

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

Институт энергетики и электротехники

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование кафедры)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Резервный источник питания собственных нужд ПС 220 кВ
«Левобережная»

Студент

А.И. Квасов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Н. Черненко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

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

(личная подпись)

« » 2017 г.

Тольятти 2017

АННОТАЦИЯ

Объектом проектирования данной выпускной квалификационной работы является подстанция «Левобережная» с рабочим напряжением 220/110/10 кВ, находящаяся в г. Тольятти. Предметом проектирования выпускной квалификационной работы является резервный источник питания собственных нужд подстанции.

В работе представлен выбор резервного источника питания собственных нужд подстанции.

Выпускная квалификационная работа содержит в себе следующие основные разделы:

- краткая характеристика объекта;
- выбор варианта резервирования собственных нужд подстанции;
- применение выбранного оборудования в качестве резервного источника питания собственных нужд подстанции.

Выпускная квалификационная работа содержит в себе 56 страниц, 9 рисунков, 5 таблиц, 26 использованных источника.

ABSTRACT

The title of the thesis is Reserve Power Supply for Own Needs of Levoberezhnaya 220 kV Substation. This thesis is devoted to the choice of a power source as a reserve, for the substation's own needs, in case of voltage loss.

The thesis may be divided into several logically connected parts which are:

- a brief description of the object;
- economic evaluation of each of the backup power sources;
- choice of the option of reserving the substation's own needs;
- application of the selected equipment as a backup power source for the substation's own needs;
- operation of the system with the selected power source.

It can be concluded that a backup power supply of own needs increases the reliability and efficiency of the entire substation as a whole.

The work contains 56 pages, 9 drawings, 5 tables and 26 sources were used, including 5 foreign sources.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Краткая характеристика объекта проектирования.....	7
1.1 Анализ главной электрической схемы подстанции	8
1.2 Анализ системы собственных нужд подстанции	10
1.3 Нормативные требования к собственным нуждам подстанции.....	13
1.4 Обоснование проектирования резервного источника питания собственных нужд.....	15
2 Выбор варианта резервирования собственных нужд подстанции.....	19
2.1 Строительство воздушной линии электропередачи.....	19
2.1.1 Экономическая оценка применения воздушной линии электропередач.....	28
2.2 Резервирование собственных нужд подстанции с применением систем накопления энергии на основе Li-ion аккумуляторных батарей.....	30
2.2.1 Экономическая оценка применения Li-ion аккумуляторных батарей.....	32
2.3 Дизель-генераторная установка – как автономный источник резервного питания собственных нужд.....	33
2.3.1 Экономическая оценка применения дизель-генераторной установки для резервирования СН.....	34
2.4 Показатели экономической эффективности вариантов автономного источника питания.....	34
3 Применение дизель-генераторной установки в качестве источника резервного питания собственных нужд.....	36
3.1 Основные требования по размещению ДЭС.....	38
3.2 Расположение ДГУ на территории ПС.....	39
3.3 Объемно-планировочные конструктивные решения.....	42
3.4 Производители автономных источников питания.....	44
3.5 Комплектация дизельной электростанции.....	49

3.6 Функционирование системы в различных режимах.....	51
Заключение.....	53
Список использованных источников.....	54
Приложение А.....	57
Приложение Б.....	64

ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергетика – важнейшая отрасль экономики Российской Федерации, которая включает комплекс экономических отношений в процессе производства, передачи, сбыта и потребления электрической энергии, при использовании объектов, входящих в Единую энергетическую систему России [1]. Электроэнергетика является одной из основных функций в жизнеобеспечении людей. Электроэнергетический сектор России – один из самых крупнейших в мире. Именно этот сектор определяет конкурентоспособность и большой потенциал роста российской экономики, значительную долю которой составляет энергоемкие отрасли.

Основой российской электроэнергетики является Единая энергетическая система России, которая образует семь крупных объединенных энергетических систем: Востока, Урала, Сибири, Юга, Средней Волги, Северо-Запада и Центра. Все семь энергосистем работают синхронно и соединены межсистемными высоковольтными линиями электропередач напряжением от 220 – 500 кВ и выше. В весь комплекс ЕЭС России входит более 650 электростанций мощностью выше 5 МВт. Каждая станция в год производит чуть более 1 трлн кВт*ч. Тепловые электростанции в ЕЭС России являются ведущими по выработке электроэнергии и составляют до 70% всей выработанной энергии.

В качестве объекта проектирования выпускной квалификационной работы выбрана подстанция «Левобережная» с рабочим напряжением 220/110/10 кВ принадлежащая филиалу ПАО «ФСК ЕЭС» - МЭС Волги и находящаяся в г. Тольятти.

Целью данной выпускной квалификационной работы является выбор резервного источника питания собственных нужд подстанции для бесперебойного функционирования подстанции в целом.

1 Краткая характеристика объекта проектирования

Подстанция (ПС) «Левобережная» располагается по адресу Самарская область, Центральный район, г. Тольятти, ул. Базовая, д. 48 и входит в структуру Магистральных электрических сетей Волги (филиал ПАО «ФСК ЕЭС» - МЭС Волги), является одним из ключевых электросетевых объектов города Тольятти.

На рисунке 1.1 представлено расположение подстанции, показанное с помощью Google карт.



Рисунок 1.1 - Месторасположение подстанции

Рабочее напряжение ПС 220/110/10 кВ. От нее отходят 5 линий электропередач напряжением 220 кВ и 18 линий напряжением 110 кВ. В подстанцию внедрена автоматизированная система управления технологическим процессом, автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии, также установлена волоконно-оптическая линия связи, что позволяет управлять

оборудованием подстанции с высокой степенью надежности и оперативности. Установленная мощность трансформаторов 500 МВА.

Через ПС «Левобережную» получают питание подстанции, которые обеспечивают электроснабжение больниц, детских садов и других социальных объектов в Центральном и Автозаводском районах, а также жилых массивов, в которых проживают более 300 тысяч тольяттинцев. К «Левобережной» подключены крупные потребители тольяттинской промзоны: «Тольяттикаучук», «Тольяттиазот», «Волгоцеммаш», «Тольяттинский трансформатор» и другие. Она связана с ТЭЦ ВАЗа и другими генерирующими и сетевыми объектами самарской электроэнергосистемы.

1.1 Анализ главной электрической схемы подстанции

Электрическая схема подстанции представлена высокой, средней и низкой стороной, напряжением 220/110/10 кВ.

Сторона напряжением 220 кВ собрана аналогично типовой схеме №220-13, которая представлена в документе [2]. Схема представлена из двух рабочих шин на которой допускается применять от 5 до 15 присоединений. На ПС «Левобережная» количество присоединений равно 5.

Сторона с напряжением 110 кВ аналогична типовой схеме №110-9Н, которая представлена в документе [2], она состоит из одной рабочей секционированной шины с подключением трансформаторов через развилку из выключателей. На подстанции «Левобережная» схема немного отличается, и состоит из 4 секций шин и имеет 18 присоединений.

Сторона напряжением 10 кВ собрана подобно типовой схеме №20-3Н, которая представлена в документе [2], она состоит из блока (линия-трансформатор) с выключателем. На ПС «Левобережная» в схеме есть изменение, вместо выключателя стоит реактор.

Схема подстанции представлена из 2 автотрансформаторов напряжением 250 МВА. От них отходит 3 стороны:

1. Распределительное устройство высокого напряжения в 220 кВ, состоящая из 2 секций шин, к которым приходит 5 воздушных линий:

- а) ТЭЦ ВАЗа – Левобережная I цепь;
- б) ТЭЦ ВАЗа – Левобережная II цепь;
- в) Левобережная – Васильевская;
- г) Жигулевская ГЭС – Левобережная II цепь;
- д) Жигулевская ГЭС – Левобережная I цепь. ТЭЦ ВАЗа I;
- е) ТЭЦ ВАЗа II, ЖГЭС I, ЖГЭС II – питают ПС «Левобережную»;

2. Распределительное устройство среднего напряжения в 110 кВ, состоящая из 4 секций шин, от которых отходит 18 линий:

- а) ВЛ 110 кВ Левобережная – Синтезкаучук I цепь (ВЛ 110 кВ СК-1);
- б) ВЛ 110 кВ Левобережная – Комсомольская с отп. на ПС Жиг.море (ВЛ 110 кВ Комсомольская-3);
- в) ВЛ 110 кВ Левобережная – Жиг.море с отп. на ПС МИС (ВЛ 110 кВ Комсомольская-4);
- г) Кабельно-воздушная линия (КВЛ) 110 кВ Левобережная – Курумоч с отпайкой на ПС Винтай-1 (КВЛ 110 кВ Левобережная-2);
- д) КВЛ 110 кВ Левобережная – Агрегат (КВЛ 110 кВ Левобережная-1);
- е) ВЛ 110 кВ Левобережная – ГПП-2 Фосфор IV цепь (ВЛ 110 кВ Химзавод-4);
- ж) ВЛ 110 кВ Левобережная – ГПП-2 Фосфор III цепь (ВЛ 110 кВ Химзавод-3);
- к) КВЛ 110 кВ ТоТЭЦ – Левобережная II цепь с отпайкой на ГПП-1 Изопрен (КВЛ 110 кВ Ставрополь-2);
- л) КВЛ 110 кВ ТоТЭЦ – Левобережная I цепь (КВЛ 110 кВ Ставрополь-1);
- м) ВЛ 110 кВ Левобережная – Васильевская (ВЛ 110 кВ Левобережная-3);
- н) ВЛ 110 кВ Левобережная – ГПП-2 ТТ с отп. на ГПП-1 Изопрен (ВЛ 110 кВ ЭТЗ);

п) КВЛ 110 кВ ТоТЭЦ – Левобережная IV цепь с отпайками (КВЛ 110 кВ Ставрополь-4);

р) КВЛ 110 кВ ТоТЭЦ – Левобережная III цепь с отпайками (КВЛ 110 кВ Ставрополь-3);

с) ВЛ 110 кВ Левобережная – Восточная II цепь с отпайкой на ГПП-2 ВЦМ (ВЛ 110 кВ Восточная-2);

т) ВЛ 110 кВ Левобережная – Восточная I цепь с отпайками (ВЛ 110 кВ Восточная-1);

у) ВЛ 110 кВ Левобережная – Водозабор-2 с отпайкой на ПС Р.Котельная (ВЛ 110 кВ ВДН-СК);

ф) ВЛ 110 кВ Левобережная – МИС с отпайкой на ПС Р.Котельная (ВЛ 110 кВ МИС);

х) ВЛ 110 кВ Левобережная – Синтезкаучук II цепь (ВЛ 110 кВ СК-2).

3. Распределительное устройство низкого напряжения в 10 кВ. состоящее из 2 секций шин от которых отходит 2 ТСН напряжением 0,63 МВА на шины напряжением 0,4 кВ.

Полный перечень оборудования, установленный на ПС «Левобережная» представлено в таблице А.1.

1.2 Анализ системы собственных нужд подстанции

СН предназначены для питания потребителей ПС I категории (допускающих перерыв в электроснабжении на время срабатывания автоматического ввода резерва (АВР) и II категории. В собственных нуждах ПС ФСК используется щит собственных нужд (ЩСН), имеющий два и более независимых ввода. Каждый из вводов ЩСН подключается к выходу своего понижающего ТСН, вход трансформатора, в свою очередь, подключается к ячейке среднего напряжения. Для оперативного переключения вводов в случае исчезновения напряжения на одном из них используется АВР. Подстанция «Левобережная» включает в себя 2 ТСН, каждый из которых мощностью 630 кВА.

Инструкция по эксплуатации щита собственных нужд ПС 220 кВ «Левобережная» приведена в [3] и состоит из нескольких пунктов:

1.2.1 Назначение и технические данные

ЩСН предназначен для обеспечения питанием и защиты от токов короткого замыкания и перегрузки питаемого оборудования. ЩСН обеспечивает питание аппаратуры переменным напряжением 380В от двух независимых источников питания (ТСН-1 и ТСН-2) в нормальном режиме.

Электроэнергия щита собственных нужд расходуется на:

1. Питание цепей релейной защиты и автоматики ПС, обогрев шкафов РЗА расположенных вне отапливаемых помещений;
2. Обеспечение работоспособного состояния аккумуляторных батарей работающих в режиме постоянного подзаряда, подогрев и вентиляцию помещений аккумуляторной;
3. Питание цепей приводов выключателей, обогрев выключателей и их приводов;
4. Электроснабжение автоматики охлаждения силовых трансформаторов, цепей устройств регулирования напряжения под нагрузкой;
5. Отопление, освещение, водоснабжение подстанционных помещений и освещения открытых распределительных устройств, электроснабжение устройств пожаротушения ПС;
6. Обеспечение электроснабжения других вспомогательных нужд подстанции (питание сварочных постов, устройств используемых при ремонтах оборудования ПС и прочих).

Основные технические данные представлены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Технические данные щита собственных нужд

Наименование	Номинальное рабочее напряжение, В	Номинальный рабочий ток вводных аппаратов, А	Количество отходящих фидеров	Количество вводов питания
ЩСН 380.1000- 2.2.3.68/3.1.1- 30/УХЛ4	380	1000	68	2

1.2.2 Состав ЩСН

Функционально щит собственных нужд состоит из 12 шкафов стоящих в 2 ряда:

1. Шкафы 3, 4, 5, 6, 7, 8 – шкафы отходящих линий;
2. Шкафы 1, 2 – шкафы ввода;
3. Шкаф 9 – секционный шкаф;
4. Шкаф 10 – шкаф секционного рубильника;
5. Шкафы 01, 02 – шкафы подключения.

Каждый шкаф имеет габариты 800*600*2000мм (Ш*Г*В)

Шкафы подключения с габаритами 400*600*2000мм (Ш*Г*В)

В таблице А.2 приведено оборудование, входящее в каждый из шкафов:

Итоговая нагрузка составляет 630 кВА.

1.2.3 Указание мер безопасности

1. При техническом обслуживании необходимо соблюдать меры безопасности, предусмотренные в [4]

2. Обслуживание ЩСН должно производиться специально обученным персоналом имеющим группу допуска по электробезопасности не ниже 3.

3. При проведении регламентных и ремонтных работ использовать индивидуальные средства защиты и принимать меры предосторожности против

случайного прикосновения к токоведущим частям, непокрытым изоляцией и находящимся под напряжением.

1.2.4 Обязанности персонала при возникновении пожара

При возникновении пожара первый заметивший загорание должен немедленно сообщить диспетчеру центра управления сетями (ЦУС), начальнику подразделения, в пожарную охрану и приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения, соблюдая при этом правила техники безопасности и личную осторожность.

Оперативному персоналу до прибытия пожарной охраны необходимо:

1. Определить место очага пожара, возможные пути его распространения, угрозу действующему оборудованию, оказавшееся в зоне пожара, не забывая при этом о собственной безопасности;
 2. Произвести возможные операции по отключению оборудования;
 3. Приступить к тушению пожара силами и средствами энергообъекта;
 4. Встретить пожарную команду. Указать пути подъезда, пожарные гидранты, места заземления;
 5. Коротко проинструктировать руководителя тушения пожара (РТП) о проведенных мероприятиях;
 6. Сделать свои предложения и рекомендации;
 7. Выдать письменный допуск на тушение пожара РТП.
- Проинструктировать и допустить пожарных.

1.3 Нормативные требования к собственным нуждам подстанции

Нормативные требования к собственным нуждам подстанции ФСК «Левобережная» представлены несколькими пунктами и указаны в документе [5]. На основе этого документа сформулируем требования к собственным нуждам подстанции:

1. На ПС необходима установка как минимум двух трансформаторов собственных нужд. Для ПС в которых установлен один трансформатор, питание второго ТСН осуществляется с помощью местных электрических

сетей. В случае отсутствия электрических сетей, второй трансформатор собственных нужд (ТСН) будет включаться аналогично первому. Работа трансформаторов собственных нужд на стороне низкого напряжения осуществляется отдельно с АВР;

2. Мощность трансформаторов собственных нужд, которые питают шины 0,4 кВ, необходимо выбирать исходя из нагрузок в разных режимах работы ПС, учитывая при этом коэффициент одновременности их загрузки, а также перегрузочную способность. Полная потребляемая мощность каждого ТСН со стороны низкого напряжения 0,4 кВ для ПС мощностью 110-220 кВ должна быть не более 630 кВА, а для ПС мощностью 330 кВА и выше не должна превышать 1000 кВА;

3. На двухтрансформаторных ПС мощностью 110-750 кВ в их начальный период работы с одним трансформатором необходимо установить два ТСН, с питанием одного из которых будет осуществляться от сети с другой ПС вместе с АВР. В дальнейшем это питание можно сохранять. На этих ПС в начальный период работы с одним из трансформаторов в районах, где второй ТСН невозможно запитать от сети другой ПС, возможно установление одного ТСН, при этом второй обязан быть смонтирован и включен в схему подстанции. На двухтрансформаторных подстанциях мощностью 35-220 кВ в их начальный период работы с одним трансформатором с постоянным оперативным током, в случае отсутствия на нем синхронных компенсаторов (СК), принудительной системы охлаждения трансформатора, воздушных выключателей, возможно установление одного ТСН. При этом второй ТСН необходимо смонтировать и включить в схему ПС;

4. Если осуществляется подключение одного из ТСН к внешнему независимому источнику питания, то нужно провести проверку на предмет отсутствия сдвига фаз;

5. На ПС, где имеется постоянный оперативный ток, даже при наличии шкафа управления оперативным током (ШУОТ) ТСН при наличии РУ 6-35 кВ присоединяются через предохранители или выключатели к шинам, а при

отсутствии этих распределительных устройств присоединяются к обмотке НН основных трансформаторов. На ПС с выпрямленным и переменным оперативным током ТСН обязаны присоединяться через предохранители, которые находятся на участке между вводами низкого напряжения основного трансформатора и его выключателем. Если питание оперативных цепей переменного тока или выпрямленного тока осуществляется от трансформаторов напряжения, которые присоединены к питающим ВЛ, то ТСН можно подключить к шинам низкого напряжения (НН) ПС;

6. Для сети СН переменного тока необходимо принимать напряжение 380/220 В с заземленной нейтралью.

1.4 Обоснование проектирования резервного источника питания собственных нужд

Схемы рабочего и резервного питания СН являются составной частью главной схемы электрических соединений подстанции. От построения этих схем зависит расход электроэнергии на СН и капитальные вложения в систему электроснабжения механизмов СН.

К схемам питания собственных нужд предъявляются следующие требования:

1. Необходимо иметь три независимых источника питания для ПС собственных нужд. Питание сторонних потребителей от сети собственных нужд подстанции не допускается. Также должны предусматриваться источники бесперебойного питания;

2. Питание устройств релейной защиты и автоматики на РУ, приводов выключателей должно осуществляться оперативным током, как минимум от двух источников. Для релейной защиты и автоматики, можно предусматривать отдельные аккумуляторные батареи (АБ), при их технико-экономическом обосновании.

Емкость источников постоянного оперативного тока должна быть с учетом времени прибытия персонала на подстанцию в случае неисправностей в

работе и необходимого времени, для устранения всех повреждений, при потере цепей подзаряда аккумуляторных батарей.

Срок службы аккумуляторной батареей должен быть высоким, не менее 12 лет. АБ должны питаться от двух зарядно-подзарядных агрегатов, которые собираются вместе с самой аккумуляторной батареей. Два зарядно-подзарядных агрегатов, при введении их в работу, должны обеспечивать режим «горячего резерва», проведение уравнивающего заряда АБ в автоматическом режиме и интеграцию в автоматизированной системе управления технологическими процессами подстанции;

3. Для каждой АБ должен предусматриваться отдельный щит постоянного тока. Щит постоянного тока должен включать в себя как минимум две секции шин питания устройств релейной защиты и автоматики. В системе постоянного оперативного тока необходима двухуровневая защита. Защитные аппараты сети постоянного оперативного тока обязаны обеспечивать всем требованием надежности, селективности, резервирования, чувствительности, а также быстродействия. Также необходимо предусматривать средство контроля состояния сети оперативного постоянного тока и устройств автоматического поиска «земли»;

4. Кабели (силовые и контрольные) должны полностью соответствовать условиям невозгораемости и иметь индекс НГ;

5. Все первичное оборудование, а также устройства автоматизированной системы управления технологического процесса, релейная защита и автоматика, вся автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии, средства и системы связи, цифровая регистрация аварийных событий и вторичные цепи должны соответствовать требованиям электромагнитной совместимости (ЭМС). Для этого необходимо применять технические решения, которые будут обеспечивать оптимизацию трассировки кабельных потоков, исключение заземлений первичного оборудования в близости от кабельных каналов и т.д.

На ПС, где ведется техперевооружение, требования ЭМС необходимо выполнять для каждого этапа реконструкции и техперевооружения, даже при наличии на ПС нового и уже существующего оборудования.

Нормальное функционирование подстанции возможно лишь при надежной работе всех механизмов собственных нужд, при надежном электроснабжении их. И один из таких механизмов является резервный источник питания собственных нужд подстанции. Благодаря ему повысится надежность функционирования подстанции в целом.

На подстанции «Левобережная» представлено 2 источника питания в виде автотрансформаторов АДЦТН-250000/220/110/10 У1, общей мощностью 500 МВА. В случае исчезновения напряжения на этих двух источниках питания, 2 ТСН автоматически перестают функционировать и т.к. собственные нужды (СН) ПС будут лишены питания, требуется дополнительный источник питания, который будет являться резервным. В случае потери двух основных источников питания в виде ТСН, резервный источник моментально включится в работу и обеспечит питанием собственные нужды ПС. Это позволит повысить надежность и эффективность всей подстанции.

ПС «Левобережная» питается со стороны 220 кВ от:

1. Питание 1 секции шин на стороне 220 кВ от Жигулевской ГЭС и ТЭЦ ВАЗа;
2. Питание 2 секции шин на стороне 220 кВ от Жигулевской ГЭС и ТЭЦ ВАЗа.

Основной обязанностью работников на ПС является обеспечение надежной работы электрооборудования и бесперебойного электроснабжения потребителей. Но зачастую происходят повреждения на ПС, в следствии этих неисправностей, происходит полная потеря напряжения на объекте. Рассмотрим основные факторы, влияющие на потерю основных источников питания:

1. В первую очередь нужно отметить, что главным фактором отказов в работе электрооборудования и систем защиты является некачественный ремонт и монтаж оборудования;

2. Также стоит отметить, что неудовлетворительная эксплуатация и некачественный уход за оборудованием на ПС является частой причиной повреждения;

3. Всевозможные дефекты в самих конструкциях и технологиях изготовления электрооборудования;

4. Естественное старение изоляции;

5. Форсированные износы;

6. Многочисленные воздействия окружающей среды, такие как сильное загрязнение и увлажнение изоляции, что приводит к ее пробое;

7. Неисправности в сетях релейной защиты и автоматики;

8. Грозовые и коммутационные перенапряжения в электрических сетях;

9. Влияние погодных условий.

Это одни из основных факторов, которые могут повлиять на потерю основных источников питания расположенных на ПС. В следствии чего крайне необходимо иметь резервный источник питания для собственных нужд ПС.

2 Выбор варианта резервирования собственных нужд подстанции

В качестве резервных источников питания собственных нужд ПС будем рассматривать несколько вариантов:

1. Строительство ВЛ электропередач;
2. Резервирование собственных нужд подстанции с применением систем накопления энергии на основе Li-ion аккумуляторных батарей;
3. Дизель-генераторная установка;

В процессе сравнения различных вариантов резервных источников питания, будет проведен анализ экономической эффективности каждого из них. В результате чего будет выбран наиболее подходящий резервный источник питания для СН ПС. Будет сделан подробный анализ выбранного резервного источника питания, описаны основные требования по его размещению и расположению на ПС. Также будет произведено описание конструктивного исполнения, состава оборудования и выполнен разбор функционирования системы в различных режимах работы.

2.1 Строительство воздушной линии электропередачи

В положении о технической политике ФСК ЕЭС [6], в разделе «Воздушные линии электропередачи», отмечается, что одна из основных задач электросетевого строительства – достижение максимальной компактности ВЛ. Этот же документ рекомендует применение для ВЛ 220 кВ полимерных консольных изолирующих подвесок.

В документе [7] предусматривают при создании сетей нового поколения снижение металлоемкости подстанций и ВЛ. Кроме того, в [8] говорится о необходимости при проектировании ВЛ обеспечить оптимальное использование земли и лесных угодий.

Всем этим требованиям отвечают совместные разработки компаний «ЭЛСИ Стальконструкция», «Феникс-88» и Новосибирского государственного технического университета, повышающие эффективность, экономичность и

эксплуатационную надежность ВЛ 110–220 кВ. К основным инновационным решениям при сооружении ВЛ нового поколения можно отнести изолирующие траверсы (ИТ), узкобазовые быстромонтируемые опоры, новые конструкции фундаментов и линейные защитные аппараты (ЛЗА), встроенные в ИТ.

2.1.1 Преимущество новых технических решений:

Максимальная эффективность от применения изолирующих траверс будет достигаться при их внедрении совместно с узкобазовыми конструкциями опор. В этом случае применение изолирующих траверс позволит:

1. Снизить на 20–25% материалоемкость опор;
2. Исключить обрыв провода в случае падения на него дерева, благодаря повороту траверсы при нормированной жесткости крепления ИТ к стойке опоры в продольном направлении;
3. При максимально возможном сближении проводов ВЛ снизить напряженность электрического и магнитного полей под проводами ВЛ, а также увеличить пропускную способность ВЛ за счет снижения волнового сопротивления при повышении компактности канала передачи электроэнергии.

Применение узкобазовых быстромонтируемых опор позволит:

1. Выполнить более компактный в поперечном сечении канал передачи электроэнергии;
2. Уменьшить ширину просеки и площадь землеотвода для опор ВЛ;
3. Снизить сроки и стоимость сооружения ВЛ, что важно при сооружении ВЛ в северных районах страны с тяжелыми геолого-климатическими условиями;
4. Уменьшить объем земляных работ под фундаментную часть опор ВЛ;
5. Повысить грозоупорность ВЛ при прохождении трассы в лесных массивах и низинах холмистой местности за счет естественной экранировки опор ВЛ окружающим ландшафтом.

ЛЗА, встроенные в ИТ, позволят дополнительно повысить грозоупорность ВЛ и отказаться от применения грозозащитных тросов, что облегчит конструкцию опоры, исключит аварии из-за падения оборванного

грозозащитного троса на провода ВЛ и снизит затраты на монтаж при сооружении ВЛ.

Новые конструкции фундаментов с использованием свай из одиночных труб, винтовых узко-широколопастных свай, а также группы свай, объединенных металлическим ростверком, расширяют возможности сооружения ВЛ в районах со сложными грунтами. Разработанные «ЭЛСИ Стальконструкцией» фундаменты с применением болтовых соединений облегчают монтаж опор в полевых условиях при низких температурах.

2.1.2 Компактные воздушные линии: зарубежная практика

Начиная с 1960-х гг. за рубежом делались многократные попытки создания компактных ВЛ (КВЛ) с использованием ИТ. Первые конструкции не удовлетворяли требованиям эксплуатации ввиду отказов полимерных изоляторов (ПИ), обусловленных низким качеством технологии их изготовления и непониманием электрофизических процессов, приводящих к отказам ПИ. К 2000 г. за рубежом и у нас в стране были решены принципиальные вопросы новой технологии изготовления ПИ и методов их испытаний, что значительно повысило надежность эксплуатации ПИ (изолирующих траверс) и позволило сооружать КВЛ с высокими технико-экономическими показателями.

Совместное применение ИТ и узкобазовых опор позволяет создать КВЛ, привлекательность которых обусловлена следующими обстоятельствами:

1. За счет сближения расположения проводов посредством их жесткого крепления на ИТ и применения при необходимости межфазных изолирующих распорок уменьшается волновое сопротивление линии и, как следствие, увеличивается предел передаваемой мощности при том же номинальном напряжении ВЛ, т.е. можно передать большую мощность по ВЛ без перехода на увеличенное сечение провода;

2. КВЛ более экологичны, т.к. существенно снижается напряженность электрического и магнитного полей под и вблизи трассы ВЛ, а также

уменьшается ширина просеки в лесных массивах и снижаются затраты на ее расчистку;

3. Относительно небольшие пролеты и невысокие облегченные быстромонтируемые опоры увеличивают грозоупорность КВЛ благодаря установке ЛЗА и естественному экранированию линии окружающим ландшафтом.

В последние 10–15 лет за рубежом все чаще сооружают одноцепные и двухцепные КВЛ различных классов напряжения. Например, КВЛ 400 кВ компании ABB&STRI, трасса которой проходит по Норвегии, Швеции и Финляндии. В качестве базовых промежуточных опор на этой КВЛ использованы узкобазовые опоры небольшой высоты (до 19 м). Вместо горизонтального расположения проводов с расстоянием между фазами 8 м выполнили их взаимное расположение треугольником с расстоянием между фазами 6,4 и 5,4 м (рисунок 2.1 а, б).

Для повышения грозоупорности ВЛ отказались от применения грозотроса, а на верхней (вертикальной) изолирующей траверсе установили ЛЗА (рисунок 2.1 в). При этом низкая высота опоры дополнительно повышает грозоупорность ВЛ. Жесткая фиксация провода существенно сокращает расстояние от провода до стойки опоры. Ширина лесной просеки для КВЛ значительно меньше, чем для традиционной ВЛ (рисунок 2.1 д, е), а сближение проводов привело к максимально возможной компенсации электрического и магнитного полей разноименных фаз, что позволило провести трассу КВЛ 400 кВ в населенной местности, а не в обход (рисунок 2.1 г).

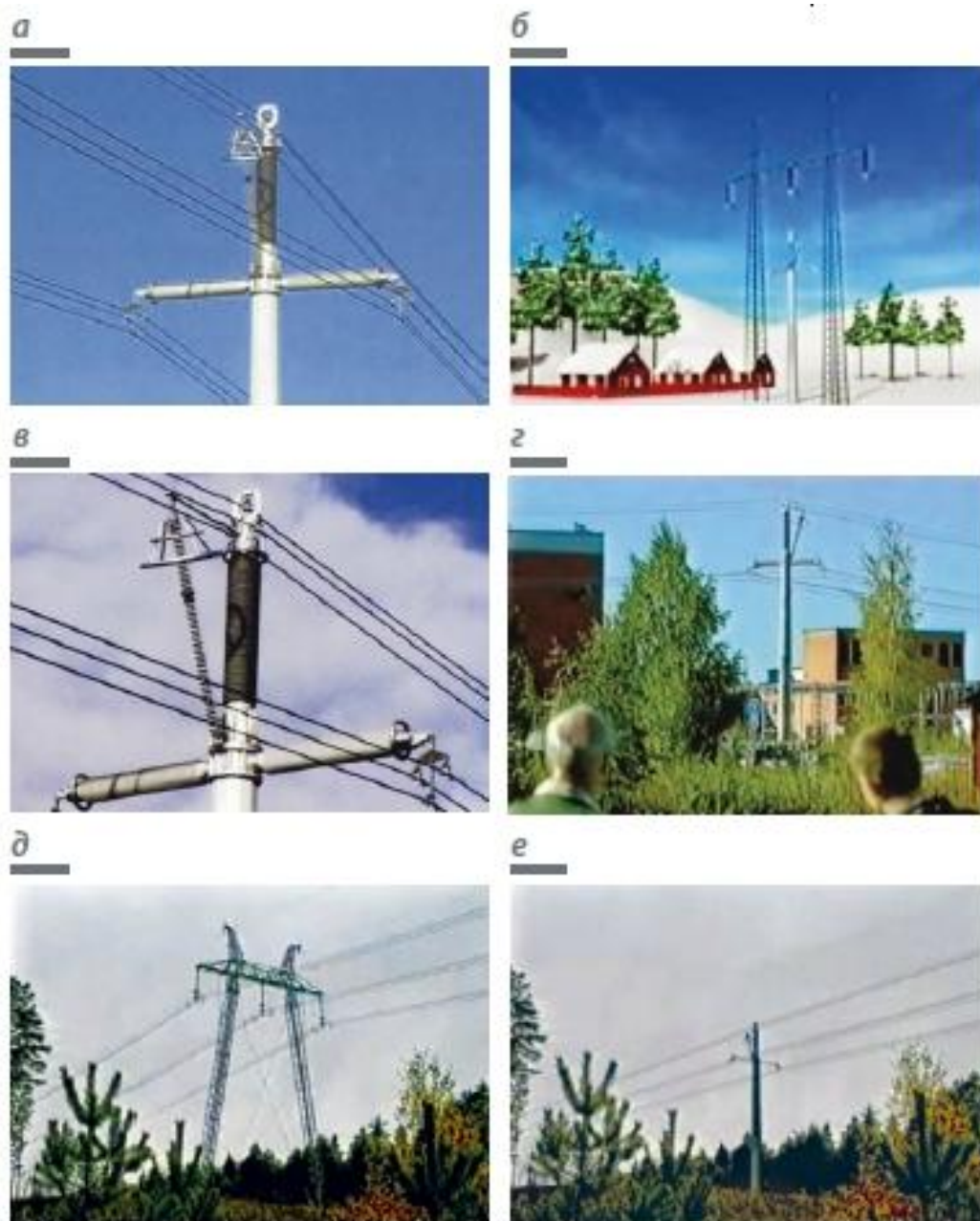


Рисунок 2.1 – КВЛ 400 кВ, выполненная ABB&STRI с использованием изолирующих траверс и узкобазовых опор

2.1.3 КВЛ: Российские нормативы

Следует отметить, что конструктивно выполнить ВЛ нового поколения компактными, экономичными и экологически безопасными возможно при корректировке некоторых положений ПУЭ седьмого издания. В частности, необходимо оговорить возможность следующих решений:

1. Уменьшение расстояния между ближайшими проводами разных цепей на двухцепных опорах, например для ВЛ 220 кВ, с рекомендуемых 6 до 4,5–5 м, что вполне возможно для пролетов узкобазовых быстромонтируемых опор, составляющих 230–280 м [9];

2. Уменьшение расстояния в свету от провода до опоры, например для ВЛ 220 кВ, с рекомендуемых 2,5 до 1,8 м, т.е. определяющим расчетным условием здесь будут грозовые перенапряжения, а не обеспечение безопасности подъема на опору [10].

Изоляционные габариты зарубежной КВЛ 400 кВ (рисунок 2.1) между стойкой опоры и проводом (расстояние в свету) составляют 2,8–2,9 м. Очевидно, что учет зарубежного опыта по применению сниженных изоляционных расстояний в КВЛ приведет к сооружению более эффективных отечественных компактных линий электропередачи.

2.1.4 Отечественные элементы КВЛ

В настоящее время на российском рынке представлены несколько моделей узкобазовых опор, например, опоры из гнутого стального профиля предлагает ЭЛСИ (рисунок 2.2).

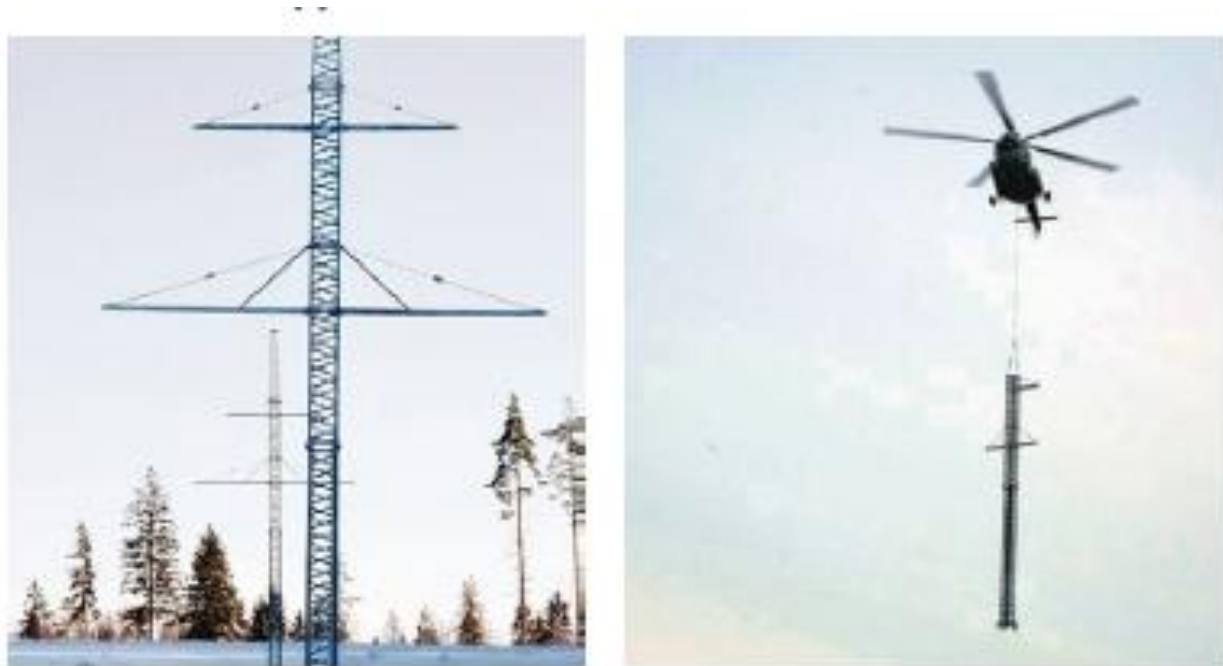


Рисунок 2.2 – Узкобазовые быстромонтируемые опоры конструкции ЭЛСИ

Компания «Феникс-88» разработала первые варианты ИТ консольного типа для ВЛ 110–220 кВ с учетом требований [11]. Траверсы крепятся к стойке опоры с помощью двух специальных узлов, один из которых выполнен с фиксированной жесткостью крепления для обеспечения поворота траверсы вдоль оси ВЛ при обрыве провода (рисунок 2.3 а). Последнее обстоятельство уменьшает материалоемкость опоры за счет исключения этого расчетного аварийного режима при ее конструировании. Расчеты показали, что при замене металлических траверс на изолирующие вес опоры типа ПС220П-1М для одноцепной ВЛ 220 кВ снижается на 24%, а при использовании ИТ со встроенными ЛЗА – на 31%.

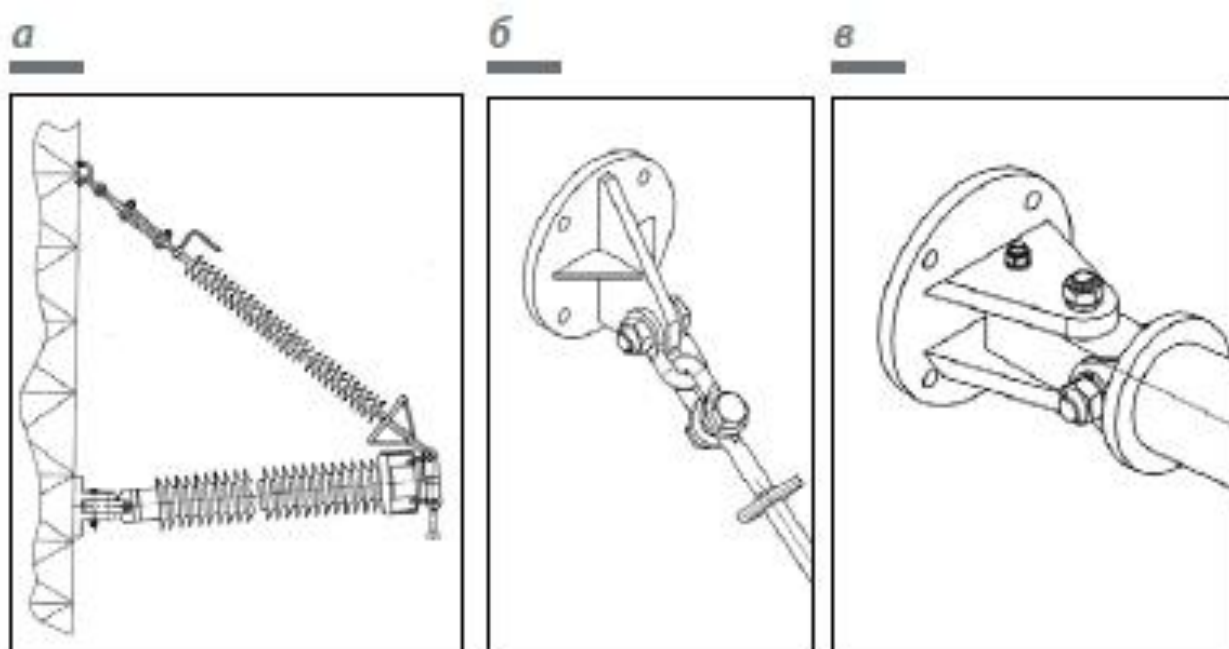


Рисунок 2.3 – Эскиз конструкции ИТ (а) и узлы ее крепления к стойке узкобазовой опоры (б,в)

Конструкторы компаний «ФЕНИКС-88» и «ЭЛСИ Стальконструкция» разработали узлы крепления ИТ к стойке узкобазовой опоры (рисунок 2.3 б, в) и провели на полигоне ЭЛСИ механические испытания ИТ и узлов крепления.

Для повышения эффективности КВЛ 220 кВ одноцепного исполнения прорабатывается перспективная конструкция узкобазовой опоры без

тросостойки, с треугольным расположением проводов на ИТ и установкой ЛЗА на верхней фазе (рисунок 2.4).

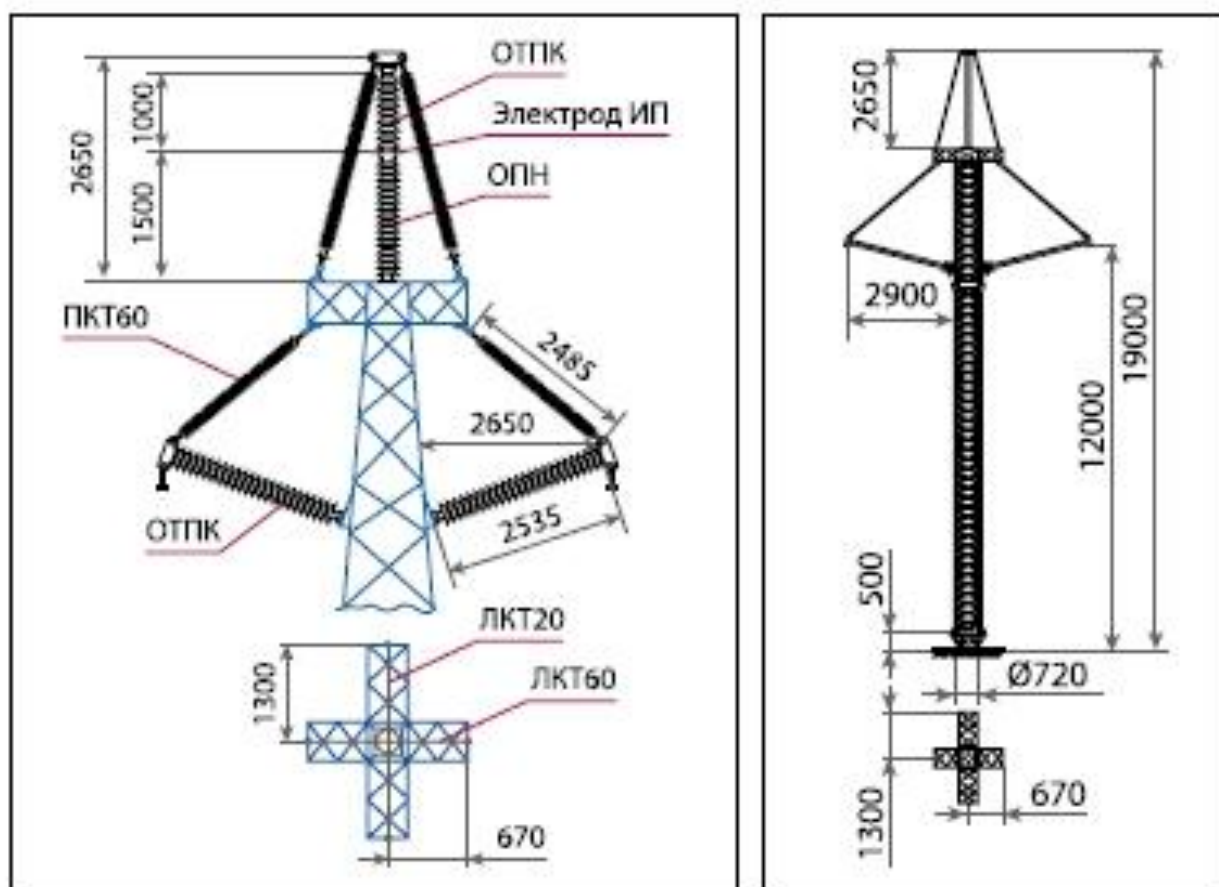


Рисунок 2.4 – Одна из конструкций КВЛ 220 кВ с применением ИТ и узкобазовых опор с установкой ЛЗА на верхней фазе

2.1.5 Перспективные элементы изолирующих траверс

Конструктивно ИТ включают в себя элементы линейной полимерной изоляции (ПИ) – стеклопластиковый стержень и кремнийорганическую покрышку. К достоинствам ПИ относятся меньший вес, удобство транспортировки и монтажа, антивандальная устойчивость. Вместе с тем более широкому применению ПИ препятствуют: неопределенность фактического срока службы в связи с отсутствием достаточного опыта их эксплуатации в различных климатических условиях, заводские дефекты, а также сложная и длительная процедура обнаружения изолятора, поврежденного в результате

электрического пробоя вдоль границы между стеклопластиковым стержнем и силиконовой крышкой.

При этом согласно [12,13] опыт эксплуатации ПИ с кремнийорганической оболочкой в целом признается успешным, хотя радикального перехода от стеклянных изоляторов к ПИ ожидать не следует.

В последнее время на смену ПИ второго поколения приходят изоляторы третьего поколения с улучшенными механическими и диэлектрическими характеристиками. В связи с этим можно предположить, что в ближайшем будущем на ВЛ напряжением 110 и 220 кВ будет применяться полимерная изоляция третьего поколения.

При внутреннем пробое ПИ (по границе раздела полимерной оболочки и стеклопластикового стержня) полимерная оболочка, как правило, остается неповрежденной, что затрудняет поиск поврежденного ПИ, хотя определенные наработки в этой области есть. Например, в [14] предлагается дополнить конструкцию ПИ пиропатроном, который детонирует при протекании по изолятору тока электрического разряда и разрушает полимерную оболочку, позволяя визуально определить поврежденный изолятор. В [15] рассматривается вариант установки на ПИ шапки из специального стекла, которое при увеличении напряженности электрического поля меняет свой цвет, сигнализируя о необходимости замены ПИ.

В настоящее время ЗАО «Феникс-88» работает над созданием аппаратного беспроводного диагностического комплекса на базе сети ZigBee, который позволит осуществлять в том числе и диагностику ПИ и ИТ.

Специалисты СибНИИЭ разработали систему мониторинга разрядов молнии и грозовой обстановки на трассах ВЛ. Система автоматически регистрирует и сохраняет в базе данных информацию о ситуации на ВЛ, в т.ч. о КЗ, которые могут быть обусловлены как перекрытием линейной изоляции ВЛ при грозовом поражении, так и внутренним пробоем ПИ. Точность определения места КЗ на ВЛ – один пролет (примерно 300 м).

Можно предположить, что в ближайшем будущем повышение качества ПИ и новые методы их диагностики приведут к практическому внедрению изолирующих траверс.

Внедрение инновационных технических решений при сооружении ВЛ должно базироваться на комплексном подходе, когда одновременно применяются новые разработки и конструктивные элементы на стадии проектирования конкретных ВЛ: узкобазовые опоры; более совершенные конструкции фундаментов; ИТ с параметрами, характерными для ПИ третьего поколения; ИТ со встроенными защитными аппаратами от грозовых перенапряжений; системы постоянного мониторинга технического состояния и обнаружения поврежденного ПИ. Такой подход позволит сооружать ВЛ напряжением 110–220 кВ с улучшенными технико-экономическими и экологическими показателями.

2.1.1 Экономическая оценка применения воздушной линии электропередач

Для расчета экономического показателя в случае применения воздушных линий (ВЛ) электропередач нужно руководствоваться документом [16] в котором сказано:

Данный стандарт применяется для определения укрупненных показателей при предварительном строительстве (реконструкции) ВЛ электропередач напряжением 6-750 кВ вне зависимости от типа электростанции (подстанции).

Укрупненные стоимостные показатели (УСП) составлены для ВЛ 10-500 кВ на унифицированных стальных решетчатых и многогранных и железобетонных опорах, 750 кВ – на типовых стальных опорах. В стоимостных показателях ВЛ 220-750 кВ учтена подвеска оптического кабеля связи магистральных волоконно-оптических линий связи ВОЛС – ВЛ.

В стоимостных показателях ВЛ 10-110 кВ не учтена подвеска оптического кабеля связи магистральных ВОЛС – ВЛ. Эти данные представлены в документе [8].

Базисные показатели стоимости ВЛ 10-750 кВ переменного тока на стальных и железобетонных опорах представлены в документе [16]. На основе этих данных произведем расчет ВЛ.

Рассчитаем ток для определения сечения кабеля по формуле (1):

$$I_p = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_n} \quad (1)$$

где: I_p – расчетный ток (А), S_n – номинальная мощность кВА, U_n – номинальная мощность (кВ).

$$I_p = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_n} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 36,37 \text{ А}$$

Далее рассчитаем сечение провода по формуле (2):

$$F_{\text{сеч}} = \frac{I_p}{j_{\text{э}}} \quad (2)$$

где: $F_{\text{сеч}}$ – сечение кабеля (мм²), I_p – расчетный ток (А), $j_{\text{э}}$ – экономическая плотность тока (А/мм²).

Экономическая плотность тока представлена в таблице, которая находится в документе [17]. Исходя из этого документа экономическая плотность тока будет равна 1,3 (А/мм²), т.к. данный показатель соответствует алюминиевым неизолированным проводам и шинам с использованием нагрузки от 1000 до 3000 часов в год.

$$F_{\text{сеч}} = \frac{I_p}{j_{\text{э}}} = \frac{36,37}{1,3} = 27,97 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Исходя из найденного сечения, определим стоимость прокладки ВЛ 10 кВ на расстояние в 1 км, используя документ [16]. Стоимость прокладки ВЛ для сечения 27,97 (мм²) будет равна 202,2 тыс.руб/км. Стоимость ВОЛС представленная в документе [8] равна 360 тыс. руб/км.

Для примера, используем ближайшую ПС «Русские Выселки» 35/10 кВ, в качестве резервного источника питания через ВЛ электропередач. Расстояние от ПС «Левобережная» до ПС «Русские Выселки» равно 13 км.

На основе этих данных рассчитаем общую стоимость прокладки воздушной линии напряжением 10 кВ. Используем формулу (3):

$$P_{\text{общ}} = l \cdot P_{\text{ВЛ}} + (l \cdot P_{\text{ВОЛС}}) \quad (3)$$

где: $P_{\text{общ}}$ – общая стоимость (тыс.руб), l – расстояние (км), $P_{\text{ВЛ}}$ – стоимость прокладки ВЛ за 1 км (тыс.руб),
 $P_{\text{ВОЛС}}$ – стоимость ВОЛС за 1 км (тыс.руб).

$$P_{\text{общ}} = l \cdot P_{\text{ВЛ}} + l \cdot P_{\text{ВОЛС}} = 13 \cdot 202,2 + 13 \cdot 360 = 7308,6 \text{ тыс.руб}$$

Так как в условиях строительства данная местность затруднений не вызывает, то коэффициенты усложняющих условий учитываться не будут.

Подведя итог, можно сказать что стоимость прокладки ВЛ с ВОЛС от ПС «Левобережная» до ПС «Русские Выселки» на расстояние в 13 км будет рана 7,3 млн. руб.

2.2 Резервирование собственных нужд подстанции с применением систем накопления энергии на основе Li-ion аккумуляторных батарей

В качестве АБ для систем накопления энергии (СНЭ), учитывая ограниченные площади ПС, рассматриваются современные литий–ионные (Li-ion) и натрий-серные (NaS) аккумуляторы, аналогичные по типу электрохимических реакций, которые проходят в них. В последние годы в технологии производства обоих типов аккумуляторов достигнуты значительные успехи, а качество изготовления постоянно улучшается (обновление происходит приблизительно каждые 6 месяцев). Общий план СНЭ представлен на рисунке 2.5.

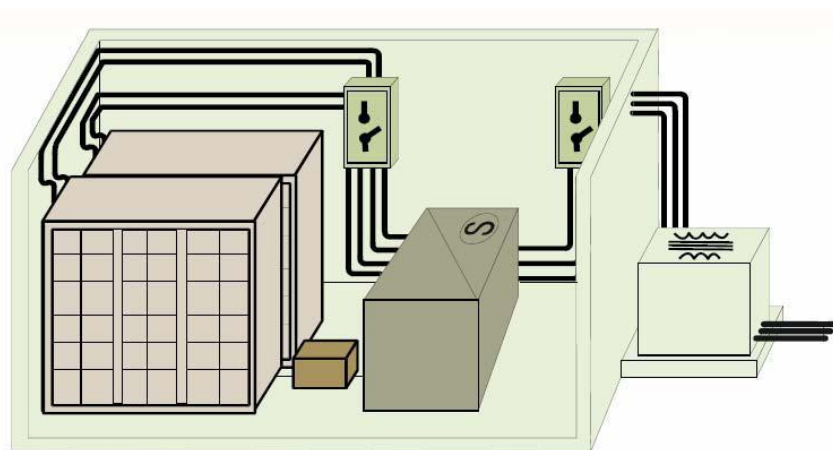


Рисунок 2.5 - Общий план СНЭ

В применении к питанию СН, Li-ion аккумуляторы имеют ряд преимуществ перед NaS аккумуляторами: достигнутый для них ресурс при существенной глубине разряда – более 6000 циклов, в то время как для NaS в тех же условиях – от 2000 до 4000 циклов; Li-ion отличает широкий рабочий диапазон легко достижимых температур (от –20 до +55 °С), а NaS аккумуляторы работоспособны при температуре около +30 °С.

Существует еще один вид аккумуляторов – свинцово-кислотные, называемые общепромышленными, имеющие широкое применение, к примеру, в автомобильной промышленности. Сравнение основных параметров Li-ion аккумуляторов и свинцово-кислотных аккумуляторов приведено в таблице 2.1. Видно, что при всех очевидных достоинствах литий-ионные аккумуляторы имеют один существенный недостаток – высокую цену. Однако не только техническая, но и экономическая целесообразность применения новых аккумуляторов определяется совокупностью технических, эксплуатационных и экономических преимуществ Li-ion батарей по сравнению со свинцово-кислотными, что и обусловило выбор литиевых батарей для питания СН ПС.

Таблица 2.1 - Сравнение параметров АБ

Тип АБ	Плотность энергии, Вт*ч/кг	Уровень развития	Распространенность	Преимущества	Недостатки
Li-ion	80-150	Доступны	Растет	Высокие плотность энергии и КПД	Высокая цена утил-и Li АБ
Свинцово-кислотные	25-45	Доступны	Широко распространены	Низкие капитальные затраты	Низкая плотность энергии

Для наиболее современных и ответственных подстанций (таких, например, как ПС 220 кВ «Сколково») в настоящее время принята схема питания СН от ИБП, когда АБ эксплуатируется в буферном режиме и при переходе с питания от ТСН на питание от ИБП отсутствуют какие-либо искажения в выходном напряжении питания собственных нужд. Схема питания собственных нужд ПС от источника бесперебойного питания представлена на рисунке 2.6.



Рисунок 2.6 - Схема питания собственных нужд ПС от ИБП

Хотя применение СНЭ на основе li-ion аккумуляторных батареях позволят достичь главной цели проекта, обеспечение надежности питания СН, необходимо учитывать затраты на сооружение и эксплуатацию системы.

2.2.1 Экономическая оценка применения Li-ion аккумуляторных батарей

В процессе поиска цен на литий-ионные аккумуляторные батареи (ЛИАБ), было проанализировано много источников, но цены на батареи высокой мощности, да и самих литий-ионных аккумуляторных батарей высокой мощности в продаже не было. Но, т.к. цена свинцово-кислотных

аккумуляторных батарей меньше цены литий-ионным аккумуляторным батареям, то можно примерно оценить стоимости ЛИАБ основываясь на источниках цен свинцово-кислотных аккумуляторных батарей предположив что цена будет такой же.

Стоимость свинцово-кислотной аккумуляторной батарей мощностью 630 кВА примерно равна 6 млн. руб. И это цена, в случае если ЛИАБ равная по цене свинцово-кислотным аккумуляторным батареям. Настоящая же цена будет намного выше, чем цена на свинцово-кислотную аккумуляторную батарею.

2.3 Дизель-генераторная установка – как автономный источник резервного питания собственных нужд

Дизель-генераторная установка (ДГУ) - это машина для выработки электроэнергии. Состоит из дизельного двигателя, генератора электрического тока и дополнительного оборудования. Дизельная электростанция (ДЭС) включает в себя целый ряд современных интеллектуальных устройств для мониторинга и управления процессом выработки электроэнергии, контроля качества выходной энергии, автоматического пуска и останова агрегата, автоматического переключения нагрузки, синхронизации генераторов с сетью и между собой. В настоящее время автономные дизель-генераторы широко применяются в строительстве, транспорте, нефти и газодобывающих отраслях, а также при проведении культурных мероприятий, выставок и в других областях.

Для защиты ДГУ от негативного воздействия атмосферных осадков и окружающей среды, а также необходимости комфортного обслуживания в суровых климатических условиях, возможно оборудование дизель-электрической установки контейнерного исполнения, предназначенного для производства, преобразования, распределения и отпуска электрической энергии в данном случае в качестве резервного источника питания.

2.3.1 Экономическая оценка применения дизель-генераторной установки для резервирования СН

Цены на ДГУ варьируются в зависимости от его типа исполнения. Они могут быть представлены в открытом виде, кожухе, контейнере и т.п. Т.к нам необходим ДГУ на мощность в 630 кВА то его примерная цена будет составлять от 7 до 10 млн. руб. с учетом его монтажа и доставки.

2.4 Показатели экономической эффективности вариантов автономного источника питания

В качестве резервного источника питания для собственных нужд подстанции, было представлено 3 варианта:

1. Воздушные линии электропередач;
2. Литий-ионные аккумуляторные батареи;
3. Дизель-генераторная установка.

В ходе экономических расчетов каждого из варианта, были выявлены примерные цена на установку данных резервных источников питания для собственных нужд подстанции, представленные в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Рассчитанные цены на применения данных вариантов источников питания

Резервный источник питания	Рассчитанная цена (млн. руб)
Воздушные линии электропередач	7,3
Литий-ионная аккумуляторная батарея	> 6
Дизель-генераторная установка	7 - 10

Из приведенных экономических расчетов, которые сведены в таблице 2.2, можно сделать следующие выводы:

1. Применение воздушных линий электропередач крайне не целесообразно ввиду их больших затрат времени на их возведение;
2. Литий-ионных аккумуляторных батарей высокой мощности в ходе поисков не было найдено в продаже, к тому же точная их цена не известна,

можно лишь предположить, что они будут стоить так же как свинцово-кислотные аккумуляторные батареи, хотя цена на них будет намного выше, и какую на самом деле цену предложит поставщик неизвестно;

3. Дизель-генераторная установка является наиболее оптимальным вариантом в качестве резервного источника питания для собственных нужд подстанции. Цена на ДГУ из всех предложенных вариантов наиболее экономичная, если учитывать что цена на ЛИАБ будет намного выше в сравнении со свинцово-кислотными аккумуляторными батареями. К тому же его монтаж и установка произойдет намного быстрее воздушных линий, что позволит сократить огромное количество времени.

Подытожив можно отметить, что по всем показателям ДГУ будет наиболее адекватным выбором для ПС.

3 Применение дизель-генераторной установки в качестве источника резервного питания собственных нужд

ДГУ будет являться гарантированным источником резервного питания для собственных нужд ПС. Принцип его действия основан на сжигании топлива и преобразовании его в электрическую энергию с заданным напряжением. Рассмотрим его основные недостатки и положительные качества:

Недостатки ДГУ:

1. Одним из первых недостатков является цена на ДГУ, но этот параметр лишь условен, ведь цена очень даже оправдана и вложенные средства обязательно окупаются за счет экономической работы, хорошей надежности и большой длительности жизненного цикла;

2. Следующий показатель это уровень шума. Но и он является не критичным в условиях работы. Этот показатель легко исправляем при помощи дополнительных комплектующих к ДГУ либо тщательной звукоизоляцией в помещении, где будет располагаться ДГУ;

3. При высоких отрицательных температурах топливо в ДГУ кристаллизуется и соответственно его вязкость повышается. Из-за этой проблемы возрастают эксплуатационные расходы. Поэтому в условиях, где в холодное время года, температура окружающей среды достигает высоких отрицательных значений, требуется либо специализированное зимнее горючее, которое будет содержать добавки и присадки, препятствующие кристаллизации, либо устанавливать ДГУ в отапливаемом помещении, альтернативой будет являться специальный кожух, в котором ДГУ будет защищена от отрицательных температур.

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 [18,19,20,21,22].

Такие параметры как подготовка специального места для ДГУ, трудоемкость монтажа и транспортировка столь габаритного оборудования не стоит вносить в эту категорию, т.к это лишь конструктивные и технические особенности, которых не миновать при работе со столь мощной техникой.

Положительные качества ДГУ:

1. Данный тип оборудования универсален, т.е в случае больших нагрузок ДГУ отлично спасает от энергетических сбоев;
2. Современные модели, работающие на дизельном топливе, имеют высокий рабочий ресурс;
3. Дизель-генераторные установки безопасны и очень надежны в эксплуатации;
4. Именно дизельные генераторы имеют, существенно, хороший показатель перед бензиновыми генераторами, смотря на него с экономической точки зрения. Благодаря высокой плотности энергии, которую генерирует ДГУ, затраты на горючее меньше в сравнении с бензином. Итогом является быстрая окупаемость;
5. В случае правильной эксплуатации и обслуживания, ДГУ гарантирует хороший показатель периода службы.

Т.к ДГУ будет использоваться в качестве резервного источника питания собственных нужд подстанции, то исходя из описанных качеств, как положительных, так и отрицательных, учитывая условия в которых он будет находиться, можно сделать следующие выводы:

ДГУ имеет большой ряд преимуществ, которые являются важным критерием в выборе оборудования в качестве резервного источника питания, и небольшой ряд отрицательных факторов, часть из которых решаемы. Исходя из условий Самарской области, отрицательная температура окружающей среды может достигать -30°C . Это говорит о том, что ДГУ следует приобретать либо со специальным кожухом, либо располагать оборудование в отапливаемом помещении. Т.к ДГУ будет располагаться на территории подстанции, на достаточном расстоянии от здания, где располагается персонал и другие

работники, то дополнительное оборудование для устранения шума не требуется.

3.1 Основные требования по размещению ДЭС

Основные требования по размещению ДГУ содержатся в документе [23], в котором гласит:

1. Помещение, в котором устанавливается дизельная электростанция, должны быть отапливаемые с температурой не ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Данное помещение должно быть оборудовано оборудованием для противопожарной безопасности.

2. Размеры помещения должны обеспечивать возможность заправки топливом, смены масла в ДЭС, обслуживания и ремонта. Зона обслуживания составляет как минимум в 1 метре от удаления дизельного генератора.

3. При размещении ДГУ необходимо учитывать, что между радиатором и стеной должна быть установлена мягкая вставка, которая предотвращает передачу вибрации от дизель-генератора стене помещения и исключает попадание горячего воздуха обратно в помещение.

4. Для охлаждения ДГУ, помещение должно иметь проемы в наружных стенах, для циркуляции воздуха (отвода горячего воздуха наружу). Проемы для притока и удаления воздуха должны обладать защитным материалом от погодных условий, таких как дождь и снег. Площадь проема для удаления воздуха должна соответствовать площади решетки радиатора ДГУ. Площадь проема для притока воздуха должна иметь размеры в 2 раза больше площади решетки радиатора.

5. Для отвода выхлопных газов должна быть установлена выхлопная труба соединенная с глушителем ДГУ. Труба для отвода выхлопных газов должна проходить через отверстие в стене наружу. Также выхлопная труба должна быть оборудована конденсато-отстойником, который расположен в самой низкой части трубы внутри помещения.

6. Для установки ДГУ необходим фундамент, который должен иметь массу не менее 1,5 массы устанавливаемого оборудования и уложенный на

изоляционный материал. Также фундамент не должен быть связан с несущими конструкциями здания.

7. ДЭС должна быть установлена на анкера. Анкера исключают продольное перемещение ДЭС и их перетяжка запрещена.

8. Поверхность площадки, где устанавливается ДЭС, должна быть ровной и горизонтальной. В случае неровной поверхности возможно деформирование рамы ДЭС в процессе эксплуатации и повреждение блоков и срабатывания датчика уровня масла.

9. Внутри помещения, в полах должны быть предусмотрены кабельные каналы в которых будут уложены силовые и коммутационные кабели. Для ввода кабелей в помещение электрощитовой должны быть выполнены отверстия в соответствии с диаметром кабелей и требованиям ПУЭ по прокладке силовых кабельных линий.

10. Необходимо установить распределительный щит для подключения ДЭС. Распределительный щит должен содержать в себе входные и выходные защитные автоматы для подключения блока управления и коммутации нагрузки ДЭС.

11. В помещении электрощитовой должно предусматриваться место для установки настенного блока управления и коммутации нагрузки автоматического ввода резерва (АВР). Блок коммутации нагрузки соединяется с ДЭС информационным и силовым кабелями в соответствии со схемой, которая входит в состав документов. Распределительный щит и АВР должны устанавливаться рядом.

3.2 Расположение ДГУ на территории ПС

Основные требования и рекомендации по размещению дизельной электростанции в помещении приведены в [24], и состоят из нескольких пунктов.

Существуют несколько вариантов установки дизель-генератора:

1. Монтаж дизель-генератора в помещение;

2. Установка стационарного дизель-генератора на улице;

3. Установка мобильного дизель-генератора.

3.2.1 Первый вариант установки дизель-генератора: установка в помещении

В случае установки дизель-генератора в отдельном помещении, прежде всего нужно обращать внимание на систему отопления и вентиляции данного помещения. Дизель-генератор стационарного исполнения можно эксплуатировать при температуре в помещении от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Однако, если же электростанцию предполагается использовать в качестве резервного или аварийного источника питания, то температура в помещении должна быть от $+5$ до $+50^{\circ}\text{C}$. Если же температура в помещении будет опускаться ниже, дизель-генератор может не запуститься, а в случае запуска ему потребуется несколько минут для прогрева до рабочей температуры. С другой стороны если температура будет подниматься выше указанной, то дизель-генератор будет перегреваться, что может вывести его из строя. После того как решен вопрос с обогревом помещения, необходимо обратить внимание на вентилирование помещения во время работы дизель-генератора.

Примерно на каждый 1 кВт электрической мощности дизель-генератор производит и выбрасывает в помещение 2 кВт тепла. Например, если взять дизель-генератор 20 кВт, то при полной загрузке он производит 40 кВт тепловой энергии, которую необходимо удалить из помещения для сохранения теплового баланса дизель-генератора.

Как правило, около 50% тепла выделяемого дизель-генератором уходит с выхлопными газами через выхлопную трубу (ее нужно теплоизолировать) на улицу. Остальная половина тепла уходит в основном через радиатор и должна быть выброшена с теплым воздухом на улицу. Это делается путем установки автоматических жалюзи по размеру радиатора напротив радиатора дизель-генератора. Кроме того, в помещении надо предусмотреть минимум в 1,5 раза большие жалюзи для подвода свежего воздуха извне.

Ориентировочная таблица размеров жалюзи для вентиляции дизель-генераторов установленных в помещении приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Размеры жалюзи для вентиляции дизель-генераторов

Мощность дизель-генератора, кВА	Размер жалюзи на выброс, мм	Размер жалюзи на вдох, мм
до 30	400 x 400	600 x 600
от 30 до 60	600 x 600	800 x 800
от 60 до 220	800 x 800	1000 x 1000
от 220 до 450	1000 x 1000	1200 x 1200
от 450 до 700	1200 x 1200	1400 x 1400

В таблице 3.1 приведены примерные размеры жалюзи для дизель-генераторов AKSA и дизель-генераторов SDMO, в зависимости от конкретных условий размеры могут изменяться.

3.2.2 Второй вариант установки дизель-генераторов: установка на улице.

Данный вариант распадается на два подварианта. Первый более дешевый при первоначальной покупке, но несколько более дорогой в эксплуатации. Это покупка дизель-генератора в кожухе, предназначенном для установки на улице. Большая часть России находится несколько севернее основных стран производителей дизель-генераторов и по этому большинство дизель-генераторов в стандартных кожухах требуют определенной доработки для работы в наших условиях.

Стандартный дизель-генератор в шумозащитном кожухе может применяться на улице в качестве основного источника питания практически в любой климатической зоне без каких-либо изменений. Но это верно только в том случае, если при температуре -20 или -40 °C дизель-генератор не остынет и не остановится, так как запустить при такой температуре дизель-генератор любого производителя будет крайне не просто. Поэтому, если периодически запускать и останавливать дизель-генератор хотя бы круглогодично в

определенном климате, лучше сразу предупредить об этом поставщика, так как стандартный дизель-генератор в кожухе требует некоторых доработок. Обычно для резервного дизель-генератора достаточно дополнительно установить подогрева масла, подогрев топлива и подогрев генератора и пульта в дополнение к стандартному подогреву охлаждающей жидкости и дизель-генератор будет гарантированно запускаться до -20..-25С из дежурного режима, что вполне достаточно для средней полосы России.

Второй вариант установки дизель-генератора на улице это установка в виде контейнерного дизель-генератора. В этом случае дизель-генератор монтируется в отдельный контейнер с дополнительными системами подогрева, вентиляции, освещения, пожаротушения, пожарной сигнализации и т.д. Разнообразие систем и возможностей этого варианта практически безгранично и определяется только потребностями данного места, где будет располагаться дизель-генератор. Кроме непосредственно защиты от низких температур контейнер может осуществлять дополнительные функции - антивандальные функции, шумопоглощение, дизайнерские решения и т.д.

3.2.3 Третий вариант установки дизель-генератора на улице - мобильный дизель-генератор.

Как правило, данный вариант представляет собой вариант монтажа кожухного или контейнерного дизель-генератора на шасси с целью периодического перемещения с места на место или иных целей.

3.3 Объемно-планировочные конструктивные решения.

Объемно – планировочные и конструктивные решения приведены в документе [25] и гласят:

1. Объемно – планировочные и конструктивные решения ДЭС должны включать в себя возможность расширения, если это не оговорено в задании, то расширение не предусматривать.

2. Для обеспечения монтажа ДЭ и оборудования следует предусмотреть монтажные проемы или ворота, размеры которых должны соответствовать благополучному прохождению оборудования.

3. Встроенные ДЭС отделяются от смежных помещений несгораемыми стенами 2 типа и перекрытиями 3 типа. Пристроенные ДЭС должны отделяться от остального здания противопожарной стеной 2 типа. Междуэтажные перекрытия и стены, которые отделяют встроенные ДЭС от других помещений и стены, отделяющие пристроенные ДЭС от остального здания, обязаны быть газонепроницаемыми.

4. Выходы из встроенных и пристроенных ДЭС должны быть наружу.

5. Помещения главного щита управления, расходных баков масла и топлива, распределительных устройств, аккумуляторной батареи, бытовые помещения и машинный зал обязаны размещаться в здании главного корпуса.

6. Для ДЭС в качестве резервных источников электроснабжения помещения не нормируются.

7. Технологические и кабельные каналы ДЭС обязаны перекрываться съемными плитами или щитами из несгораемого материала, масса которого должна составлять не больше 50 кг, выдерживающими необходимую нагрузку и не менее 200 кгс/м^2 и иметь дренажные устройства.

8. Полы в машинном зале и полы распределительных устройств необходимо выполнять из керамической плитки или другого несгораемого материала, которая не создает пыль и не разрушается под воздействием масла и топлива и конечно же удовлетворяет условиям безыскровости.

9. Фундамент под ДГ обязан выполняться согласно [26] на основе зданий заводов-изготовителей.

10. Помещения, в которых имеются расходные баки топлива, должны иметь непосредственный выход наружу, а если имеется второй выход через другие помещения – отделяться от них тамбуром. Если помещения с баками располагаются выше первого этажа, в качестве основного должен предусматриваться выход на наружную лестницу.

11. Основные входы в машинный зал и в механическую мастерскую обязаны иметь размеры, которые обеспечат пронос деталей крупных размеров и механизмов при производстве ремонтов оборудования.

12. В машинном зале расстояние от его наиболее удаленной точки до эвакуационного выхода, т.е. двери должно быть не более 25 м.

13. Помещения ДЭС с постоянным пребыванием людей обязаны иметь естественное освещение.

3.4 Производители автономных источников питания

В развитых европейских и азиатских странах мира существует множество производителей дизельных электростанций, которые давно вышли на российский рынок или пытаются выйти сегодня: Франция, Великобритания, Италия, Германия, Япония, Бельгия, США, Китай и еще много десятков в этих и других странах.

Наиболее продаваемыми, известными и проверенными являются производители дизель генераторов Франции, Великобритании, Германии, США, Италии. В приложении Б представлен краткий аналитический обзор, основанный на многолетней эксплуатации дизельных электростанций.

3.4.1 Выбор дизельной электростанции из рассмотренных вариантов

В качестве резервного источника питания собственных нужд подстанции, из всех выше описанных производителей, наиболее подходящим будет фирма FG Wilson. Электростанции FG Wilson поставляются в индивидуальной комплектации, в зависимости от требований заказчика и климатических условий конкретного региона. Модифицированное оборудование с успехом применяется в экстремальных погодных условиях повышенных или пониженных температур. Принципиальное значение уделяется конструктивному совершенствованию оборудования и внедрению инновационных технологий производства. Компания инвестирует значительный процент своей прибыли в технические разработки, благодаря

чему оборудование находится в полном соответствии с мировыми стандартами качества.

3.4.2 Дизельные и газовые электростанции FG Wilson (Великобритания - Ирландия)

FG Wilson Engineering – это крупнейший европейский производитель электрогенерирующего оборудования. В линейку продукции компании входят газовые и дизель генераторы, а также установки с двухтопливными двигателями. Электростанции обеспечивают автономное электроснабжение систем различной степени сложности, предоставляя мощность в диапазоне от 5,5 кВА до 6500 кВА. Ассортимент продукции включает как небольшие электрогенераторы для обеспечения работы в резервном режиме, так и крупные промышленные электростанции, которые непрерывно снабжают электроэнергией населённые пункты, строительные и производственные объекты. Генераторы с газопоршневыми двигателями представлены оборудованием с диапазоном мощности от 10 кВА до 4000 кВА. Использование газа в качестве топлива значительно снижает стоимость эксплуатации этого оборудования, а также минимизирует выбросы вредных веществ в окружающую среду. На рисунке 3.1 представлен дизель-генератор FG Wilson P700-1.



Рисунок 3.1 – Дизель-генератор FG Wilson P700-1

В качестве ДГУ выбрана модель электростанции P700-1 в кожухе. На рисунке 3.2 показана модель в кожухе. Подробные характеристики данной модели представлены в таблице 3.2.



Рисунок 3.2 – Дизельная электростанция FG Wilson P700-1 в кожухе

Таблица 3.2 - Характеристики дизельной электростанции FG Wilson P700-1

Производитель	Wilson (Великобритания)
Модель	P700-1
Максимальная мощность кВА/кВт	700/560
Номинальная мощность кВА/кВт	636/509
Базовая мощность кВА/кВт	509/407
Максимальная сила тока, А	1008
Номинальный ток в основном режиме, А	919
Напряжение, В	230/400

Уровень шума, дБ	72
Двигатель	
Производитель двигателя	Perkins (Великобритания)
Модель двигателя	2806A-E18TAG2
Кол-во и расположение цилиндров	6, рядное
Максимальная мощность двигателя, кВт	609
Частота вращения, об/мин	1500
Тип охлаждения	жидкостное
Объем двигателя, л	18,1
Объем масляной системы, л	62
Удельный расход топлива, л/кВт·ч	0,247
Расход топлива при 100% нагрузке, л/час	125,6
Расход топлива при 75% нагрузке, л/час	94,2
Расход топлива при 50% нагрузке, л/час	62,8
Альтернатор (генератор переменного тока)	
Производитель альтернатора	Leroy Somer
Модель альтернатора	LL7024H
Тип альтернатора	синхронный
Класс защиты	IP 23
Характеристики эффективности основных узлов	
КПД двигателя, %	43,3
КПД альтернатора, %	92
КПД силовой установки, %	39,8

Габариты и вес (открытое исполнение/шумозащитный кожух/контейнер)	
Габариты, мм	3900x1461x2156/5320x1920x2177/6000x2438x2438
Емкость бака, л	1132/1157/1000,3000 или 5000
Макс. Автономия (при нагрузке 100%/100%/1000л), ч	9/9,2/10,6
Макс. Автономия (при нагрузке 75%/75%/3000л), ч	12/12,3/21,2
Макс. Автономия (при нагрузке 50%/50%/5000л), ч	18/18,4/53,1
Масса, кг	4332/5724/7132

Электростанции FG Wilson поставляются в индивидуальной комплектации, в зависимости от требований заказчика и климатических условий конкретного региона, где будет располагаться ДЭС. ДГУ FG Wilson, используют мощные и надёжные двигатели от крупнейших мировых производителей. Прежде всего – это дизели от Scania, Perkins и Kubota. Мобильные электростанции преимущественно оснащены генераторами марок Stamford или Leroy Somer. В зависимости от конкретной модели и модификации ДГУ Wilson могут быть одно- или трехфазными. Оборудование применяется в качестве главного или вспомогательного источника снабжения электроэнергией для загородных домов, дач, аварийных городских служб, бизнес-центров, крупных торговых комплексов, строительных объектов, аэропортов, на производственных предприятиях, в тяжёлой промышленности. Дизель генераторы FG Wilson отличает повышенная степень надёжности, европейское качество и предельная простота эксплуатации. Высокая производительность электростанций и долгий срок эксплуатации обеспечивают лидирующие позиции на рынке электротехнического оборудования.

Дизельные электростанции от компании Wilson имеют модульную конструкцию, вне зависимости от производимой мощности электроэнергии. Это позволяет вносить соответствующие модификации и корректировки в конфигурацию оборудования, для обеспечения оптимального соответствия электростанции под требования и условия каждого конкретного объекта.

Дизель генератор в диапазоне мощности от 10 кВА до 35 кВА предназначается для небольших объектов, таких как коттеджи, офисные здания, торговые центры. Оборудование этого типа обеспечивает автономное электроснабжение объектов, производя однофазный переменный ток (напряжение 220В, частота 50Гц), или же трехфазный переменный ток (напряжение 380/220В, частота 50 Гц). Вне зависимости от конкретного устройства, всё оборудование оснащается английскими двигателями Perkins.

Электростанции повышенной мощности имеют технические характеристики в диапазоне от 27 кВА до 165 кВА. Оборудование этого типа обеспечивает автономное электроснабжение объектов трехфазным переменным током (напряжение 380/220В, частота 50 Гц). Электростанции повышенной мощности широко применяются для снабжения электричеством больших бизнес-центров, строительных площадок, крупных торговых комплексов.

Электростанции максимального уровня мощности производят трехфазный переменный ток (напряжение 380/220В, частота 50 Гц) и комплектуются двигателями марок Scania и Perkins, с системой жидкостного охлаждения. Данный вид оборудования применяется для автономного снабжения электроэнергией крупных государственных и коммерческих учреждений и инфраструктурных объектов. Электростанции этого типа используются в банках, на вокзалах, выставочных и производственно-промышленных комплексах.

3.5 Комплектация дизельной электростанции

В стандартную комплектацию дизель-генератора фирмы FG Wilson модели P700-1 входит:

1. Дизельный двигатель Perkins 2806A-E18TAG2 (Великобритания) с механическим регулятором частоты оборотов двигателя и повышенной нагрузочной способностью. Впрыск - с турбонагнетателем;
2. Генератор переменного тока (альтернатор) Leroy Somer LL7024H (Франция) - синхронный бесщеточный самовозбуждаемый, система защиты IP-23. Двигатель и альтернатор соединены между собой с помощью фланца, смонтированы на едином основании - прочной сварной стальной раме с антикоррозионным покрытием с виброопорами и встроенным в основание стальным топливным баком емкостью 1157 литров (до 20 часов непрерывной работы при 75% нагрузке);
3. Радиатор системы водяного охлаждения, заправленная охлаждающей жидкостью - антифриз, или тасол; система фильтрации воздуха, масла и топлива;
4. Топливный фильтр тонкой очистки топлива с влагоотделением Rasog;
5. Промышленный глушитель с монтажным комплектом и выхлопным коллектором;
6. Дренаж для масла;
7. Дренаж охлаждающей жидкости;
8. Электростартерная система - электростартер, низковольтный зарядный генератор, стартерные аккумуляторные батареи;
9. Устройство (датчик сигналов) защиты двигателя при аварийных ситуациях (при низком давлении смазочного масла, высокой температуре охлаждающей жидкости, др.);
10. Автоматический регулятор напряжения, обеспечивающий стабилизацию напряжения электронным регулятором с погрешностью не более $\pm 0,5\%$;
11. Фланец радиатора;
12. Автоматический выключатель генератора (защита от токов перегрузки и при коротком замыкании);

13. Цифровая панель управления Power Wizard 1.0 или Power Wizard 2.0, в антивандальном корпусе, смонтированная на специальной стойке стальной рамы ДГУ;

14. Защитное ограждение вентилятора и его привода, привода низковольтного генератора.

3.6 Функционирование системы в различных режимах

Дизельная электростанция будет находиться в 2 режимах работы, это режим ожидания и режим резервного источника питания подстанции.

3.7.1 ДЭС в режиме ожидания

Данный режим работы ДЭС представляет собой функционирование оборудования в режиме ожидания, когда основные источники питания на ПС находятся под напряжением, и нет необходимости использовать дополнительный источник питания для СН ПС. По сути говоря, ДЭС не работает и находится в качестве резерва.

3.7.2 ДЭС в качестве резервного источника питания

Этот режим работы является важным для СН ПС, так как при потере напряжения на основных источниках питания, в следствии чего произойдет потеря на ТСН, собственный нужды подстанции останутся без напряжения. Здесь и включается в работу ДЭС в качестве резервного источника питания СН ПС на время устранения аварии или других причин, по которым произошла потеря напряжения на ПС. ДЭС обеспечит достаточным количеством энергии для качественного функционирования собственных нужд ПС.

При потере напряжения подается сигнал на запуск ДЭС и через 1-3 секунды ДГУ достигает номинального числа оборотов. Если двигатель не запустился, то управляющий сигнал на запуск подается повторно (до 3-5 раз). Через 15 секунд после того как двигатель достиг номинального числа оборотов, нагрузка автоматически переключается на дизель-генератор.

В случае восстановления напряжения на основных источниках питания ПС, происходит автоматическое переключение нагрузки с ДЭС на

автотрансформаторы ПС. Обратное переключение может осуществляться с кратковременной, синхронно с сетью, параллельной работой дизель-генератора. При этом прерывание питания потребителей не произойдет. После восстановления напряжения в сети, ДЭС несколько минут продолжает работу на холостом ходу для охлаждения двигателя, а затем останавливается. После остановки ДЭС повторно готова к запуску.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной выпускной квалификационной работы были сделаны следующие выводы:

В качестве резервного источника питания собственных нужд ПС было представлено 3 варианта: воздушные линии электропередач, литий-ионные аккумуляторные батарей и дизель-генераторная установка. После экономической оценки применения каждого из предложенных вариантов было выявлено, что ДГУ является наиболее оптимальным выбором, т.к стоимость ВЛ из расчетов оказалась слишком высокой, а устоявшейся цены на ЛИАБ нету.

Было рассмотрено 9 производителей ДГУ таких стран как Франция, США, Великобритания, Германия, Япония, Швеция, Россия. Было принято решение остановиться на производителе из Великобритании, и в качестве ДГУ была выбрана модель P700-1 фирмы FG Wilson, которая отличается своим качеством и надежностью. Стоимость ДГУ P700-1 фирмы FG Wilson 7,5 млн. руб. ДГУ представлена в кожухе, его номинальная мощность равна 636 кВА, а номинальный ток в основном режиме 919 А. Масса составляет 5724 кг.

Были описаны объемно-планировочные конструктивные решения, основные требования по размещению и расположению ДГУ на ПС. Также к данной ДГУ было предъявлено состав оборудования и конструктивное исполнение самой установки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Российская Федерация. Законы. Об электроэнергетике [Текст] : федер. закон : [принят Гос. Думой 21 февраля 2003 г. : одобр. Советом Федерации 12 марта 2003 г.]. – М. : Кремль, 2003. – 62 с.
2. 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.
3. Инструкция по эксплуатации щита собственных нужд ПС 220 кВ «Левобережная» [Текст]: утвержден ОАО «ФСК ЕЭС» главным инженером СП МЭС М. В. Корнеевым 01.01.2010: введен в действие 01.01.2010. – 5 с.
4. ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (с изменениями и дополнениями) [Текст]: утверждены постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 5.01.2001. N 3; приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 27.12.2000. N 163: введена 01.07.2001. – 42 с.
5. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ. [Текст]: СТО 56947007- 29.240.10.028-2009: утв. Приказом ПАО «ФСК ЕЭС» 13.04.2009: ввод в действие 13.04.2009. – М.:ФСК ЕЭС, 2009. – 96 с.
6. Положение о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС» [Текст]: утв. Председатель Совета Директоров ОАО «ФСК ЕЭС» С. И. Шматко 2011: ввод в действие 2011. – М: ФСК ЕЭС, 2011 – 147 с.
7. Основные положения (Концепция) технической политики в электроэнергетике России на период до 2030 г. [Текст]: утв. ОАО РАО «ЕЭС России» 2008: ввод в действие 2008. – 90 с.
8. Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35–750 кВ [Текст]: СТО 56947007-29.240.55.016-

2008: утв. Приказом ПАО «ФСК ЕЭС» 03.02.2012: ввод в действие 24.10.2008. – М.: ФСК ЕЭС, 2008. – 42 с.

9. Правила устройства электроустановок [Текст] : (ПУЭ). – [п. 2.5.95 7-е изд.]. – М. : Мин. Энерг. России, 2012. – 330 с.

10. Правила устройства электроустановок [Текст] : (ПУЭ). – [п. 2.5.125 7-е изд.]. – М. : Мин. Энерг. России, 2012. – 330 с.

11. Траверсы изолирующие полимерные для опор ВЛ 110–220 кВ. Общие технические требования, правила приемки и методы испытаний [Текст]: СТО 56947007-29.120.90.033-2009: утв. Приказом ПАО «ФСК ЕЭС» 17.06.2009: ввод в действие 17.06.2009. – М.: ФСК ЕЭС, 2009. – 30 с.

12. Арбузов Р., Овсянников А. Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи. Новосибирск: Наука, 2009. 180 с.

13. Горур Р. Будущее электрических изоляторов: мнение руководителей шести энергетических компаний США // Энергоэксперт, 2010, № 6. С. 50–53.

14. Патент на полезную модель № 103664. Подвесной полимерный изолятор / Гунгер Ю.Р. – М., 2010.

15. Gutman I. Helicopter & Ground-Based Methodologies to Detect Defective/Damaged [Текст], 1.10.2016, 10 p.

16. Укрупненные стоимостные показатели линий электропередачи и подстанций напряжением 35-750 кВ [Текст]: утвержден ФСК ЕЭС 2013: введен 2013. – 62 с.

17. Правила устройства электроустановок [Текст] : (ПУЭ). – [7-е изд.]. – М. : Мин. Энерг. России, 2012. – 330 с.

18. Experimental investigations on mixing of two biodiesels blended with diesel as alternative fuel for diesel engines, 2017, K. Srithar, K. Arun Balasubramanian, V. Pavendan, B. Ashok Kumar, 7 p.

19. Experimental investigation of methyl ester of cotton seed oil blend with diesel on ci engine, 2014, Vijayaraj, K. and A.P. Sathiyagnanam, ISSN: 1546-9239, 11 p.

20. Use of Palm oil Biodiesel Blends as a Fuel for Compression Ignition Engine, 2011, B. Deepanraj, C. Dhanesh, R. Senthil, M. Kannan, A. Santhoshkumar and P. Lawrence, DOI:10.3844/ajassp.2011.1154.1158, 11 p.

21. Performance of a diesel engine with blends of biodiesel (from a mixture of oils) and high-speed diesel, 22.07.2013, Raheman, H., Jena, P.C. & Jadav, S.S. Int J Energy Environ Eng (2013) 4: 6. DOI:10.1186/2251-6832-4-6, 15 p.

22. Blends of diesel and biodiesel of cooking oil waste and moringa (*Moringa oleífera* Lam): kinetic and thermal analysis and monitoring during storage, 27.03.2017, Arruda, T.B.M.G., Dantas, M.B., de Araújo, K.C. et al. Int J Energy Environ Eng (2017). doi:10.1007/s40095-017-0232-x, 7 p.

23. Типовые требования и рекомендации по размещению дизельной электростанции в помещении. – 5 с.

http://comtelsys.narod.ru/download/Tipovye_trebovaniya_i_rekomendacii_po_razmestsheniju_dizel_noj_elektrostancii_v_pomestshenii.doc

24. 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.

25. Нормы технологического проектирования дизельных электростанций [Текст]: протокол от 13.07.90 № 38: утв. Минэнерго СССР: ввод в действие 13.07.1990. – НТПД-90, Минэнерго СССР, 1990. – 22 с.

26. 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.

ПРИЛОЖЕНИЕ А - Оборудование

Таблица А.1 - Тип и параметры оборудования электрической схемы подстанции

№ п/п	Тип и параметры оборудования	Кол-во
ОРУ 220 кВ		
1	Автотрансформатор АТДЦТН-250000/220/110/10 У1	2
2	Ограничитель перенапряжения ОПН-П-220/158/10/800-III-УХЛ1-01(АТ-1,АТ-2)	2
3	Разъединитель РПД-2-220/2500 УХЛ1/50кА (ШР-1-220 ШСВ, ШР-2-220 ШСВ, ТР 220 АТ-1, ТР 220 АТ-2, ШР-1-220 АТ-1)	5
4	Выключатель элегазовый ВЭБ-220III-50/3150 УХЛ1	8
5	Разъединитель РПДО-1п-220/2500 УХЛ1/50кА (ШР-2-220 АТ-1)	3
6	Разъединитель РПДО-2-220/2500 УХЛ1/50кА (ШР-2-220 АТ-2)	3
7	Разъединитель РПД-1п-220/1600 УХЛ1/50кА (ШР-1 ВЛ 220)	5
8	Разъединитель РПДО-1п-220/1600 УХЛ1/50кА (ШР-2 ВЛ 220)	15
9	Разъединитель РПД-2-220/1600 УХЛ1/50кА (ЛР ВЛ 220)	5
32	Разъединитель РПД-1-220/2500 УХЛ1/50кА (ШР-1-220 АТ-2)	1
10	Высокочастотный заградитель ВЗ-1250-0,5 УХЛ1	10

11	Трансформатор напряжения НДКМ-220 УХЛ1 в составе: 1. Конденсатор связи 220 кВ в составе: верхний элемент СМБВ-110/$\sqrt{3}$-6,4УХЛ1 нижний элемент СМПБ-110/$\sqrt{3}$-6,4УХЛ1 2. Электромагнитное устройство 3. Конденсатор отбора мощности СМАИВ-110/$\sqrt{3}$-18УХЛ1	11
12	Ограничитель перенапряжения ОПН-220/157-10/800(III) УХЛ1 (1 СШ 220 кВ)	1
13	Ограничитель перенапряжения ОПН-П-220/156/10/800-III-УХЛ1-01 (2 СШ 220 кВ)	1
14	Фильтр присоединения ФП 45-1000/9000 УХЛ1	10
15	Конденсатор связи 220 кВ в составе: верхний элемент СМБВ-110/$\sqrt{3}$-6,4УХЛ1 нижний элемент СМПБ-110/$\sqrt{3}$-6,4УХЛ1	5
16	Разъединитель РПД-2-110/2500 УХЛ1/50кА (ТР-110 АТ-1, ТР 110 АТ-2)	2
17	Разъединитель РВО-10/400 УХЛ2 (3Н ФП)	10
24	Ограничитель перенапряжения однофазный ОПН-П-110/78/10-900-III-УХЛ1	2 комплекта
КРУЭ 110 кВ		
КРУЭ 145 SP-1 в составе:		
18	Ячейка КВЛ 110 кВ КРУЭ 145 SP-1 в составе:	18
	1. 3-х позиционный переключатель 145SP-3PS1(ШР)	18

	2. выключатель элегазовый 145SP-K1	18
	3. трансформаторы тока CTIJ-110	18
	4. 3-х позиционный переключатель 145SP-3PS2(ЛР)	18
	5. Быстродействующий линейный заземлитель 145SP-LES2 (ЗНЛ)	18
	6. Трансформатор напряжения однофазный VGV3	8
19	Ячейка ввода от АТ КРУЭ 145 SP-1 в составе:	4
	1. Быстродействующий линейный заземлитель 145SP-LES2 (ЗНШ)	4
	2. 3-х позиционный переключатель 145SP-3PS1 (ШР)	4
	3. выключатель элегазовый 145SP-K1	4
	4. трансформаторы тока CTIJ-110	4
	5. 3-х позиционный переключатель 145SP-3PS2	4
	6. Быстродействующий линейный заземлитель 145SP-LES2 (ЗНТ)	4
20	Ячейка секционного выключателя КРУЭ 145 SP-1 в составе:	2
	1. Быстродействующий линейный заземлитель 145SP-LES2 (ЗНШ)	4
	2. 3-х позиционный переключатель 145SP-3PS2 (ШР)	4
	3. трансформаторы тока CTIJ-110	2
	4. выключатель элегазовый 145SP-K1	2
21	Трансформатор напряжения трехфазный VDGW3-110А	2
22	Трансформатор напряжения трехфазный VDGW2-110Х	4
23	Ограничитель перенапряжения трехфазный RVLUF-96KWY	6

Заходы КВЛ-110 кВ		
24	Ограничитель перенапряжения однофазный ОПН-П-110/78/10-900-III-УХЛ1	16 комплектов
25	Высокочастотный заградитель ВЗ-630-0,5 У1	4
26	Конденсатор связи СПМВ-110/ $\sqrt{3}$ -6,4 У1	4
14	Фильтр присоединения ФП45-1000/9000 УХЛ1	4
17	Разъединитель РВО-10/400 УХЛ2 (ЗН ФП)	4
КРУ-10 кВ АТ-1 (АТ-2)		
27	Реактор РТСТГ 10-1000-0,35 У3	2 комплекта
28	Выключатель вакуумный ВВУ-СЭЩ-ПЗ-10-20/1000 У2	2
29	Трансформатор ТСЗ-630/10,5	2
30	Трансформатор напряжения ЗНОЛ-СЭЩ-10-0,5/0,5/3-50/50/100 У2	2
ЩСН 0,4 кВ		
31	Автомат Masterpact NT06-16	3

Таблица А.2 – Оборудование шкафов

Шкафы	Наименование оборудования
Шкаф 1	1. Питание термодатчика ТСН-1 2. Панель РПН АТ-1 3. ЩАО – сеть аварийного освещения 4. Шкаф ВОЛС 5. Шкаф связи А1

Шкаф 2	1. Питание термодатчика ТСН-2 2. Панель РПН АТ-2 (MR) 3. ШУДН-1 – шкаф управления дренажными насосами маслосборника ввод №2 4. КР2 Кран мостовой КРУЭ 2 и 4 с. 110 кВ 5. ШМУ-26. Питание ШМУ секция 2,4
Шкаф 3	1. ШУН-1. Пожарный насос №1 2. Шкаф управления приточно-вытяжной системой П2/В2 3. Шкаф силовой ОРУ-220 яч. 1-2 4. Шкаф силовой ОРУ-220 яч. 5-8 5. 2 резерва 6. ОПУ04ШР1. Силовая сборка отм.8,7 7. ОПУ04ШР6. Силовая сборка отм.8,7
Шкаф 4	1. ШУН-2 2. 3 резерва 3. 04ШР7. Силовая сборка ОПУ отм.8,7 ввод №1 4. 07ШР1. Силовая сборка насосной ввод №2 5. ШАОТ АТ-2 ввод №1 6. Реакторная АТ-2. Силовая сборка
Шкаф 5	1. ЗВУ-1 – зарядно-выпрямительное устройство 2. ЗВУ-2 – зарядно-выпрямительное устройство 3. 1 резерва 4. 05Ш03. Сервисная сеть ОРУ-110 кВ 5. 04ШР3. Силовая сборка ОПУ отм.8.7 ввод №1 6. 10ШР1. Силовая сборка, реакторная АТ-1 7. ШСК-1 – шкаф разъединителей 110 кВ

Шкаф 6	1. 04ШР2. Силовая сборка ОПУ отм.8,7 2. ЗВУ-3 – зарядно-выпрямительное устройство 3. 02СШ1. Сервисная сеть АТ-1,2 4. УБП1 – устройство бесперебойного питания №1 ввод №2 5. 1 резерв 6. 14ШР1. Проходная, ввод №2 7. ЗЩО. Сборка освещения отм.8,7 8. ЩНО. Сборка наружного освещения
Шкаф 7	1. УБП-1 – устройство бесперебойного питания ввод №1 2. 04ШР4. Силовая сборка ОПУ отм.4,9 3. 14ШР1. Проходная ввод №1 4. 1 резерв 5. Сборка освещения отм.0,00 6. Сборка освещения отм.-3,2 7. 01СШ3. Сервисная сеть ОРУ-220 кВ 8. 07ШР1. Силовая сборка насосной ввод №1 9. ШАОТ АТ-1 ввод №1 10. Силовая сборка 09ШР1. Камера переключения задвижек ввод №1
Шкаф 8	1. 01ШКС8. Питание шкафов ШКС ввод №№ яч.5-8 2. 01ШКС4. Питание шкафов ШКС ввод № яч.1-4 3. 04ШР3. Силовая сборка ввод №2 отм.8,7 4. 04ШР5. Силовая сборка ОПУ отм.0,00 5. Шкаф управления приточно-вытяжной системой П1/В1-ГН-1 6. ОСО – сборка охранного освещения 7. Силовая сборка 09ШР1. Камера переключения задвижек ввод №2 8. 02ШСК-2. Шкаф разъединителей 110 кВ

Шкаф 9	1. ШУДН-1 – шкаф управления дренажными насосами маслобборника ввод №1 2. КР1. Кран мостовой КРУЭ 1 и 3 с.110 кВ 3. ШГШ2. Освещение ШМУ секция 1,2 4. 1 резерв
Шкаф 10	1. 1 резерв 2. Шкаф ВЧ-связи 3. А3 Шкаф оповещения 4. А4 Центральный шкаф контроля и управления 5. ШУОЛС – шкаф управления ливневых стоков

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Производители ДГУ в различных странах

Б.1 Дизельные и газовые электростанции Cummins (Великобритания)

Очень качественные и надежные дизельные и газовые электростанции - профессиональная техника с большим ресурсом, идеально подходит к нефтяной и газовой отрасли, значительное количество дизельных двигателей тяжелой строительной и карьерной техники - это Cummins.

Дизель-генераторные установки Cummins используют: Центральный Банк РФ, Ростелеком, Газпром, Сургутнефтегаз, Якутскэнерго и многие другие компании и организации. На рисунке Б.1 представлена дизельная электростанция. Подробная характеристика дизельной электростанции Cummins C550 D5 приведена в таблице Б.1.



Рисунок Б.1 – Дизельная электростанция Cummins C550 D5

Таблица Б.1 – Характеристики дизельной электростанции Cummins C550 D5

Производитель	Cummins (США)
Модель	C550 D5
Максимальная мощность, кВА/кВт	550/400
Номинальная мощность, кВА/кВт	500 /400
Базовая мощность, кВА/кВт	400/320
Максимальная сила тока, А	792
Номинальный ток в основном режиме, А	722
Напряжение, В	230/400
Уровень шума, дБ	72
Двигатель	
Производитель двигателя	Cummins (США)
Модель дизельного двигателя	QSX15G8
Количество и расположение цилиндров	6, рядное
Максимальная мощность двигателя, кВт	477
Частота вращения, (об/мин)	1500
Тип охлаждения двигателя	жидкостное
Объем двигателя, (л)	15
Объем масляной системы, (л)	91
Удельный расход топлива, л/кВт·ч	0,257
Расход топлива при 100% нагрузке, л/час	102,6
Расход топлива при 75% нагрузке, л/час	77
Расход топлива при 50% нагрузке, л/час	51,4

Альтернатор (генератор переменного тока)	
Производитель альтернатора	Stamford
Модель альтернатора	HC5D
Тип альтернатора	Синхронный
Класс защиты	IP 23
Характеристики эффективности основных узлов	
КПД двигателя, %	41,5
КПД альтернатора, %	92,2
КПД силовой установки, %	38,3
Габариты и вес (открытое исполнение/шумозащитный кожух/контейнер)	
Габариты, (мм)	3376x1500x2064/5110x1563x2447/6000 x2438x2438
Емкость бака, (л)	900/900/1000, 3000 или 5000
Макс. Автономия (при нагрузке 100%/100%/1000л), (ч)	8,8/8,8/13
Макс. Автономия (при нагрузке 75%/75%/2000л), (ч)	11,7/11,7/26
Макс. Автономия (при нагрузке 50%/50%/5000л), (ч)	17,5/17,5/64,9
Масса, (кг)	4199/5691/6999

Cummins занимается проблемами надежного и эффективного энергообеспечения с 1939 г., когда фирма также представила первый в мире генераторный агрегат, в котором и двигатель, и генератор были разработаны одним производителем. Большинство заводов по сей день занимаются лишь комплектованием генераторных агрегатов из двигателей, генераторов и распределительных устройств, произведенных разными фирмами.

Сегодня Cummins является также одним из признанных мировых лидеров в области разработки и производства генераторных агрегатов, обеспечивая поставку энергетических систем собственного производства.

Генераторные установки Cummins с неизменным успехом эксплуатируются практически повсюду и в самых различных качествах: как автономные основные источники питания удаленных объектов добывающей промышленности и морских судов, как резервные источники питания в больницах и госпиталях, а также параллельно подключаемые источники электроэнергии (правда пока только от 550 кВА и выше), применяемые в целях ограничения или распределения пиковых нагрузок.

Главным общим свойством всех генераторных агрегатов Cummins является их исключительная надежность, в том числе и при самых неблагоприятных условиях эксплуатации, что достигается за счет применения современных материалов, отработанной методики производства и скрупулезного контроля за качеством продукции.

Cummins осуществляет не только производство основных элементов своих генераторных агрегатов - генераторов и двигателей, но и разработку всего вспомогательного оборудования, вплоть до панелей управления и проводки. В этом состоит коренное отличие от остальных фирм, поставляющих аналогичные системы.

Б.2 Дизельные электростанции SDMO (Франция)

Годовой выпуск вместе с портативными генераторными установками - около 100 000 штук, 152 страны потребителя, в том числе Россия.

Основные критерии - качество, надежность, достойный дизайн, опциональность, продуманность автоматики и всей конструкции, адаптируемость для России.

Двигатели ведущих мировых производителей - Mitsubishi (Япония), John Deere (США), Volvo Penta (Швеция), MTU (Германия).

Развитая сеть дистрибьюторов в мире и действительная техническая поддержка, присутствие в России более 10 лет.

Это один из наиболее подготовленных брендов к продаже в России, который является одним из передовых и лучших, стоимость также говорит о ведущих позициях и лидерстве. На рисунке Б.2 представлена дизельная электростанция SDMO V630C2. Подробная характеристика дизельной электростанции SDMO V630C2 приведена в таблице Б.2.



Рисунок Б.2 – Дизельная электростанция SDMO V630C2

Таблица Б.2 – Характеристики дизельной электростанции SDMO V630C2

Производитель	SDMO (Франция)
Модель	V630C2
Максимальная мощность кВА/кВт	630/504
Номинальная мощность кВА/кВт	573/458
Базовая мощность кВА/кВт	458/367
Максимальная сила тока, А	907

Номинальный ток в основном режиме, А	827
Напряжение, В	320/400
Уровень шума, дБ	72
Двигатель	
Производитель двигателя	Volvo (Швеция)
Модель двигателя	TAD1642GE
Кол-во и расположение цилиндров	6, рядное
Максимальная мощность двигателя, кВт	554
Частота вращения, об/мин	1500
Тип охлаждения	жидкостное
Объем двигателя, л	16,12
Объем масляной системы, л	48
Удельный расход топлива, л/кВт·ч	0,247
Расход топлива при 100% нагрузке, л/час	113,3
Расход топлива при 75% нагрузке, л/час	85
Расход топлива при 50% нагрузке, л/час	56,7
Альтернатор (генератор переменного тока)	
Производитель альтернатора	Leroy Somer
Модель альтернатора	472L9
Тип альтернатора	синхронный
Класс защиты	IP 23
Характеристики эффективности основных узлов	

КПД двигателя, %	43,8
КПД альтернатора, %	91
КПД силовой установки, %	39,9
Габариты и вес (открытое исполнение/шумозащитный кожух/контейнер)	
Габариты, мм	3470x1630x2080/5030x1690x2660/6000x2438x2438
Емкость бака, л	610/610/1000, 3000 или 5000
Макс. Автономия (при нагрузке 100%/100%/1000л), ч	5,4/5,4/11,8
Макс. Автономия (при нагрузке 75%/75%/2000л), ч	7,2/7,2/23,5
Макс. Автономия (при нагрузке 50%/50%/5000л), ч	10,8/10,8/58,8
Масса, кг	3780/5300/6580

Отличительные особенности дизельных электростанций SDMO:

1. Надежность - это основной критерий, чем руководствуется компания SDMO при производстве своих установок. Применяя передовые технологии и современный подход к проектированию, SDMO добивается хороших результатов;

2. Опыт работы. Компания SDMO обладает почти 40-летним опытом профессионального производства генераторных установок. Ежегодный выпуск всех типов (и бензиновых и дизельных генераторов) - около 100 000 шт. В России компания SDMO работает уже более 10 лет. SDMO - один из ведущих в Европе концернов;

3. Качество предоставления информации о продукте полностью соответствует всем европейским нормам. Техническая документация пользователя стандартно поставляется на русском языке;

4. Имидж. Благодаря узкой специализации компания SDMO приобрела высокую квалификацию, признаваемую в более чем 150 страна мира. Компания SDMO (объединившаяся с всемирно известным концерном Kohler) в настоящее время является одним из лидирующих мировых производителей генераторных установок в мире и имеет возможность снабжать продукцией безупречного качества.

Б.3 Geko (Германия)

Годовой выпуск более 40 000 штук, 20 стран потребителей, профессиональная техника, дизайн улучшен, опциональность, собственная автоматика, двигатели ведущих мировых производителей (Iveco - снимаются с поставок на завод, Volvo, Skania, Deutz). Лучшая альтернатива бельгийским установкам с двигателями Deutz и при этом лучше организована сервисная поддержка, предлагаются комплексные решения, контейнерное производство. Развитая сеть дистрибьюторов в России, действительная техническая поддержка и сервис, присутствие в России более 5 лет. Цены в евро средние. На рисунке Б.3 представлена дизельная электростанция Geko 620010 ED-S/VEDA.



Рисунок Б.3 - Дизельная электростанция Geko 620010 ED-S/VEDA

Подробная характеристика дизельной электростанции Geko 620010 ED-S/VEDA представлена в, таблице Б.3.

Таблица Б.3 – Характеристики дизельной электростанции Geko 620010 ED-S/VEDA

Производитель	Geko (Германия)
Модель	620010 ED-S/VEDA
Максимальная мощность кВА/кВт	693/554
Номинальная мощность кВА/кВт	630/504
Базовая мощность кВА/кВт	504/403
Максимальная сила тока, А	998
Номинальный ток в основном режиме, А	909
Напряжение, В	230/400
Уровень шума, дБ	72
Двигатель	
Производитель двигателя	Volvo (Швеция)
Модель двигателя	TWD1643GE
Кол-во и расположение цилиндров	6, рядное
Максимальная мощность двигателя, кВт	596
Частота вращения, об/мин	1500
Тип охлаждения	жидкостное
Объем двигателя, л	16,13
Объем масляной системы, л	48
Удельный расход топлива, л/кВт·ч	0,249
Расход топлива при 100% нагрузке, л/час	125,7

Расход топлива при 75% нагрузке, л/час	94,3
Расход топлива при 50% нагрузке, л/час	62,9
Альтернатор (генератор переменного тока)	
Тип альтернатора	синхронный
Класс защиты	IP 23
Характеристики эффективности основных узлов	
КПД двигателя, %	42,5
КПД альтернатора, %	93
КПД силовой установки, %	39,5
Габариты и вес (открытое исполнение/шумозащитный кожух/контейнер)	
Габариты, мм	3460x1350x2300/4500x1840x2540
Емкость бака, л	890/950/1000, 3000 или 5000
Макс. Автономия (при нагрузке 100%/100%/1000л), ч	7,1/7,6/10,6
Макс. Автономия (при нагрузке 75%/75%/2000л), ч	9,4/10,1/21,2
Макс. Автономия (при нагрузке 50%/50%/5000л), ч	14,2/15,1/53
Масса, кг	4230/4830/7030

Б.4 Caterpillar (США)

Очень дорогая, качественная техника. По своей цене и надежности дизель генераторные установки и газовые электростанции должны эксплуатироваться в тяжелых условиях эксплуатации с большими нагрузками, поэтому её закупка актуальна для добывающей и перерабатывающей промышленности с

непрерывным циклом производства. Только в этом режиме оправдана высокая цена на эту технику.

Caterpillar занимается проблемами надежного и эффективного энергообеспечения с 1939 г., когда фирма представила первый в мире генераторный агрегат, в котором и двигатель, и генератор были разработаны одним производителем. На рисунке Б.4 представлена дизельная электростанция Caterpillar C-18. Подробная характеристика дизельной электростанции Caterpillar C-18 представлена в таблице Б.4.



Рисунок Б.4 - Дизельная электростанция Caterpillar C-18

Таблица Б.4 – Характеристики дизельной электростанции Caterpillar C-18

Производитель	Caterpillar (США)
Модель	C-18
Максимальная мощность кВА/кВт	700/560
Номинальная мощность кВА/кВт	636/509
Базовая мощность кВА/кВт	509/407

Максимальная сила тока, А	1008
Номинальный ток в основном режиме, А	919
Напряжение, В	230/400
Уровень шума, дБ	72
Двигатель	
Производитель двигателя	Catepillar (США)
Модель двигателя	C-18 АТААСЗ
Кол-во и расположение цилиндров	6, рядное
Максимальная мощность двигателя, кВт	831
Частота вращения, об/мин	1500
Тип охлаждения	жидкостное
Объем двигателя, л	18,13
Объем масляной системы, л	38
Удельный расход топлива, л/кВт·ч	0,272
Расход топлива при 100% нагрузке, л/час	138,5
Расход топлива при 75% нагрузке, л/час	103,9
Расход топлива при 50% нагрузке, л/час	69,3
Альтернатор (генератор переменного тока)	
Производитель альтернатора	Catepillar
Модель альтернатора	SR4B
Тип альтернатора	синхронный
Класс защиты	IP 23

Характеристики эффективности основных узлов	
КПД двигателя, %	53,6
КПД альтернатора, %	67,4
КПД силовой установки, %	36,1
Габариты и вес (открытое исполнение/шумозащитный кожух/контейнер)	
Габариты, мм	4273x1536x2165/6000x2700x2450/6000x2438x2438
Емкость бака, л	900/900/1000, 3000 или 5000
Макс. Автономия (при нагрузке 100%/100%/1000л), ч	6,5/6,5/9,6
Макс. Автономия (при нагрузке 75%/75%/2000л), ч	8,7/8,7/19,2
Макс. Автономия (при нагрузке 50%/50%/5000л), ч	13/13/48,1
Масса, кг	3987/5487/6787

Сегодня Caterpillar является одним из признанных мировых лидеров в области разработки и производства генераторных агрегатов (дизельных и газовых, с утилизацией тепла), обеспечивая поставку энергетических комплексных систем собственного производства.

Генераторные установки Caterpillar с неизменным успехом эксплуатируются практически повсюду и в самых различных качествах: как автономные основные источники питания удаленных объектов добывающей промышленности и морских судов, как резервные источники питания в больницах и госпиталях, а также параллельно подключаемые источники электроэнергии, применяемые в целях ограничения или распределения пиковых нагрузок.

Главным общим свойством всех генераторных агрегатов Caterpillar также является их исключительная надежность, в том числе и при самых

неблагоприятных условиях эксплуатации, что достигается за счет применения современных материалов, отработанной методики производства и скрупулезного контроля за качеством продукции.

Долгие сроки поставки. 100% акций FG Wilson принадлежит Caterpillar, поэтому кому нужно цену поменьше можно выбрать бренд FG Wilson.

Б.5 Airman (Япония)

Японские бренды - Airman и DENYO - бесспорно качественная, надежная и дорогая техника, но:

1. Сроки поставки электростанций и запчастей - 3 месяца и более с момента заказа (если нет на складе);

2. Модели только в шумозащитном кожухе (и чтобы не говорили - сравнимы по качеству с кожухами других ведущих производителей);

3. Дизель генераторы мощностью до 100 кВт могут быть с конкурентной ценой, но модели более мощных электростанций очень дорогие (разница от 20 % и выше) и поставляться вероятно не будут;

4. Кожух также вероятно снимать никто не будет (а открытых моделей нет в базовых комплектациях, в отличие от SDMO, GM и др.);

5. Автоматика (автозапуск) может дорабатываться в России на турецких контроллерах DKG, что делает бессмысленным высокое качество японской техники (а кроме как бытовых с автоматикой для коттеджей и офисов эту технику нигде использовать не приходится из-за малых мощностей), при этом гарантия в данном случае от завода-производителя условная, т.к. производитель далеко, а установка такой автоматики автоматически аннулирует гарантию производителя.

На рисунке Б.5 представлена дизельная электростанция Airman SDG610S. Подробная характеристика дизельной электростанции Airman SDG610S представлена в таблице Б.5.



Рисунок Б.5 - Дизельная электростанция Airman SDG610S

Таблица Б.5 – Характеристики дизельной электростанции Airman SDG610S

Производитель	Airman (Япония)
Модель	SDG610S
Максимальная мощность кВА/кВт	610/488
Номинальная мощность кВА/кВт	555/444
Базовая мощность кВА/кВт	444/355
Максимальная сила тока, А	878
Номинальный ток в основном режиме, А	800
Напряжение, В	230/400
Уровень шума, дБ	72
Двигатель	
Производитель двигателя	Mitsubishi (Япония)
Модель двигателя	S6R-PTA
Кол-во и расположение цилиндров	6, рядное

Максимальная мощность двигателя, кВт	570
Частота вращения, об/мин	1500
Тип охлаждения	жидкостное
Объем двигателя, л	24,5
Удельный расход топлива, л/кВт·ч	0,346
Расход топлива при 100% нагрузке, л/час	153,3
Расход топлива при 75% нагрузке, л/час	115
Расход топлива при 50% нагрузке, л/час	76,7
Альтернатор (генератор переменного тока)	
Тип альтернатора	синхронный
Класс защиты	IP 23
Характеристики эффективности основных узлов	
КПД двигателя, %	33,2
КПД альтернатора, %	85,6
КПД силовой установки, %	28,4
Габариты и вес (шумозащитный кожух)	
Габариты, мм	5174x1650x2400
Емкость бака, л	580
Макс. Автономия (при нагрузке 100%), ч	3,8
Макс. Автономия (при нагрузке 75%), ч	5

Макс. Автономия (при нагрузке 50%), ч	7,6
Масса, кг	8190

Поэтому лучше покупать готовый заводской продукт европейского качества - по крайней мере агрегат не сломается сам по себе и он будет укомплектован штатной заводской автоматикой. В некоторых компаниях направление генераторных установок Airman не является ведущим и состоит из одного-двух продавцов без специальных знаний и предложений по комплексным решениям. Монтаж не производится одной компанией, подбор оборудования сводится к прочтению прайс-листа с основными характеристиками модели дизель-генератора и объявления стоимости.

Б.6 Atlas Copco (Бельгия)

Используются дизельные двигатели Deutz, которые в России менее известны, чем двигатели Cummins, Volvo Penta и John Deere, имеющие по несколько конкурирующих компаний специализирующихся на ремонте, поставках запчастей, консультациях и продажах. По информации представительства Deutz, сервис в России по этим двигателям имеется только в некоторых крупных городах России. Ряд моторов Volvo делается на производственных площадях Deutz, но эти моторы не используются на ходовых моделях дизельных электростанций SDMO и GM. На рисунке Б.6 представлена дизельная электростанция Atlas Copco QAC 800. Подробная характеристика дизельной электростанции Atlas Copco QAC 800 находится в таблице Б.6.



Рисунок Б.6 - Дизельная электростанция Atlas Copco QAC 800

Таблица Б.6 – Характеристики дизельной электростанции Atlas Copco QAC 800

Производитель	Atlas Copco (Швеция)
Модель	QAC 800
Максимальная мощность кВА/кВт	889/711
Номинальная мощность кВА/кВт	808/646
Базовая мощность кВА/кВт	646/517
Максимальная сила тока, А	1280
Номинальный ток в основном режиме, А	1166
Напряжение, В	230/400
Уровень шума, дБ	62
Двигатель	
Производитель двигателя	Deutz (Германия)
Модель двигателя	TBD616V12
Кол-во и расположение цилиндров	12, V-образное

Максимальная мощность двигателя, кВт	756
Частота вращения, об/мин	1500
Тип охлаждения	жидкостное
Объем двигателя, л	26,3
Объем масляной системы, л	78
Объем системы охлаждения, л	80
Удельный расход топлива, л/кВт·ч	0,309
Расход топлива при 100% нагрузке, л/час	200
Расход топлива при 75% нагрузке, л/час	150
Расход топлива при 50% нагрузке, л/час	100,1
Альтернатор (генератор переменного тока)	
Производитель альтернатора	Leroy Somer
Тип альтернатора	синхронный
Класс защиты	IP 23
Характеристики эффективности основных узлов	
КПД двигателя, %	33,8
КПД альтернатора, %	94,1
КПД силовой установки, %	31,8
Габариты и вес (шумозащитный кожух)	
Размер, мм	6058x2438x2591
Емкость бака, л	1500
Макс. Автономия (при нагрузке 100%), ч	7,5

Макс. Автономия (при нагрузке 75%), ч	10
Макс. Автономия (при нагрузке 50%), ч	15
Масса, кг	14500

Б.7 Курский электроагрегат и Ярославский Моторный Завод (Россия)

При выборе российской дизельной электростанции нужно обращать особое внимание на надежность дизельной электростанции, а также в целом и на компанию, предоставляющие услуги по реализации, гарантии, сервису. Заводов же, которые гарантированно поставляют более-менее качественную продукцию в средней полосе России два - Курский электроагрегат (КУ) и Ярославский Моторный Завод (ЯМЗ).

На рисунке Б.7 представлена дизельная электростанция КУ. Подробная характеристика дизельной электростанции КУ находится в таблице Б.7.



Рисунок Б.7 - Дизельная электростанция Курский электроагрегат АД480-Т400-1Р-Д

Таблица Б.7 – Характеристики дизельной электростанции Курский электроагрегат

Производитель	Электроагрегат (Россия)
Модель	АД480-Т400-1Р-D
Максимальная мощность кВА/кВт	660/528
Номинальная мощность кВА/кВт	600/480
Базовая мощность кВА/кВт	480/384
Максимальная сила тока, А	950
Номинальный ток в основном режиме, А	866
Напряжение, В	230/400
Уровень шума, дБ	72
Двигатель	
Производитель двигателя	Deutz China (Китай)
Модель двигателя	BF8M1015CP-G5
Кол-во и расположение цилиндров	8, V-образное
Максимальная мощность двигателя, кВт	584
Частота вращения, об/мин	1500
Удельный расход топлива, л/кВт·ч	0,237
Расход топлива при 100% нагрузке, л/час	114
Расход топлива при 75% нагрузке, л/час	85,5
Расход топлива при 50% нагрузке, л/час	57
Альтернатор (генератор переменного тока)	
Тип альтернатора	синхронный

Класс защиты	IP 23
Характеристики эффективности основных узлов	
КПД двигателя, %	45,9
КПД альтернатора, %	90,4
КПД силовой установки, %	41,5
Габариты и вес (открытое исполнение/шумозащитный кожух/контейнер)	
Габариты, мм	3050x1580x2100/3800x1600x2300/6000x2438x2438
Емкость бака, л	915/915/1000,3000 или 5000
Макс. Автономия (при нагрузке 100%/100%/1000л), ч	8/8/11,7
Макс. Автономия (при нагрузке 75%/75%/2000л), ч	10,7/10,7/23,4
Макс. Автономия (при нагрузке 50%/50%/5000л), ч	16,1/16,1/58,5
Масса, кг	2950/3950/5750

Проверяемые компоненты заводской российской дизельной электростанции:

1. Дизельный двигатель не из капремонта с номером, паспортом и ОТК завода и покрашен заводской краской;
2. Электрогенератор ГС или Leroy Somer (не китайские Marathon и Engga, и пр. аналогичные китайские генераторы);
3. Пульт управления (импортный контроллер - это не заводская сборка электростанции, родной отечественный пульт управления имеет много аналоговых приборов);
4. Рама, покрашенная с заводской термосушкой.

Качественным производителем дизельных электростанций может быть только сертифицированное предприятие государственного масштаба с

выпуском от 100 единиц в месяц. "Самосбор", не подкрепленный заводскими технологиями, расчетами, заводскими испытаниями, соответствующим оборудованием и оснасткой, иногда приводит к печальным последствиям.

Рассмотрим положительные и отрицательные качества производителя из России.

За:

1. Низкая стоимость по сравнению с импортными электростанциями;
2. Ремонт в любом регионе России с использованием общедоступных запчастей от грузовиков.

Против:

1. Подделки от самосбора на моторах с капремонта (для моторов ЯМЗ236 и ЯМЗ238);
2. Нестабильное качество отдельных комплектующих на заводской сборке электростанций;
3. Откровенный обман с мощностью (АД315 на 300 кВт по заводским расчетам надежности двигателя, его ресурсу и его характеристикам соответствует двигателю ЯМЗ 8503, а не ТМЗ);
4. Малое количество опций, по сравнению с импортными электростанциями;
5. Вес, габариты, шум;
6. Стоимость эксплуатации за годы выше, чем у импортных электростанций (за счет увеличенного расхода масла и топлива).