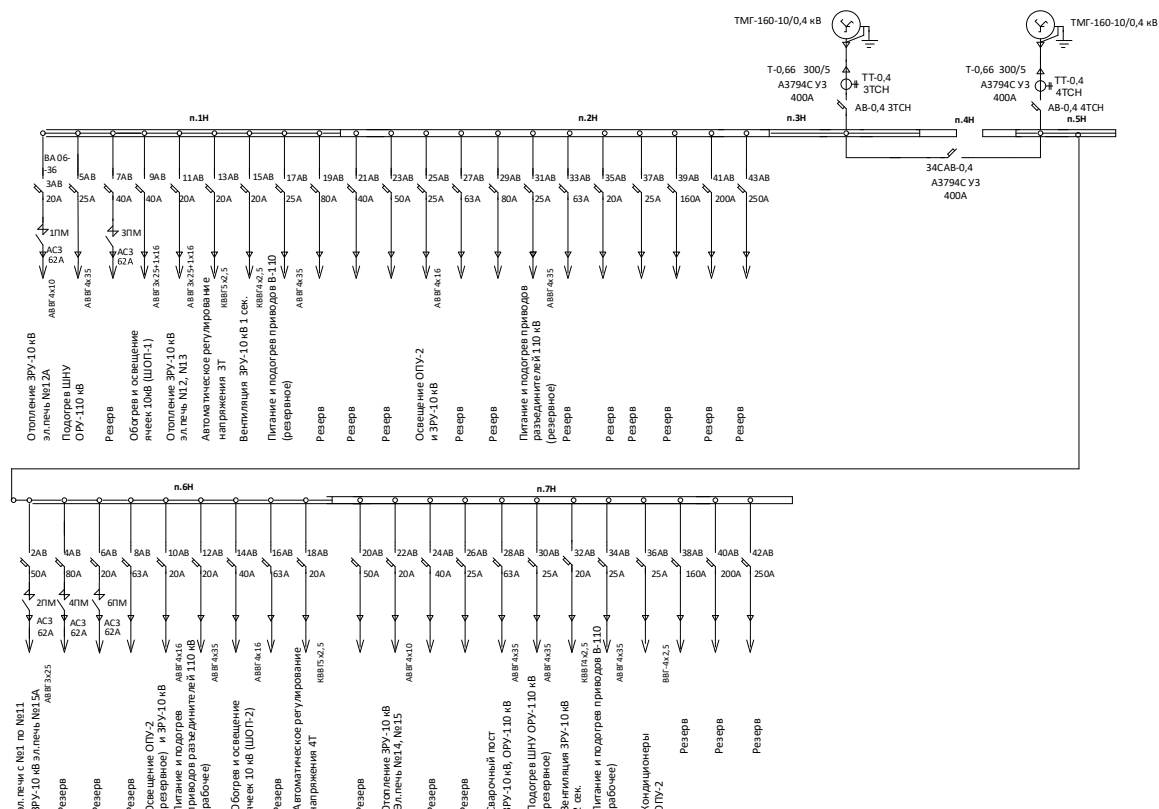


Рисунок 2 - Схема щита собственных нужд №2 ПС 500кВ Беркут

Щит собственных нужд №3 (ЗЩСН) - одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. Секционный выключатель делит ЗЩСН на 2 секции. В нормальном режиме выключатель 56СВ-0,4 кВ отключен. Пятая секция 0,4 кВ запитана от трансформатора собственных нужд 5ТСН, шестая от 6ТСН. Для надежности электроснабжения потребителей ЗЩСН оборудован АВР-0,4 кВ. При исчезновении напряжения на вводе 0,4 кВ 5ТСН (6ТСН) отключается вводной выключатель 5 секции 0,4 кВ (6 секции 0,4 кВ), включается секционный выключатель 56СВ-0,4 кВ по факту отключения вводных выключателей [6].

При восстановлении питания 0,4 кВ от 5ТСН (6ТСН) включается вводной выключатель 5 секции 0,4 кВ (6 секции 0,4 кВ) и отключается секционный выключатель 56СВ-0,4 кВ по факту включения вводного выключателя марки ВА55-43 1600 А. ЗЩСН получает питание от трансформатора собственных

нужд, а также через него можно подключить альтернативные источники питания, например дизель-генераторную установку (ДГУ) [6].

В таблице 4 показаны исходные данные по присоединениям ЩСН №3 ПС 500кВ Беркут расположенного в помещении Щитовая БВС.

Таблица 4- Исходные данные по присоединениям ЩСН №3 ПС 500кВ Беркут расположенного в помещении Щитовая БВС [6]

Назначение автомата (диспетчерское наименование)	Место установки	Тип автомата
Ввод от 5ТСН (АВ-0,4 5ТСН)	П.1Н	ВА55-43 1600А
Электрокапельная БВС котёл отопления №1 (3АВ-0,4)	П.2Н	ВА57-35 200А
Освещение БВС (5АВ-0,4)	П.2Н	ВА57-35 100А
Шкаф управления пожаротушения БВС (рабочее) (7АВ-0,4)	П.2Н	ВА57-35 80А
ЭлектрокапельнаяБВС, котёл горячей воды №3 (15АВ-0,4)	П.3Н	ВА57-35 100А
Силовая сборка DC5 (21АВ-0,4)	П.3Н	ВА57-35 100А
Силовая сборка DC6 (15АВ-0,4)	П.3Н	ВА57-39 320А
Секционный выключатель между 5С-0,4 и 6С-0,4 56САВ- 0,4	П.4Н	ВА55-41 1000А

Продолжение таблицы 4

Назначение автомата (диспетчерское наименование)	Место установки	Тип автомата
Электрокательная БВС котёл отопления №2 (6AB-0,4)	П.5Н	BA57-35 250А
Шкаф управления пожаротушения БВС (резервное) (10AB-0,4)	П.5Н	BA57-35 100А
Приточно-вытяжная вентиляция(П2,В4) БВС (12AB-0,4)	П.5Н	BA57-35 200А
Приточно-вытяжная вентиляция(П3,В3) БВС (14AB-0,4)	П.5Н	BA57-35 80А
Приточно-вытяжная вентиляция(П1,В1,В2) БВС (16AB-0,4)	П.5Н	BA55-41 400А
Эвакуационное освещение БВС (24AB-0,4)	П.6Н	BA57-35 80А
Воздушные тепловые завесы (У1,У2,У3) БВС(26AB-0,4)	П.6Н	BA55-41 400А
Воздушные тепловые завесы (У4,У5) БВС(28AB-0,4)	П.6Н	BA55-41 400А
Ввод от 6ТСН (AB-0,4 6ТСН)	П.7Н	BA55-43 1600А

На рисунке 3 представлена схема щита собственных нужд №3 ПС 500кВ Беркут [21].

состоит из импортных компонентов фирмы SIEMENS, 2ЩСН собран на Российских компонентах таких как фирма КЭАЗ, и 3ЩСН собран также на Российских компонентах фирмы Контактор АО. Все три щита были введены в работу в одно и тоже время.

Итальянское оборудование фирмы SIEMENS имеет ряд преимуществ перед компонентами российских производителей. Импортное оборудование качественное и надежное, удобное в обслуживании и включает в себя новейшие разработки инновационных технологий.

К достоинствам российского оборудования можно отнести доступную стоимость, оборудование разрабатывается с учетом климатических условий, а также легкий доступ к технической поддержке, запчастям и сервисным услугам.

По моему мнению компоненты оборудования фирмы КЭАЗ являются средними по отношению цена – качество. Компоненты фирмы Контактор АО значительно уступают качеству оборудования фирмы КЭАЗ.

В настоящее время в связи с обстановкой в стране монтаж, ремонт, а также техническое обслуживание оборудования итальянского производителя фирмы SIEMENS экономически не выгоден. В связи с этим на сегодняшний день самыми актуальными фирмами, изготавливающими и обслуживающими компоненты оборудования для собственных нужд подстанции являются отечественные производители. По моему мнению исходя из вышеперечисленного такой фирмой является КЭАЗ.

Вывод : при анализе существующих систем собственных нужд на ПС 500 кВ Беркут, выяснено, что схемы соответствуют для надежного и без перебойного питания всех потребителей, но все три щита собраны на разных компонентах, решили в результате реконструкции заменить оборудования щита 1ЩСН на компонентах Российской фирма КЭАЗ, которые по качеству оборудования и техническим параметрам не уступают фирме SIEMENS и тем самым, все щиты будут собраны на Российский компонентах.

3 Выбор щита собственных нужд 1ЩСН

При замене щита собственных нужд 1ЩСН на отечественный щит низковольтный комплектный шкафного исполнения с автоматическими выключателями для распределения электроэнергии переменного тока 0,4 кВ.

Щит должен обеспечивать надежное питание потребителей, защиту потребителей и отходящих линий от токов короткого замыкания и перегрузки, осуществляет селективную защиту при помощи автоматических выключателей, обеспечивает автоматическое переключение питания (АВР) при отсутствии напряжения на одном из вводов. Схема АВР щита собственных нужд выполняется с использованием электромагнитных и электронных реле и микропроцессорной техники.

Автоматика и контроль в ЩСН осуществляются устройства:

- автоматические выключатели цепей управления,
- реле контроля напряжения,
- реле времени,
- промежуточные реле,
- трансформаторы тока [10].

На рисунке 4 предоставлен общий вид ЩСН фирмы КЭАЗ.



Рисунок 4 – Общий вид ЩСН фирмы КЭАЗ

ЩСН собран из металлических электрических шкафов одностороннего или двустороннего обслуживания. Сборные шины щита изготовлены из меди или алюминия. С фасада щит собственных нужд закрыт дверями с установленными на них электроизмерительными приборами, аппаратурой управления и светосигнальными арматурами, механическими замками, препятствующими беспрепятственный доступ посторонних, сзади установлена двустворчатая дверь для обслуживания ЩСН, либо глухая стенка, завинченная винтами. В щите собственных нужд устанавливаются автоматические выключатели с выкатными элементами, либо обычные автоматические выключатели, а для создания видимого разрыва цепей устанавливаются рубильники [10].

Технические данные ЩСН представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические данные ЩСН

Параметр электрической величины	Электрическая величина
Номинальное напряжение сборных шин	0,4 кВ
Номинальный ток сборных шин и вводных аппаратов	До 2500 А
Род тока главной цепи	Переменный
Частота	50 Гц
Мощность трансформатора собственных нужд	До 1600 кВА
Степень защиты	IP31
Ток электродинамической стойкости	40 кА
Ток термической стойкости	20 кА
Вид обслуживания	одностороннее, двустороннее
Способ подключения проводников	кабелем, шинами

Ввод в щит собственных нужд осуществляется от силового трансформатора через провод или шинопроводом в зависимости от конструктивной особенности ЩСН.

1ЩСН располагается в сухом отапливаемом помещении, без присутствия опасных газов и пыли, при данных факторах степень его защиты достаточна IP 31.

При замене щита собственных нужд 1ЩСН на отечественный щит низковольтный комплектный шкафного исполнения с автоматическими выключателями для распределения электроэнергии переменного тока 0,4 кВ необходимо сделать расчет электрических нагрузок и выбор коммутационных аппаратов и аппаратов защиты.

Питание щита собственных нужд производится от трансформатора собственных нужд марки ТМГ-1000/10УЗ [4].

Вывод: предложена замена щита собственных нужд 1ЩСН с импортным оборудованием на щит фирмы КЭАЗ с автоматическими выключателями с выкатанными элементами и использованием электромагнитных и электронных реле и микропроцессорной техники.

4 Расчет электрических нагрузок собственных нужд 1ЩСН

ЩСН-1 состоит из 2-х основных вводов и резервного ввода. Резервный ввод не используется. Два секционных выключателя 12САВ-0,4 и 21САВ-0,4 делят ЩСН-1 на 2 секции. Для выбора коммутационных и защитных аппаратов для питания потребителей ПС 500 кВ, необходимо определить расчетную суммарную мощность с учетом значения коэффициента спроса K_c . Коэффициента спроса позволяет учесть одновременность работы электроприемников и составляет $K_c = 0,8$. Для определения суммарной мощности составляем таблицу электрических нагрузок, присоединенных к 1ЩСН ПС 500 кВ Беркут [4].

В таблице 7 представлена нагрузка собственных нужд в ОПУ1.

Таблица 7 – Нагрузка собственных нужд в ОПУ1

Потребители 1ЩСН	Номинальная мощность, кВт	Количество , шт.	Суммарная мощность, кВт
Электрокотельная ОПУ-1(Н1,Н14)	75/250	2	150
Питания насоса отопления №1, №2(Н1,Н14)	9,5/32	2	19
Питание насосной пожаротушения	46/160	4	184
Сварочный пост ОПУ-1	15,2/63	2	30,4
Сварочный пост ОРУ-500	25,5/100	2	51

Продолжение таблицы 7

Потребители 1ЩСН	Номинальная мощность, кВт	Количество , шт.	Суммарная мощность, кВт
Питание приводов и обогрев В-500	26/100	2	52
Освещение ОПУ-1и ОРУ-500	24,5/100	4	98
Выпрямительное устройство ВУ	11/50	4	44
Питания калорифера и вентиляции ОПУ-1	27,5/100	2	55
Установка дымоудаления ОПУ-1	26,8/100	2	53,4
Светоограждение радиомачты	28,5/100	2	57
Шкаф управления вентилятором ОПУ1	13/50	2	26
Итого :	-	-	871

Расчетная мощность токоприемников присоединенных к 1ЩСН составляет 871 кВт.

Вывод: для выбора шкафа ЩСН фирмы КЭАЗ, пересчитали электрические нагрузки на этот щит и активная мощность составила 871 кВт.

5 Выбор трансформатора собственных нужд для 1ЩСН

Трансформатор собственных нужд обеспечивает питание оборудования, которое необходимо для функционирования подстанций, распределительных устройств. Особенностью трансформатора собственных нужд является то, что его не используют для передачи электрической энергии, а только для обеспечения работы вспомогательных систем- освещения, вентиляции, сигнализации, управления, защиты и автоматики. Его устанавливают на распределительных подстанциях, электростанциях, где требуется бесперебойное и качественное электроснабжение.

Для выбора трансформатора собственных нужд необходимо подсчитать полную мощность. «Полная мощность определяется как отношение активной потребляемой мощности на коэффициент мощности, и может быть записана в виде формулы:

$$S_{расч.} = \frac{P}{\cos}, \quad (1)$$

где P – активная потребляемая мощность, кВт;

$\cos$ – коэффициент мощности, 0,89» [19].

$$S = \frac{871}{0,89} \times 2 = 489 \text{ кВА}$$

Выбираем трансформатор собственных нужд по условию:

$$S_{ном. тр.} \geq S_{расч}, \quad (2)$$

$$S_{ном. тр.} = 1000 \text{ кВА} \geq S_{расч} = 2 \times 489 \text{ кВА}$$

Принимаем трансформатор марки ТМГ-1000/10 кВ, при выборе трансформатора собственных нужд учитываем 26 резервных линий на оба трансформатора.

В таблице 8 приведены технические данные трансформатора марки ТМГ-1000/10УЗ.

Таблица 8 - Технические данные трансформатора марки ТМГ-1000/10УЗ

Наименование оборудования	$S_{\text{ном}}$, кВА	$U_{\text{вн}}$, кВ	$U_{\text{нн}}$, кВ	P_x , кВт	U_k , %	P_k , кВт
ТМГ-1000/10УЗ	1000	10	0,4	2,2	5,5	10,8

ТМГ-1000/10УЗ – понижающий трехфазный трансформатор. Предназначен для применения в регионах с холодным климатом. Допускается установка в помещениях без взрывоопасной среды и токопроводящей пыли, например, металлической стружки. Возможно применение на высоте не более 999 метров над уровнем моря. Подходит для длительной работы. Исполнение УХЛ позволяет использовать его при температуре от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Трансформатор не предназначен для работы в условиях:

- постоянной тряски,
- вибрации,
- механических ударов,
- химической среды.

Поэтому для применения на металлообрабатывающих, химических, пищевых, машиностроительных производствах требуется изолировать место установки от возможного проникновения вибраций и химических испарений.

Вывод: произведен расчет и выбор трансформатора собственных нужд для питания потребителей 1СЦН и было принято решение замену не производить и оставить тот же трансформатор марки ТМГ-1000/10УЗ, так как условие выбора $S_{\text{ном.тр.}} \geq S_{\text{расч}}$ соблюдается.

6 Расчет и выбор электрического оборудования и проводников 1ЩСН

Щит собственных нужд состоит из вводных автоматических выключателей на каждой секции, секционных и фидерных автоматических выключателей каждой секции, а также автоматический ввод резерва между секциями шин 0,4 кВ (АВР).

Производим расчет автоматического выключателя на вводе от 1ТСН.

Автоматические выключатели используются как коммутационные аппарат для нечастых включений и отключений, а также для защиты электроустановок от коротких замыканий и перегрузок.

В щите собственных нужд 1ЩСН производим замену зарубежных автоматических выключателей на отечественные марки ВА.

Автоматический выключатель марки ВА модульной конструкции, с фиксированными уставками защиты от перегрузки и от токов короткого замыкания. Габаритные размеры подведены под российские стандарты. Автоматические выключатели выполнены из высококачественных материалов. Защита адаптирована под клиентов путем регулировки теплового и электромагнитного расцепителей, что увеличило срок службы выключателей до 15 лет и обеспечило безопасность эксплуатации. Ввод питания к автоматическому выключателю возможен как сверху, так и снизу и при этом характеристики аппараты не ухудшаются. Выключатель можно размещать в шкафу как вертикально, так и горизонтально и при монтаже расстояние между выключателями может быть сведено до нуля, при этом надежность не меняется. Автоматические выключатели имеют независимый расцепитель, нулевой расцепитель напряжения, вспомогательные контакты сигнализации автоматического отключения. Имеют ручной привод, ручной дистанционный привод для оперирования через дверь распределительного устройства и электромагнитный привод. Выключатель состоит из коммутирующего устройства, механизма управления, дугогасительной камеры, зажимов для

присоединения внешних проводников главных контактов выключателя, независимого расцепителя и нулевого расцепителя напряжения.

«Автоматические выключатели выбираем по следующим условиям:

- по номинальному напряжению автоматического выключателя;

$$U_{н.а} \geq U_{уст} , \quad (3)$$

где $U_{н.а}$ – номинальное напряжение автоматического выключателя, кВ;

$U_{уст}$ – номинальное напряжение установки, кВ.

- по номинальному току автоматического выключателя;

$$I_{п.} \geq I_{расч.} , \quad (4)$$

где $I_{п.}$ – номинальный ток автоматического выключателя, А;

$I_{расч.}$ – номинальный ток на вводе, А.

- проверка по току теплового расцепителя автоматического выключателя;

$$I_{су.} \geq \kappa_{н.т.} I_{р.в.} , \quad (5)$$

где $I_{су.}$ – номинальный ток теплового расцепителя, А;

$\kappa_{н.т.}$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току срабатывания теплового расцепителя, принимаем 1,5.

- проверка по току отсечки электромагнитного расцепителя автоматического выключателя;

$$I_{су.} \geq \kappa_{н.э.} I_{расч...} , \quad (6)$$

где $I_{су.}$ – ток отсечки электромагнитного расцепителя, А

$\kappa_{н.э}$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току электромагнитного расцепителя и пускового тока, принимаем 1,5» [19].

Определяем расчетный ток на вводе:

$$I_{в.} = \frac{P_{л-1}}{\sqrt{3} \times U_H \times \cos \phi}, \quad (7)$$

$$I_{в.} = \frac{489}{1,73 \times 0,4 \times 0,88} = 803 \text{ А}.$$

Выбираем автоматические выключатели на вводе.

Номинальному току автоматического выключателя:

$$I_{п.} = 1600 \text{ А} \geq I_{в.} = 803 \text{ А}.$$

По току теплового расцепителя автоматического выключателя:

$$I_{cu.} = 135000 \text{ А} \geq 803 \text{ А}.$$

По току отсечки автоматического выключателя

Уставки номинального тока полупроводникового расцепителя в кратности к номинальному току выключателя:

$$I_{cu} = 1,5 I_{cu..} = 1,5 \times 135000 = 202500 \text{ А}.$$

Принимаем автоматический выключатель марки ВА55-43 $I_p = 1600 \text{ А}$, $I_{cu} = 135 \text{ кА}$ на вводе от 1ТСН и ввод от 2ТСН. Этой же марки и техническими данными принимаем секционный выключатель 12 САВ-0,4 кВ и 21 САВ-0,4.

Также выбираем автоматические выключатели присоединениям щита собственных нужд №1 ПС 500 кВ Беркут расположенных в помещении ОПУ-1.

Данные расчетов сводим в таблицу 9.

Таблица 9 – Расчетные параметры аппаратов включения и защиты

Потребители 1ЩСН	Р,кВ Т	I _{расч.} А	Тип авто- мата	I _п ,А	Откл. способность расцепителей	
					I _{сн.} , кА тепловой	I _{сн.} ,к А Электро- магнитный
Электрокотельная ОПУ-1(Н1,Н14)	75	213	ВА57- 35	250	2500	1,5×2500
+Питания насоса отопления №1, №2(Н1,Н14)	9,5	26,9	ВА06- 36	50	500	1,5×500
Питание насосной пожаротушения	46	130,7	ВА57- 35	160	1600	1,5×1600
Сварочный пост ОПУ-1	15,2	43	ВА57- 35	63	630	1,5×630
Сварочный пост ОРУ- 500	25,5	71,6	ВА57- 35	100	1250	1,5×1250
Питание приводов и обогрев В-500	26	73	ВА57- 35	100	1250	1,5×1250
Питание приводов и обогрев и разъединителей 500 кВ	25,6	72,7	ВА57- 35	100	1250	1,5×1250
Освещение ОПУ-1и ОРУ-500	24,5	69,6	ВА57- 35	100	1250	1,5×1250
Выпрямительное устройство ВУ	11	32,3	ВА06- 36	50	500	1,5×500

Продолжение таблицы 9

Потребители 1ЩСН	Р,кВ т	I _{расч.} А	Тип авто- мата	I _п ,А	Откл. способность расцепителей	
					I _{сн.} , кА тепловой	I _{сн.} ,к А Электро- магнитный
Установка дымоудаления ОПУ-1	26,8	76,2	ВА57- 35	100	1250	1,5×1250
Питания калорифера и вентиляции ОПУ-1	27,5	78,2	ВА57- 35	100	1250	1,5×1250
Светоограждение радиомачты	28,5	81	ВА57- 35	100	1250	1,5×1250
Шкаф управления вентилятором ОПУ1	13	37	ВА06- 36	50	500	1,5×500

Анализируя, замену зарубежных автоматических выключателей 1ЩСН на отечественные можно сделать вывод: что у них одинаковый монтаж на DIN-рейке, они имеют модульную конструкцию и оснащены индикаторами состояния контактов и при замене многие части конструкции взаимозаменяемы.

Выбор марки и сечения кабеля подходящих от распределительных шинопроводов к автоматическим выключателям.

Определяем ток расчетный ток на вводе в ЩСН:

$$I_{в.} = \frac{489}{1,73 \times 0,4 \times 0,88} = 803A$$

Принимаем сечение кабеля 6АВВГ4×185 с допустимым током I_{доп.} = 1600 А.

Кабель 6АВВГ 4×185 имеет следующие величины сопротивлений:

- индуктивное сопротивление - 0,078Ом/км;
- активное сопротивление - 0,211 Ом/км [17].

Выбранный провод проверяем по допустимой потери напряжения по условию:

$$\% \Delta U_{\text{доп}} \geq \% \Delta U_{\text{расч}} \quad (8)$$

где $\% \Delta U_{\text{доп}}$ – допустимые потери напряжения, % .

Определяем потери напряжения:

$$U(\%) = \frac{\sqrt{3} \times I_{\text{расч}} \times (R_0 \times \cos\varphi \times L + X_0 \times \sin\varphi \times L) \times 100}{U_N} \quad (9)$$

где $I_{\text{расч}}$ - расчётный ток, А;

R_0 — удельное активное сопротивление кабеля, Ом/км;

X_0 — удельное индуктивное сопротивление кабеля, Ом/км;

L - длина линии, км;

U - номинальное напряжение, кВ.

$$U(\%) = \frac{\sqrt{3} \times 803 \times (0,211 \times 0,88 \times 0,063 + 0,47 \times 0,079 \times 0,063) \times 100}{400} =$$

$$= 4,86\%,$$

$$5\% \geq 4,86\%$$

Для остальных потребителей выбираем кабель аналогично и данные сводим в таблицу 10.

Таблица 10 - Параметры кабелей для питания потребителей

Потребители 1ЩСН	I _{расч} , А	Марка кабеля	Длина линии, км	$\Delta U_{расч}$ %	Сопротивления провода, Ом/км	
					Активное	Индуктивное
Электростанция ОПУ-1(Н1,Н14)	213	АВВГ 4×150	0,05	0,98	0,21	0,059
Питания насоса отопления №1, №2(Н1,Н14)	26,9	АВВГ 3×50+1 ×25	0,119	4	0,64	0,0625
Питание насосной пожаротушения	130,7	АВВГ 4×185	0,15	1,88	0,211	0,078
Сварочный пост ОПУ-1	43	АВВГ 3×150+ 1×25	0,1	1,1	0,64	0,0625
Сварочный пост ОРУ-500	71,6	АВВГ 4×95	0,34	3,46	0,34	0,06
Питание приводов и обогрев В-500	73	АВВГ 4×185	0,33	2,32	0,211	0,078
Питание приводов и обогрев и разъединителей 500 кВ	72,7	АВВГ 4×185	0,33	2,3	0,211	0,078

Продолжение таблицы 10

Потребители 1ЩСН	$I_{расч}, A$	Марка кабеля	Длина линии, км	$\Delta U_{расч} \%$	Сопротивления провода, Ом/км	
					Активное	Индуктивное
Освещение ОПУ-1и ОРУ-500	69,6	АВВГ4×150	0,1	0,64	0,21	0,059
Выпрямительное устройство ВУ	32,3	АВВГ3×50+1×25	0,1	0,82	0,64	0,0625
Питания калорифера и вентиляции ОПУ-1	78,2	АВВГ3×50+1×25	0,1	2,03	0,65	0,0625
Установка дымоудаления ОПУ-1	76,2	АВВГ3×50+1×25	0,04	,8	0,65	0,0625
Светоограждение радиомачты	81	АВВГ4×50	0,12	2,54	0,641	0,085
Шкаф управления вентилятором ОПУ1	37	АВВГ3×125+1×50	0,1	0,95	0,64	0,0625

Вывод: при расчете и выборе электрического оборудования и проводников для питания 1ЩСН, приняли для коммутации и защиты автоматический выключатель марки ВА55-43 $I_n = 1600 A$, $I_{сш} = 135 kA$, которые можно установить DIN- рейке уже установленной ранее, что позволит сэкономить на этом. Для монтажа и присоединения аппаратуры применили кабель марки АВВГ.

7 Резервирование собственных нужд на ПС 500 Беркут

На ПС 500 кВ Беркут размещены 3 щита собственных нужд расположенных в ОПУ-1 И в ОПУ-2. Для надежного и бесперебойного электроснабжения оборудования ПС500 кВ щиты собственных нужд оборудованы АВР-0,4 Кв .

Система АВР обеспечивает непрерывно электрической энергией потребители подстанции при любых критических аварийных нарушениях, переключая нагрузки на резервные вводы [22]. Процесс восстановления электроснабжение потребителей должен происходить с максимальной скоростью, поэтому в 1ЩСН оставляем АВР-0,4 кВ на базе контроллера фирмы Siemens.

Стоимость контроллера небольшая и в случае входа из строя можно приобрести. Отечественная компания «ДизельэнергоРесурс» изготавливает щиты с ручным и автоматическим переключением с широким диапазоном по току и собраны на контроллерах фирмы Siemens.

Контроллеры надежны, высокотехнологичны, обеспечивают управление и мониторинг процессов. Они обеспечивают высокую скорость обработки данных. В автоматическом режиме контроллер обнаруживает обрыв фазы, потерю напряжения, перегрузку источников питания.

Функция АВР-0,4 кВ для щитов собственных нужд — это переключение от основного на резервный источник питания, это может произойти, если:

- произойдет обрыв фазы или несколько фаз на вводе;
- изменение напряжения на вводе;
- обрыв нулевого провода;
- нарушение последовательности чередования фаз [1].

Принцип работы АВР-0,4 кВ в щите собственных нужд позволяет автоматически или в ручном режимах переключать нагрузку с одного ввода на другой при нарушении электроснабжения основного источника при помощи коммутационных аппаратов и программированного контролера [11].

На рисунке 5 изображен шкаф АВР-0,4 кВ.



Рисунок 5 - Шкаф АВР-0,4 кВ

«Требование к АВР-0,4 кВ:

- быстродействие,
- однократность действия,
- включение АВР-0,4 кВ после отключения нагрузки при коротком замыкании,
- АВР должна быть связана с МТЗ и защитой от минимального напряжения, так как АВР должна сработать при исчезновении напряжения рабочего источника» [1].

Потребителями собственных нужд на ПС 500 кВ являются потребители первой и второй категории:

- потребители первой категории, это электроприемники, перерыв в электроснабжении, которые связан со значительным ущербом, с изменением технологических процессов;

- потребители второй категории, это электроприемники, перерыв электроснабжения, которых приводит к массовым простоям рабочих механизмов, нарушению нормальной работе [16,17,18].

Для обеспечения надежной работы сети электропитания собственных нужд щита применяют АВР. «Существует 2 схемы подключения АВР:

- явное резервирование,
- неявное резервирование» [1].

При явном резервировании подключают к рабочей секции трансформатор собственных нужд.

Питание щита собственных нужд предполагает наличие двух вводов питания на одну секцию. Основной ввод всегда включен, резервный включается, если пропадает питания на основном вводе. На рисунке 6 представлена схема явного резервирования трансформатора собственных нужд.

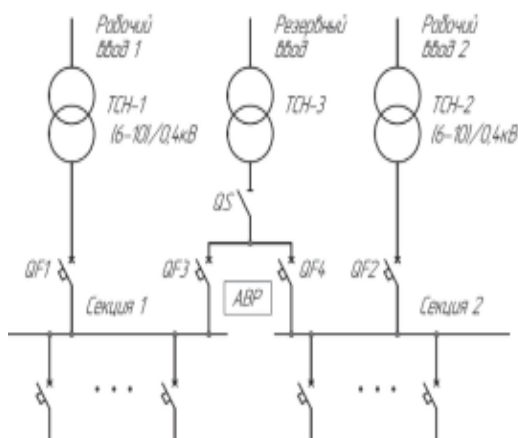


Рисунок 6 - Схема явного резервирования трансформатора собственных нужд

Подключение АВР при неявном резервировании трансформатор собственных нужд подключается через секционный выключатель от смежной секции. Питание щита собственных нужд идет по одному рабочему вводу на секцию шин, секционный выключатель в нормальном режиме находится в выключенном состоянии. При аварийной работе одна шина резервирует другую

и наоборот. [18] Схема неявного резервирования трансформатора собственных нужд показана на рисунке 7.

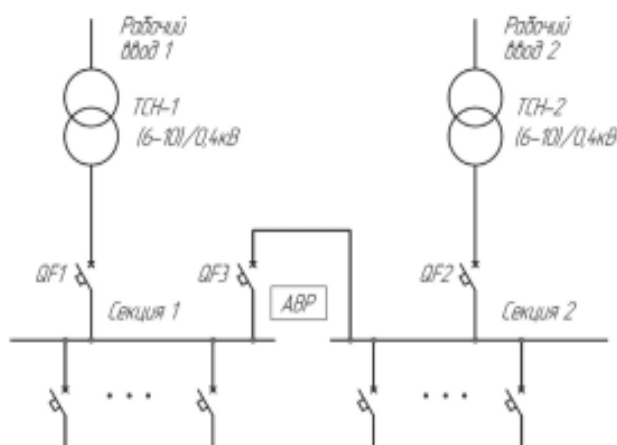


Рисунок 7 - Схема неявного резервирования трансформатора собственных нужд

На ПС 500 кВ Беркут для питания электроприемников принята схема неявного резервирования трансформатора собственных нужд, выполненная на логическом контроллере. «Для слаженной работы АВР -0,4 кВ необходимо соблюдать условия:

- контроль напряжения на смежной секции;
- однократность действия АВР;
- работа АВР при ошибочном действии персонала или непреднамеренном отключении выключателя;
- работа АВР с выдержкой времени;
- подключение резервного источника только по факту отключения поврежденного» [1].

Работа АВР - 0,4 кВ при восстановлении питания при аварийном режиме в щите собственных нужд 1ЩСН на логическом контроллере.

При восстановлении питания 0,4 кВ от 1ТЧН (2ТЧН) через 9 сек. включается вводной выключатель 1 секции 0,4 кВ (2 секции 0,4 кВ), и

отключается секционный выключатель 12СВ-0,4 кВ по факту включения вводного выключателя.

Принцип работы АВР-0,4 кВ при помощи логического контроллера. Ключ 1КУ АВР — 0,4 кВ находится в шкафу 7Н секционного выключателя 12САВ-0,4 и нормально переведен в положение «АВР-0,4 кВ введен». При введенном АВР горит лампа Н1 «АВР актив.».

При отключении вводных выключателей при коротком замыкании работа АВР блокируется, при положении «АВР выведено» работа АВР-0,4 кВ блокируется.

При исчезновении напряжения на вводе 0,4 кВ 1ТСН (или 2ТСН) на время большим или равным 5 сек. отключается вводной выключатель АВ-0,4 1ТСН (или АВ-0,4 2ТСН), включается секционный выключатель 21САВ-0,4 по факту отключения вводных выключателей АВ-0,4 1ТСН (или АВ-0,4 2ТСН). Для резервирования электроснабжения потребителей 1ЩСН при исчезновении напряжения на вводах 0,4 кВ 1ТСН и 2ТСН и полной потере собственных нужд ОПУ-1 на ПС 500 кВ Беркут установлена автономная дизель-генераторная установка (ДГУ).

При отключении вводных выключателей от к.з. работа АВР блокируется, при положении АВР в положение «АВР выведено» работа АВР также блокируется.

При восстановлении питания 0,4 кВ от 1ТСН (2ТСН) через 9 сек. включается вводной выключатель 1 секции 0,4 кВ (2 секции 0,4 кВ), и отключается секционный выключатель 12СВ-0,4 кВ по факту включения вводного выключателя.

Для резервирования электроснабжения потребителей 1ЩСН при исчезновении напряжения на вводах 0,4 кВ 1ТСН и 2ТСН и полной потере собственных нужд ОПУ-1 на ПС 500 кВ Беркут установлена автономная дизель-генераторная установка (ДГУ).

ДГУ подключена к шинам между 12САВ-0,4 кВ и 21САВ-0,4 кВ через выключатель АВ-0,4 ДГУ. От ДГУ может быть запитан 1ЩСН целиком, так и

по раздельности 1С-0,4кВ либо 2С-0,4кВ. В нормальном режиме ввод выключатель АВ-0,4 ДГУ отключен. ЩСН-1 состоит из 2-х основных вводов по 1600 А каждый и резервного ввода на 630 А. Резервный ввод не используется. Два секционных выключателя 12САВ-0,4 и 21САВ-0,4 делят ЩСН-1 на 2 секции. Первая секция 0,4 кВ запитана от трансформатора собственных нужд 1ТСН, вторая - от 2ТСН.

К каждой из секции ЩСН подключаются потребители через автоматы или блок автоматического выключателя с контактором.

Вывод: для надежного и бесперебойного электроснабжения оборудования ПС500 кВ щиты собственных нужд оборудованы АВР-0,4 кВ, при реконструкции провели замену шкафа АВР-0,4 кВ собранного на контроллерах фирмы Siemens. на отечественный шкаф компания «ДизельэнергоРесурс», который имеет с ручное и автоматическое переключением с широким диапазоном по току.

8 Автономные источники резервного питания собственных нужд

Применение источников бесперебойного питания (ИБП) позволяет повысить электроснабжения собственных нужд 0,4 кВ ПС 500 кВ при полной потери напряжения.

Анализируя, возможности применения источников бесперебойного питания для собственных нужд, было выяснено, что их выбор зависит от требований и условий электроснабжения. Например, ДГУ установка универсальная, подходит для больших нагрузок и аварийных режимов, но зато аккумуляторные батареи могут работать в автономном режиме от 2 до 4 часов. Поэтому для резервного питания целесообразно применять и те и другие источники бесперебойного питания.

Аккумуляторные батареи предназначены для питания собственных нужд, предлагается применить в свинцово-кислотные, которые эксплуатируются в режиме постоянной подзарядки [16].

Принцип действия свинцово-кислотных аккумуляторов основан на поляризации свинцовых электродов. По действию зарядного тока раствор серной кислоты распадается на кислород и водород, продукт разложения вступают в химическую реакцию со свинцовыми электродами и образуется положительный катион двуокись свинца и отрицательный катион — губчатый свинец [16].

Свинцово-кислотные батареи в отличие от литиевых устойчивы к перепадам напряжений и перегрузкам, что делает их надежными в критических ситуациях, они менее пожароопасные, могут работать в большом диапазоне температур, что не мало важно для нашей климатической зоны.

Литий-ионные аккумуляторы тоже имеют достоинства и недостатки, например, компактность и небольшой вес при одной и той же емкости, низкий уровень самозаряда длительный срок службы. К применению свинцово-кислотных аккумуляторов сводится возможность их устойчивость к перепадам температуры и то, что они имеют большую стоимость.

Для питания собственных нужд на ПС 500 кВ Беркут используются аккумуляторные батареи в режиме постоянного подзаряда. Подзарядный агрегат, оснащён устройством стабилизации напряжения, который постоянно подзаряжает аккумуляторную батарею, компенсируя её заряд. При нормальной работе подстанции сеть постоянного тока питается через преобразователь, Аккумуляторная батарея заряжена и потребляет небольшой ток заряда для компенсации самозаряда. При исчезновении напряжения переменного тока в системе собственных нужд, преобразователь отключается и нагрузку принимает на себя аккумуляторная батарея [9].

Аккумуляторные батареи, зарядные и подзарядные устройства, электроприёмники постоянного тока связаны между собой кабельными линиями или шинопроводами.

Работа аккумуляторной батареи на ПС 500 кВ Беркут. Подзарядный агрегат типа D400 G200/100 WBrue-I 100A служит для заряда аккумуляторной батареи (2,25 В на элемент) и оснащено модулем автоматического заряда S-LA, который позволяет в течение 12 часов заряжать батарею повышенным напряжением (усиленный заряд 2,35 В на элемент), если она разряжена и модулем ручной регулировки зарядного тока и напряжения R-I.

Встроенная автоматика зарядно-подзарядного устройства S-LA определяет расход ёмкости аккумуляторной батареи и обеспечивает восстановление заряда до полной ёмкости в кратчайшее время после подачи питания от сети переменного тока.

В блоке S-LA имеется переключатель режимов работы автоматики. Он имеет следующие функции:

- положение «АВТОМ» - режим работы автоматический;
- положение «РУЧН» - ручное включение усиленного заряда;
- положение «ВЫКЛ» - ручное отключение усиленного заряда.

В нормальном режиме работы тумблер должен находиться в положении «АВТОМ».

При срабатывании устройства измерения напряжения вследствие пониженного напряжения батареи (217 В) начинает мигать светодиод «НЕПР. ЗАРЯД». Если эта ситуация длится более 10 сек., то автоматика зарядного устройства автоматически переключится на усиленный заряд. При этом светодиод зеленого цвета «НЕПР. ЗАРЯД» гаснет, а желтый светодиод «УСИЛ. ЗАРЯД» указывает на режим усиленного заряда. В течение всего времени, пока напряжение батареи находится ниже заданного значения измерительного устройства напряжения, горит светодиод желтого цвета. При превышении этого значения желтый светодиод начинает мигать, показывая работу встроенного таймера. После истечения времени усиленного заряда (12 часов) происходит автоматическое переключение на постоянный заряд. Желтый светодиод гаснет и загорается зеленый.

Режим усиленной зарядки может включаться и вручную. Для этого необходимо перевести тумблер режимов работы в положение «РУЧН». При этом гаснет зеленый светодиод «НЕПР. ЗАРЯД» и начинает мигать желтый светодиод «УСИЛ. ЗАРЯД». По истечении 12 часов происходит автоматическое переключение на режим постоянного заряда.

Для более раннего переключения в режим постоянного заряда необходимо перевести тумблер в положение «ВЫКЛ», а затем в положение «АВТОМ».

Для ручной регулировки зарядного тока и/или напряжения необходимо в блоке S-LA перевести тумблер режимов работы в положение «РУЧН», в блоке R-I повернуть ручки регулирования напряжения и тока «U-АВТОМ» и «I-АВТОМ», находящиеся в нулевом (фиксированном положении), по часовой стрелке. После окончания заряда необходимо перевести регулятор в фиксированное положение (режим автоматического регулирования).

Задача стабилизатора напряжения - предотвращение падения напряжения на шинах потребителя ниже заданного значения. Если напряжение батареи падает ниже заданной номинальной величины (225 В), то стабилизатор

напряжения практически без задержки по времени добавляет недостающую разность напряжений.

Выходное напряжение 225 В остается неизменным при напряжении на входе от 175 до 235 В.

В стабилизатор встроен модуль контроля, который проводит циклические проверки стабилизатора напряжения и выдает сигналы в случае его отключения или неисправности.

Крайне важно, чтобы цепь аккумуляторной батареи постоянно контролировалась, и система контроля своевременно сигнализировала о повреждениях. Эту задачу выполняет электронное контрольное устройство С-В. При повреждении в цепи батареи начинает мигать красный светодиод, затем гаснет зеленый, а красный переходит в режим непрерывного свечения. Одновременно с этим выдается сигнал повреждения. Сброс сигнала повреждения батареи осуществляется с помощью ключа, расположенного на лицевой панели.

С помощью диодного моста происходит соединение двух систем постоянного тока без выдержки времени, если в одной из систем напряжение упало ниже уровня открытия р-п перехода диодов диодного моста. Для разделения секций постоянного тока используется секционный выключатель. В случае отключения секционного выключателя выдается аварийный сигнал.

На дверце шкафа диодного моста находится амперметр с нулевой отметкой на середине шкалы. Амперметр показывает величину и направление тока от одной шины постоянного тока к другой. В нормальном рабочем режиме он не показывает величину и направление тока.

Для резервного источника питания потребителей собственных нужд подстанции ПС 500 кВ Беркут применили аккумуляторные батареи и дизель-генераторные установки. В 1ЩСН установлена автономная дизель-генераторная установка (ДГУ). Дизель-генераторная установка подключена к шинам между 12СAB-0,4 кВ и 21СAB-0,4 кВ через выключатель АВ-0,4 ДГУ. В нормальном режиме выключатель АВ-0,4 ДГУ отключен. ЩСН-1 состоит из 2-

х основных вводов по 1600 А каждый и резервного ввода на 630 А. Резервный ввод не используется. Два секционных выключателя 12САВ-0,4 и 21САВ-0,4 делят ЩСН-1 на 2 секции. Первая секция 0,4 кВ запитана от трансформатора собственных нужд 1ТСН, вторая - от 2ТСН.

«ДГУ является альтернативным источником питания, применяемая в качестве резервного питания для потребителей собственных нужд» [22].

Электрическая энергия с заданным напряжением появляется за счет сжигания дизельного топлива.

ДГУ имеет недостатки и положительные качества.

К недостаткам относятся:

- высокая стоимость топлива,
- вибрация и шум, что требует устройства для шумоизоляции и виброгашения,
- необходимость обслуживания при эксплуатации - замена масла, фильтров, контроль охлаждения,
- экологические требования, так как при эксплуатации идут выбросы углекислого газа, сажи,
- высокая цена,
- кристаллизация и вязкость топлива при низких температурах.

Положительные качества ДГУ:

- автономность, т. е. независимость от внешних сетей,
- быстрый запуск от 5с до 30 с АВР,
- гибкость мощности от 5 кВт до 5 МВт,
- при эксплуатации надежны и безопасны,
- быстрая окупаемость.

Одним из основных недостатков ДГУ является высокая стоимость топлива, предлагается применить. Но ДГУ может работать на биодизельном топливе, которое будет обладать лучшими характеристиками в сравнении с дизельным топливом. В качестве биодизеля используются различные масла, наиболее подходящие представлены в научных статьях, которое обладает

лучшими характеристиками. Биодизель изготавливается из растительных масел или животного жира, то есть смесь эфиров высших ненасыщенных и жирных кислот, при этом уменьшается влияние на экологию зависимость от нефтяных продуктов. Самым дешевым маслом является рапсовое масло.

На ПС 500 кВ Беркут применяется мобильный комплекс ДГУ для питания щитов собственных нужд марки ДГУ ТЭ.1000С-Т400- 2РН Техэкспо (Россия), номинальная мощность 1000кВ. На рисунке 8 показана дизельная мобильная установка марки ДГУ ТЭ.1000С-Т400- 2РН Техэкспо (Россия).



Рисунок 8 - Дизельная мобильная установка марки ДГУ ТЭ.1000С-Т400- 2РН Техэкспо (Россия)

«ДГУ имеет оборудование с системами обеспечения собственных нужд:

- блок контейнер,
- дизель-генератор,
- система электроснабжения собственных нужд,
- система освещения,

- система автоматического управления,
- система охлаждения,
- система пожаротушения, вентиляции и обогрева,
- система виброгашения,
- охранно-пожарная сигнализация и система оповещения людей о пожаре» [3].

Принцип действия ДГУ — при сгорании топлива образуются газы, которые создают давление на поршневую группу двигателя внутреннего сгорания и создают крутящий момент на коленвале и вращение электродвигателя. Полученный электрический ток распределяется и передается потребителям, присоединенным к щиту собственных нужд ПС 500 кВ Беркут.

Дизель- генераторная установка может работать в двух режимах — режим ожидания и режим резервного источника питания. В режиме ожидания ДГУ находится под напряжением, но не используется как источник питания. Если же прекращается основная подача электроэнергии, автоматически включается АВР и генератор ДГУ переходит в рабочий режим и обеспечивает питание потребителей собственных нужд на ПС 500кВ. Дизельная установка заработает в течении 25-30 с. АВР имеет уставку по времени, что позволяет избежать включение генератора при кратковременных перебоях питания. После подачи основного питания АВР некоторое время тестирует неизменность напряжения, а затем автоматически генератор переводит в режим ожидания [3].

При эксплуатации ДГУ необходимо соблюдать меры безопасности, так как установка является источником шума, имеет движущиеся части, поверхности горячие, поэтому не касаться рабочих узлов. Необходимо обеспечить вентиляцию помещения для предотвращения перегрева. Поддерживать температуру в помещении не ниже + 5 °С. Использовать при эксплуатации ДГУ — очки, перчатки, респиратор. Соблюдать пожарную безопасность. Запрещено эксплуатировать ДГУ без заземления, запускать двигатель без нагрузки, заправлять генератор вблизи открытого огня, ремонтировать ДГУ во время работ.

ДГУ — это дорогостоящее оборудование, которое требует профессионального техобслуживания.

Так как ДГУ пожароопасная электроустановка, необходимо для безопасности при эксплуатации рассчитать заземление.

Мобильная установка ДГУ находится в металлическом контейнере, который обеспечивает молниезащиту. Контейнер при помощи сварки в двух местах соединяется с контуром заземления полосой связи 40×4 мм. Контур заземления прокладывается по периметру ДГУ на расстоянии от стенки контейнера 0,5 м и глубину 0,7 м, связываются между собой полосой 40×4 мм. Для расчета заземления принимаем вертикальный искусственный заземлитель 50×50×5 мм, длиной 3 м, соединений полосой связи 40×4 мм.

Определяем сопротивление заземлителя из нескольких электродов, соединенных полосой связи:

$$r_{\text{расч}} = \frac{r_{\text{в}} \times r_{\text{г}}}{r_{\text{в}} + r_{\text{г}}}, \quad (10)$$

где $r_{\text{в}}$ — сопротивление вертикального заземлителя, Ом;

$r_{\text{г}}$ — сопротивление горизонтального заземлителя, Ом.

Определяем сопротивления всех вертикальных заземлителей:

$$r_{\text{расч}} = \frac{r_{0\text{в}}}{k_{\text{в}} \times \pi}, \quad (11)$$

где $r_{0\text{в}}$ - сопротивление одиночного заземлителя, Ом;

π — число электродов (принимаем 12 шт);

$k_{\text{в}}$ — коэффициент использования электрода, характеризующий степень использования его поверхности из-за экранирующего влияния соседних электродов, $k_{\text{в}} = 0,64$.

«Определяем сопротивление горизонтальных полос, связывающих вертикальные электроды с учетом экранирования:

$$r_{\Gamma} = \frac{R_B}{K_{\Gamma} \times \Gamma}, \quad (12)$$

где K_{Γ} - коэффициент использования горизонтальной полосы с учетом экранирующего влияния вертикальных электродов, $K_{\Gamma} = 0,32$.

$$R_B = 0,366 \rho_{\text{расч}} \times K_M \left(\lg \frac{2l}{d} + 0,5 \times \lg \frac{4h_{\text{ср.}} + l}{4h_{\text{ср.}} - l} \right) / l, \quad (13)$$

где K_M - коэффициент сезонности, 0,32;

ρ - удельное сопротивление грунта, 100 Ом·м;

L_B - длина вертикального электрода, 3 м;

d - диаметр вертикального заземлителя, 0,95 м;

b - ширина полки уголка, 0,05 м;

$h_{\text{ср}}$ - глубина заложения 1,5 м» [3,16,17,18].

$$R_B = 0,366 \times 100 \times 0,32 \left(\lg \frac{21}{0,95} + 0,5 \times \lg \frac{4 \times 1,5 + 3}{4 \times 1,5 - 3} \right) / 3 = 18,4 \text{ Ом},$$

$$r_{\Gamma} = \frac{18,4}{0,64 \times 12} = 2,4 \text{ Ом}$$

Общая длина полосы связи составляет по периметру 30 м.

$$R_{\Gamma} = 0,366 \rho_{\text{расч}} \times \lg \left[\frac{2l^2}{dh} \right] / l, \quad (14)$$

$$R_{\Gamma} = 0,366 \times 100 \times 1,7 \times \lg \left[\frac{2 \times 30^2}{0,04 \times 0,7} \right] / 30 = 12 \text{ Ом}$$

где d - ширина полосы связи, принимаем 0,04 м;

h - глубина заложения полосы связи, принимаем 0,8 м;

L_{Γ} - длина полосы связи, принимаем 30 м.

$$r_{\Gamma} = \frac{12}{0,32} = 38,4 \text{ Ом}$$

Определяем сопротивление заземлителя из нескольких электродов, соединенных полосой:

$$r_{\text{расч}} = \frac{2,4 \times 38,4}{2,4 + 38,4} = 2,3 \text{ Ом}$$

Согласно ПУЭ сопротивление заземляющих устройств не должно превышать 2,33 Ом < 4 Ом. Условие выполняется, следовательно, количество стержней 12 штук соответствует расчету и должно быть принято в монтаже для заземления ДГУ.

Вывод: анализируя, возможности применения альтернативных источников бесперебойного питания для собственных нужд, было выяснено, что возможно применение дизельной мобильной установки марки ДГУ ТЭ.1000С-Т400- 2РН Техэкспо (Россия), установка универсальная, подходит для больших нагрузок и аварийных режимов. Но для питания устройств с постоянным током нужны аккумуляторные батареи с подзарядным агрегатом типа D400 G200/100 WBrue-I 100А которые могут работать в автономном режиме до 24 часов. Поэтому для резервного питания целесообразно применять и те и другие источники бесперебойного питания.

Заключение

В ходе выполнения ВКР был проведен анализ питания потребителей собственных нужд ПС 500 кВ Беркут и рассмотрена характеристика энергетических объектов подстанции. Подстанция 500 кВ Беркут представляет собой комплекс сооружений, предназначенный для повышения надёжности электроснабжения потребителей южной части Тюменской области.

Главная тема в ВКР — это питание потребителей собственных нужд подстанции, которые относятся к потребителям первой и второй категории.

На ПС 500кВ Беркут смонтированы три щита собственных нужд. Расположенных ЩСН-1 питание ОПУ-1, ЩСН-2 питание ОПУ-2 и ЗРУ-10, а также ЩСН-3 предназначен для питания БВС.

Все три щита собраны на разных компонентах: 1ЩСН состоит из импортных компонентов фирмы SIEMENS, 2ЩСН собран на Российских компонентах таких как фирма КЭАЗ, и 3ЩСН собран также на Российских компонентах фирмы Контактор АО.

В настоящее время в связи с обстановкой в стране монтаж, ремонт, а также техническое обслуживание элементов щита собственных нужд иностранного производства экономически не выгоден и в некоторых случаях невозможен вовсе. Опираясь на опыт в эксплуатации, предлагается провести замену импортного оборудования на отечественный аналог фирмы КЭАЗ который является золотой серединой по соотношению цена и качество.

К достоинствам российского оборудования можно отнести доступную стоимость, оборудование разрабатывается с учетом климатических условий, а также легкий доступ к технической поддержке, запчастям и сервисным услугам. Важным аспектом при питании потребителей собственных нужд является подбор источников автономного резервирования, которые позволяют повысить надежность электроснабжения собственных нужд 0,4 кВ ПС 500 кВ Беркут при полной потери напряжения. На ПС 500 кВ Беркут применяется мобильный комплекс ДГУ и свинцово-кислотные аккумуляторные батареи. Анализируя,

возможности применения источников бесперебойного питания для собственных нужд, было выяснено, что их выбор зависит от требований и условий электроснабжения. Например, ДГУ установка универсальная, подходит для больших нагрузок и аварийных режимов. Но для устройств, подключённых к щиту постоянного тока таких как цепи управление, цепи сигнализации, питание терминалов защит которым требуется бесперебойное питание с постоянным током идеально подходит аккумуляторные батареи, которые могут работать в автономном режиме до 24 часов. Поэтому для резервного питания необходимо применять и те и другие источники бесперебойного питания.

Для выбора шкафа ЩСН фирмы КЭАЗ в работе были пересчитаны электрические нагрузки на этот щит и активная мощность составила 871 кВт. Так же в работе был произведен расчет и выбор трансформатора собственных нужд для питания потребителей 1ЩСН и было принято решение замену не производить и оставить тот же трансформатор марки ТМГ-1000/10У3, так как было соблюдено условие выбора.

Анализируя, замену зарубежных автоматических выключателей 1ЩСН на отечественные можно сделать вывод: что у них одинаковый монтаж, они имеют модульную конструкцию и оснащены индикаторами состояния контактов и при замене многие части конструкции взаимозаменяемы.

При расчете и выборе электрического оборудования и проводников для питания 1ЩСН, приняли для коммутации и защиты автоматический выключатель марки ВА55-43 $I_n = 1600 \text{ А}$, $I_{cu} = 135 \text{ кА}$. Для монтажа и присоединения аппаратуры применили кабель марки АВВГ.

Для надежного и бесперебойного электроснабжения щиты собственных нужд оборудованы АВР-0,4 кВ, при реконструкции провели замену шкафа АВР-0,4 кВ собранного на контроллерах фирмы Siemens на отечественный шкаф компания «ДизельэнергоРесурс», который имеет с ручное и автоматическое переключением с широким диапазоном по току.

Список используемых источников

1. АВР в системе собственных нужд переменного тока 0,4 кВ на подстанциях и электростанциях. Авторы: Д.А. Семёнов, К.В. Быков. ООО НПП «ЭКРА». URL: <https://ekra.ru/upload/iblock/4c4/14.pdf> (дата обращения 10.06.2025).
2. Герасименко А. А., Федин В. Т. «Передача и распределение электрической энергии». — Красноярск: Издательские проекты, 2006. — 720 с..
3. ГОСТ 13822-82 взамен ГОСТ 13822-76 и ГОСТ 21670-76 государственный стандарт союза ССР электроагрегаты и передвижные электростанции, дизельные [Текст]. – Введ. 26.11.2010. – М.: ФСК ЕЭС, 2010. – 32 с.
4. Инструкция по эксплуатации и оперативному обслуживанию оборудования 1ЩСН на ПС 500 кВ Беркут. [Текст]: утвержденный заместителем директора главным инженером ЮПМЭС Ю. С. Сарапулов 12.04.2021 г. – 15 с.
5. Инструкция по эксплуатации и оперативному обслуживанию оборудования 2ЩСН на ПС 500 кВ Беркут. [Текст]: утвержденный заместителем директора главным инженером ЮПМЭС Ю. С. Сарапулов 12.04.2021 г. – 12 с.
6. Инструкция по эксплуатации и оперативному обслуживанию оборудования 3ЩСН на ПС 500 кВ Беркут. [Текст]: утвержденный заместителем директора главным инженером ЮПМЭС Ю. С. Сарапулов 12.04.2021 г. – 12 с.
7. Инструкция по эксплуатации щита собственных нужд ПС 220 кВ «Беркут» [Текст]: утвержден ПАО «Россети»
8. Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35–750 кВ [Текст]: СТО 56947007-29.240.55.016- 55 2008: утв. Приказом ПАО «Россети» 03.02.2022

9. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ. [Текст]: СТО 56947007- 29.240.10.028-2019: утв. Приказом ПАО «Россети»
10. ООО НПП «ЭКРА». URL: <https://ekra.ru> (дата обращения 10.06.2025).
11. Основные положения (Концепция) технической политики в электроэнергетике России на период до 2030 г. [Текст]: утв. ПАО РАО «ЕЭС России» 2008: ввод в действие 2008. – 90 с.
12. ПАО «Россети». URL: <https://www.rosseti.ru/company/> (дата обращения 05.06.2025).
13. ПАСПОРТ ПС-500/110/10/0,4кВ «Беркут» [Текст]: утвержденный заместителем директора главным инженером ЮПМЭС В. А. Бойченко 2017 г. – 55 с.
14. Положение о технической политике ПАО «Россети» [Текст]: утв. Председатель Совета Директоров ПАО «Россети»
15. Пояснение к нормальной схеме электрических соединений ПС 500 кВ Беркут [Текст]: утвержденный заместителем директора главным инженером филиала ПАО «ФСК ЕЭС» А. В. Лазовский 2022 г. – 36 с.
16. Правила устройства электроустановок [Текст] : (ПУЭ). – [7-е изд.]. – М. : Мин. Энерг. России, 2012. – 330 с.
17. Правила устройства электроустановок [Текст] : (ПУЭ). – [п. 2.3 7-е изд.]. – М. : Мин. Энерг. России, 2012. – 330 с.
18. Правила устройства электроустановок [Текст] : (ПУЭ). – [п. 2.6 7-е изд.]. – М. : Мин. Энерг. России, 2012. – 330 с.
19. Проектирование электрических подстанций систем электроснабжения : учеб. пособие / Н. П. Бадалян ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2023. – 124 с. – ISBN 978-5-9984-1800-6.
20. СНиП 2.02.05-87. Строительные нормы и правила. Фундамент машин с динамическими нагрузками [Текст]: утверждено Управлением

стандартизации и технических норм в строительстве Госстроя СССР (О.Н. Сильницкая) 1998. Введен в действие 1998. – 37 с.

21. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения [Текст]: СТО 56947007-29.240.30.010-2008: утверждены приказом ОАО "ФСК ЕЭС" от 16.06.2010 №421: введен в действие 16.06.2010. – М.: ФСК ЕЭС, 2010. – 132 с.

22. Халивин С. Л., Шайдарова Е. И. «Электроснабжение отрасли». — Норильск: НИИ, 2015.