

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА**

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
по направлению подготовки 44.03.04. Профессиональное обучение (по  
отраслям)  
профилю «Энергетика»  
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений и  
энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 690

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра энергетики и транспорта

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующая кафедрой ЭТ  
\_\_\_\_\_ А.О. Прокубовская  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

### **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА**

Исполнитель:  
студент группы ДЗЭС-511

С.В. Чебыкин

Руководитель:  
старший преподаватель кафедры ЭТ

И. М. Морозова

Нормоконтролер:  
старший преподаватель кафедры ЭТ

Т.В. Лискова

Екатеринбург 2018



## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 64 страницах, содержит 11 рисунков, 22 таблицы, 31 источников литературы, а также 6 приложений на 6 страницах.

Ключевые слова: СИСТЕМА ГАРАНТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, СИСТЕМА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ, ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА, ИСТОЧНИК БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ.

Чебыкин С. В. Разработка системы электроснабжения логистического центра: выпускная квалификационная работа / С. В. Чебыкин; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. энергетики и транспорта. – Екатеринбург, 2018. – 64 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка системы электроснабжения логистического центра». В ходе работы рассмотрен вопрос поддержания бесперебойного электроснабжения с заданными параметрами качества, которое должно обеспечиваться как в штатном режиме, так и в аварийном, при отсутствии электроснабжения от сети.

2. Цель работы – разработать комплексную систему электроснабжения логистического центра обеспечивающую гарантированное и бесперебойное электропитания объекта.

3. В ходе работы был осуществлен расчет электрических нагрузок логистического центра, произведена оценка и выбор требуемых сечений и марки кабельной продукции.

4. В ходе работы были определены виды оборудования, позволяющего обеспечить бесперебойную работу логистического центра с заданными параметрами качества. Это оборудование может применяться не только в логистических центрах, но и в строительстве социально-значимых и высокотехнологичных объектов.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ .....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....	10
1.1 АНАЛИЗ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.....	10
1.2 РАСЧЕТ НАГРУЗОК .....	10
1.3 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	18
2 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА.....	21
2.1 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....	21
2.2 ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ И АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ .....	23
2.3 ВЫБОР ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ .....	33
2.4 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ .....	39
2.4.1 ВЫБОР ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ.....	39
2.4.2 РАСЧЕТ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ.....	41
2.5 ЗАЕМЛЕНИЕ.....	43
2.6 РАЗРАБОТКА РУКОВОДСТВА ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ.....	46
3 ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	49
3.1 ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....	49
3.2 ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ПРИ РАБОТЕ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ...	50
3.3 ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....	51
3.4 ЗАЩИТНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	60

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 .....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 .....	62
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 .....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 .....	64

## ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

<b>АКБ</b>	–	аккумуляторная батарея
<b>АВР</b>	–	автоматический ввод резерва
<b>АУГПТ</b>	–	автоматической установкой газового пожаротушения
<b>БК</b>	–	батареинный кабинет
<b>ГЦМО ЭМС</b>	–	государственный центр метрологического обеспечения в области электромагнитной совместимости
<b>ГРЩ</b>	–	главный распределительный щит
<b>ГОТВ</b>	–	газовые огнетушащие вещества
<b>ДГУ</b>	–	дизель-генераторная установка.
<b>ИБП</b>	–	источник бесперебойного питания.
<b>ИТ</b>	–	информационные технологии
<b>КЗ</b>	–	короткое замыкание
<b>КПД</b>	–	коэффициент полезного действия
<b>ПКЭ</b>	–	показатели качества электрической энергии
<b>ПКПУ</b>	–	приборы приемно-контрольные пожарный и управления
<b>СГЭ</b>	–	система гарантированного электроснабжения
<b>СБЭ</b>	–	система бесперебойного электроснабжения.
<b>СХД</b>	–	система хранения данных
<b>ТКЗ</b>	–	ток короткого замыкания
<b>ТО</b>	–	техническое обслуживание
<b>ЛЦ</b>	–	центр обработки данных.
<b>ЩГП</b>	–	щит гарантированного питания.
<b>ЩБП</b>	–	щит бесперебойного питания.
<b>ЩБПС</b>	–	щит бесперебойного питания серверной.
<b>ЩК</b>	–	щит кондиционеров.
<b>ШС</b>	–	шлейф сигнализации

- ЩС** – щит силовой.
- ЩП** – щит предохранителей.
- ЩПП** – щит промежуточного подключения



## ВВЕДЕНИЕ

В последнее время развития электронной и вычислительной техники и роста и повышения сложности систем электроснабжения наблюдается соответствующий рост требований к качеству электропитания, их надежности и экономичности.

К сожалению, для подавляющего большинства электрических сетей общего назначения Российской Федерации характерны низкие показатели качества электрической энергии:

- частые отключения;
- высокочастотный шум и помехи;
- отклонения параметров электросети (частота, напряжение) от стандартных;
- просадка напряжения в часы пиковой нагрузки.

Таким образом, при подключении высокотехнологического электронного цифрового оборудования обработки данных, вычислительных систем, телекоммуникационного оборудования к существующим электрическим сетям возникает повышенный риск не только возможного временного нарушения функционирования, но и полный выход из строя данных систем и оборудования.

На современном этапе развития, основой построения систем гарантированного электроснабжения являются источники бесперебойного питания, которые позволяют обеспечить заданные показатели качества электрической энергии как в штатном режиме (при работе от сети), так и в случае аварийного отключения электроснабжения за счет использования аккумуляторных батарей [1].

Данные системы, в силу физических ограничений емкости батарей, имеют возможность поддерживать работу в автономном режиме в течение достаточно ограниченного промежутка времени. Если существует техническая задача обеспечения бесперебойной работы подключенной нагрузки в течение

существенно большего количества времени, то система электроснабжения дополняется автономной электрогенераторной установкой, основанной, как правило, на дизельных двигателях внутреннего сгорания (ДГУ) [6].

Объектом исследования в данной квалификационной работе является логистический центр.

Предметом исследования в работе выступает система обеспечения гарантированного и бесперебойного электроснабжения логистического центра.

Цель данной работы - разработать систему гарантированного электроснабжения логистического центра. Поддержание бесперебойного электроснабжения с заданными параметрами качества, должно обеспечиваться как в штатном режиме, так и в аварийном, при отсутствии электроснабжения от сети.

Таким образом, для достижения поставленной в данной работе цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить расчет электрических нагрузок логистического центра;
- разработать структурную схему СГЭ и СБЭ;
- выполнить расчет технических параметров электрического оборудования;
- на основе выполненного расчета произвести выбор электрического оборудования, в том числе источников бесперебойного питания и дизель-генераторной установки;
- рассмотреть вопросы безопасности при монтаже и эксплуатации технического оборудования.

# 1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

## 1.1 Анализ потребителей

Логистический центр (ЛЦ) представляет собой комплекс технических помещений, и в зависимости от направленности обслуживаемой организации, содержит различное «активное» комплектующее оборудование. Корпоративные ЛЦ вмещают системы хранения и обработки данных, а так же сетевое и телекоммуникационное оборудование.

Электроснабжения логистического центра представляет собой комплекс, состоящий из административно-бытовой и складской части. Административно-бытовая часть предназначена для размещения персонала центра. В этой части размещены офисы со стандартными компьютерными рабочими местами, а также санузлы и зоны общего пользования. Выделенная группа электроприемников (серверы, системы безопасности, компьютеры) является группой первой категории надежности электроснабжения.

Для повышения надежности проектом предусмотрена установка ДЭС (дизель-генераторной электростанции), которая запускается через автоматику АВР. Кроме того, проектом предусмотрена установка локальных источников бесперебойного питания и групп аварийного освещения, имеющих собственные аккумуляторные батареи.

## 1.2 Расчет нагрузок

Расчет выполнен на основании данных технического задания в соответствии с РМ-2696 «Инструкция по расчету электрических нагрузок» [17].

Поскольку нагрузка задана установленной мощностью и числом отдельных электроприемников, то расчет электрических нагрузок ведем по методу коэффициента спроса.

Метод коэффициента расчетной мощности сводится к определению ( $P_p$ ,  $Q_p$ ,  $S_p$ ) расчетных нагрузок группы электроприемников.

$$P_p = K_c \cdot P_y; \text{ кВт} \quad (1)$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi; \text{ кВар} \quad (2)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \text{ кВА} \quad (3)$$

где  $K_c$  – коэффициент спроса электроприемников, определяется на основании опыта эксплуатации;

$P_y$  – установочная активная групповая мощность, приведенная к длительному режиму, без учета резервных электроприемников, кВт;

$\operatorname{tg} \varphi$  – коэффициент реактивной мощности;

$P_p$  – средняя расчетная активная мощность за наиболее загруженную, кВт;

$Q_p$  – средняя расчетная реактивная мощность за наиболее загруженную смену, кВар.

$S_p$  – средняя расчетная полная мощность за наиболее загруженную смену, кВА.

Зная единичные установочные мощности электроприемников и их количество, определяем номинальные активные групповые мощности и сумму номинальных активных групповых мощностей в группе электроприемников.

Определяем сменные нагрузки и расчетные токи.

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}; \text{ А} \quad (4)$$

Расчеты мощностей представлены в таблицах 1-9.

По результатам расчета получены следующие итоговые значения:

- расчетная мощность

СГЭ  $P_p=312,9$  кВт;

- расчетная мощность

СБЭ  $P_p=213,0$  кВт.

Таблица 1 – Общая мощность системы

Наименование	Установленная мощность активная $P_u$ , кВт	Количество фаз	Коэффициент спроса $K_c$	$\cos\phi$	Расчетная мощность			Установленный ток $I_u$ , А	Расчетный ток $I_p$ , А
					активная $P_p$ , кВт	реактивная $Q_p$ , кВАр	полная $S_p$ ,кВА		
СГЭ*	539,00	3	0,58	0,94	312,98	117,51	334,3	874,7	507,9
СБЭ* в составе: -ЩБП1 -ЩБП2	392,40	3	0,54	0,96	213,03	62,13	221,90	621,03	337,14
Заряд СБЭ*	40,00	3	0,50	0,96	20,00	5,83	20,83	63,13	31,57
ЩГПЗ	106,60	3	0,75	0,85	79,95	49,55	94,06	190,5	142,9

Таблица 2 – Потребление щита автоматического ввода резерва

Наименование	Установленная мощность активная $P_u$ , кВт	Количество фаз	Коэффициент спроса $K_c$	$\cos\phi$	Расчетная мощность			Установленный ток $I_u$ , А	Расчетный ток $I_p$ , А
					активная $P_p$ , кВт	реактивная $Q_p$ ,кВАр	полная $S_p$ ,кВА		
ЩГП1*	189,20	3	0,54	0,96	101,68	29,66	105,91	299,44	160,47
Заряд АКБ*	20,00	3	0,50	0,96	10,00	2,92	10,42	31,65	15,78
ЩГП1 при заряде АКБ*	209,20	3	0,53	<b>0,96</b>	111,68	32,57	116,33	331,09	176,25
ЩГП2*	203,20	3	0,55	0,96	111,35	32,48	115,99	321,59	175,74
Заряд АКБ*	20,00	3	0,50	0,96	10,00	2,92	10,42	31,65	15,78
ЩГП2 при заряде АКБ*	223,20	3	0,54	<b>0,96</b>	121,35	35,39	126,41	353,25	192,05
ЩГПЗ	106,60	3	0,75	0,85	79,95	49,55	94,06	190,54	142,51
<b>ИТОГО АВР</b>	<b>499,00</b>	<b>3</b>	<b>0,59</b>	<b>0,93</b>	<b>292,9</b>	<b>111,68</b>	<b>313,54</b>	<b>811,37</b>	<b>476,3</b>
<b>ИТОГО при заряде АКБ</b>	<b>539,00</b>	<b>3</b>	<b>0,58</b>	<b>0,94</b>	<b>312,9</b>	<b>117,51</b>	<b>334,31</b>	<b>874,75</b>	<b>507,9</b>

Таблица 3 – Потребление щита гарантированного питания - 3

Наименование	Установленная мощность активная $P_u$ , кВт	Количество фаз	Коэффициент спроса $K_c$	$\cos\phi$	Расчетная мощность			Установленный ток $I_u$ , А	Расчетный ток $I_p$ , А
					активная $P_p$ , кВт	реактивная $Q_p$ , кВАр	полная $S_p$ ,кВА		
Кондиционер К1	29,60	3	0,75	0,85	22,20	13,76	26,12	52,76	39,57
Кондиционер К3	29,60	3	0,75	0,85	22,20	13,76	26,12	52,76	39,57
Увлажнитель + нагреватель для К2	11,60	3	0,75	0,85	8,70	5,39	10,24	20,68	15,51
Увлажнитель + нагреватель для К4	11,60	3	0,75	0,85	8,70	5,39	10,24	20,68	15,51
ЩК	19,20	3	0,75	0,85	14,40	8,92	16,94	34,32	25,74
ЩСН ДГУ	5,00	3	0,75	0,85	3,75	2,32	<b>4,41</b>	8,91	6,68
<b>ИТОГО ЩГПЗ</b>	<b>106,60</b>	<b>3</b>	<b>0,75</b>	<b>0,85</b>	<b>79,95</b>	<b>49,55</b>	<b>94,06</b>	<b>190,54</b>	<b>142,9</b>

Таблица 4 – Потребление щита кондиционеров

Наименование	Установленная мощность активная $P_u$ , кВт	Количество фаз	Коэффициент спроса $K_c$	$\cos\phi$	Расчетная мощность			Установленный ток $I_u$ , А	Расчетный ток $I_p$ , А
					активная $P_p$ , кВт	реактивная $Q_p$ ,кВ Ар	полная $S_p$ ,кВА		
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кондиционер 1 (пом.ИБ П)	4,80	3	0,75	0,85	3,60	2,23	4,24	8,56	6,42

Окончание таблицы 4

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кондиционер 2 (пом.ИБ П)	4,80	3	0,75	0,85	3,60	2,23	4,24	8,56	6,42
Кондиционер 3 (пом.ИБ П)	4,80	3	0,75	0,85	3,60	2,23	4,24	8,56	6,42
Кондиционер 4 (пом.ИБ П)	4,80	3	0,75	0,85	3,60	2,23	4,24	8,56	6,42
<b>ИТОГО ЦК</b>	<b>19,20</b>	<b>3</b>	<b>0,75</b>	<b>0,85</b>	<b>14,40</b>	<b>8,92</b>	<b>16,94</b>	<b>34,32</b>	<b>25,74</b>

Таблица 5 – Потребление щита ЩБП1

Наименование	Установленная мощность активная $P_u$ , кВт	Количество фаз	Коэффициент спроса $K_c$	$\cos\phi$	Расчетная мощность			Установленный ток $I_u$ , А	Расчетный ток $I_p$ , А
					активная $P_p$ , кВт	реактивная $Q_p$ , кВАр	полная $S_p$ , кВА		
ЩБПС1	160,90	3,0	0,50	0,75	80,45	70,95	107,2	325,9	162,9
Кондиционер К2	28,30	3	0,75	0,85	21,23	13,15	24,97	50,45	37,83
<b>ИТОГО ЩБП1</b>	<b>189,20</b>	<b>3</b>	<b>0,54</b>	<b>0,77</b>	<b>101,6</b>	<b>84,10</b>	<b>131,9</b>	<b>373,1</b>	<b>200,4</b>

Таблица 6 – Потребление щита ЩБП2

Наименование	Установленная мощность активная $P_u$ , кВт	Количество фаз	Коэффициент спроса $K_c$	$\cos\phi$	Расчетная мощность			Установленный ток $I_u$ , А	Расчетный ток $I_p$ , А
					активная $P_p$ , кВт	реактивная $Q_p$ , кВАр	полная $S_p$ , кВА		
ЩБПС2	160,90	3,00	0,50	0,75	80,45	70,95	107,27	325,95	162,9
Кондиционер К4	28,30	3	0,75	0,85	21,23	13,15	24,97	50,45	37,83
ЩС	14,00	3,00	0,69	0,85	9,68	6,00	11,38	25,02	17,29
<b>Итого ЩБП2</b>	<b>203,20</b>	<b>3</b>	<b>0,55</b>	<b>0,78</b>	<b>111,35</b>	<b>90,10</b>	<b>143,24</b>	<b>397,14</b>	<b>217,6</b>

Таблица 7 – Потребление щита ЩБПС1

Наименование	Установленная мощность активная $P_u$ , кВт	Количество фаз	Коэффициент спроса $K_c$	$\cos\phi$	Расчетная мощность			Установленный ток $I_u$ , А	Расчетный ток $I_p$ , А
					активная $P_p$ , кВт	реактивная $Q_p$ , кВАр	полная $S_p$ , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ком. Шкаф Serv3A	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3B	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3C	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3D	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3E	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3F	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3G	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3H	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3I	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3J	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф MDF3A	2,60	1	0,50	0,75	1,30	1,15	1,73	15,76	7,88
Ком. Шкаф MDF3B	2,60	1	0,50	0,75	1,30	1,15	1,73	15,76	7,88
Ком. Шкаф MDF3C	4,50	1	0,50	0,75	2,25	1,98	3,00	27,27	13,64
Ком. Шкаф MDF3K	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф MDF3L	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3M	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3N	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3O	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3P	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3Q	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82



Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ком. Шкаф Serv3R	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3S	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3T	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3U	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
<b>ЩБПС1</b>	<b>160,90</b>	<b>3</b>	<b>0,50</b>	<b>0,75</b>	<b>80,45</b>	<b>70,95</b>	<b>107,27</b>	<b>325,95</b>	<b>162,97</b>

Таблица 8 – Потребление щита ЩБПС2

Наименование	Установленная мощность активная Ру, кВт	Количество фаз	Коэффициент спроса Кс	cosφ	Расчетная мощность			Установленный ток Iy, А	Расчетный ток Ip, А
					активная Pp, кВт	реактивная Qp,кВАр	полная Sp,кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ком. Шкаф Serv3A	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3B	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3C	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3D	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3E	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3F	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3G	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3H	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3I	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3J	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф MDF3A	2,60	1	0,50	0,75	1,30	1,15	1,73	15,76	7,88
Ком. Шкаф MDF3B	2,60	1	0,50	0,75	1,30	1,15	1,73	15,76	7,88
Ком. Шкаф MDF3C	4,50	1	0,50	0,75	2,25	1,98	3,00	27,27	13,64
Ком. Шкаф MDF3K	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ком. Шкаф MDF3L	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3M	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3N	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3O	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3P	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3Q	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3R	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3S	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3T	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
Ком. Шкаф Serv3U	7,20	1	0,50	0,75	3,60	3,17	4,80	43,64	21,82
<b>ЩБПС2</b>	<b>160,90</b>	<b>3</b>	<b>0,50</b>	<b>0,75</b>	<b>80,45</b>	<b>70,95</b>	<b>107,27</b>	<b>325,95</b>	<b>162,9</b>

Таблица 9 – Потребление щита ЩС

Наименование	Установленная мощность активная P <sub>у</sub> , кВт	Количество фаз	Коэффициент спроса K <sub>с</sub>	cosφ	Расчетная мощность			Установленный ток I <sub>у</sub> , А	Расчетный ток I <sub>р</sub> , А
					активная P <sub>р</sub> , кВт	реактивная Q <sub>р</sub> , кВАр	полная S <sub>р</sub> , кВА		
АГПТ ЛЦ	1,50	3	0,20	0,85	0,30	0,19	0,35	2,67	0,53
Блок управления Лампертц	4,50	3	0,75	0,85	3,38	2,09	3,97	8,02	6,02
АСДУ ЛЦ	8,00	3	0,75	0,85	6,00	3,72	7,06	14,26	10,70
<b>ИТОГО ЩС</b>	<b>14,00</b>	<b>3</b>	<b>0,69</b>	<b>0,85</b>	<b>9,68</b>	<b>6,00</b>	<b>11,38</b>	<b>25,02</b>	<b>17,29</b>

### **1.3 Разработка алгоритма работы системы электроснабжения**

Широкое распространение в качестве систем гарантированного электропитания получили системы бесперебойного электроснабжения (СБЭ), в состав которых входят достаточно мощный источник энергии, позволяющий реализовать источник бесперебойного питания. К данному ИБП, как следствие, подключается наиболее критическая нагрузка.

Помимо аккумуляторных батарей в современном ИБП предусматривается и дополнительный источник энергии - дизель-генераторные установки (ДГУ).

По отношению к системе электроснабжения данный вид резервирования относится к технологическому и на принципиальную схему СБЭ не влияет [9].

Применение генераторной установки обусловлено основным недостатком аккумуляторных батарей, используемых в составе ИБП. Даже при достаточно мощных АКБ, они не могут обеспечить длительное время работы нагрузки в случае отсутствия электропитания сети или его низкого качества. При этом стоимость АКБ напрямую зависит от их объема и является достаточно значительной величиной.

Среди автономных генераторов наибольшей популярностью пользуются дизель-генераторные установки. Они универсальны, надежны, долговечны, давно применяются в промышленности.

Система электроснабжения ЛЦ предназначена для обеспечения электроэнергией требуемого уровня надежности и качества различных групп потребителей ЛЦ.

Системы СГЭ и СБЭ предназначены для обеспечения электроэнергией требуемого уровня надежности и качества потребителей систем. Потребители систем разделены на две группы в зависимости от степени важности с точки зрения функционирования ЛЦ: потребители первой категории (СГЭ) и потребителей первой категории особой (СБЭ) группы (согласно ПУЭ, гл. 1.7) [13].

СГЭ предназначена для электроснабжения потребителей ЛЦ 1 категории. К первой категории (СГЭ) электроснабжения относятся потребители ЛЦ, которые подключены к щитам ЩГП1, ЩГП2 и ЩГП3.

СГЭ состоит из следующего основного оборудования (рисунок 1):

- независимый источник электроэнергии контейнер с ДГУ;
- электрический щит автоматического ввода резерва АВР;
- источники бесперебойного питания;
- силовые кабельные линии.

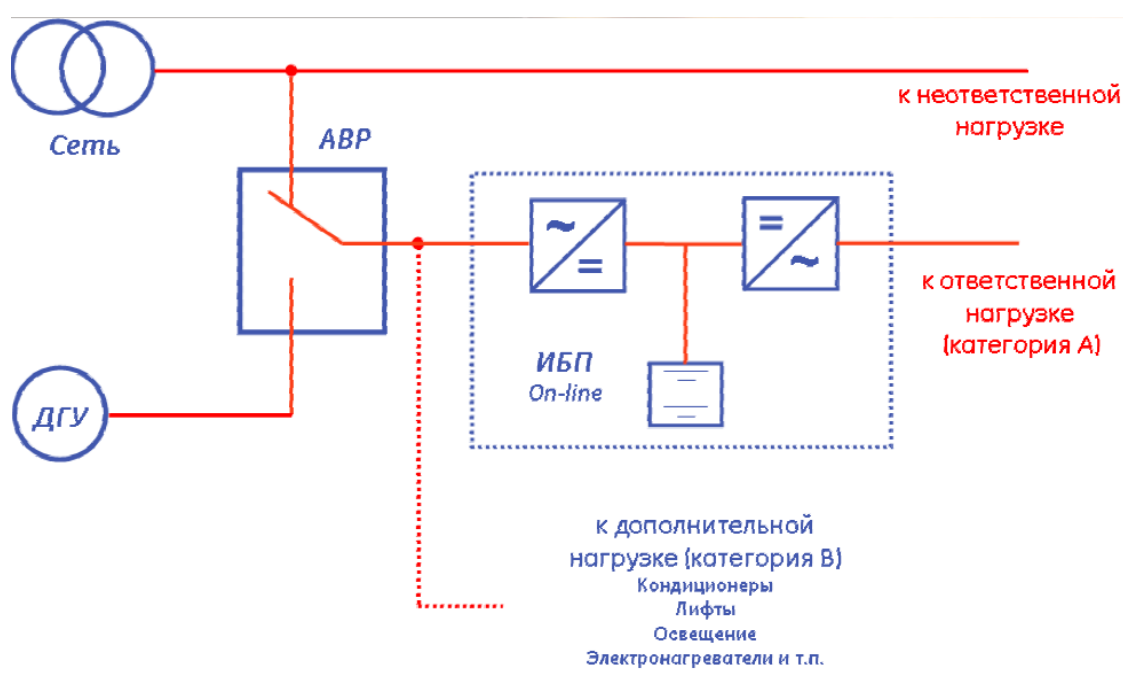


Рисунок 1 – Структурная схема системы гарантированного электропитания ЛЦ

Щит АВР имеет три ввода. Два ввода от ГРЩ здания и один ввод от независимого источника электроэнергии ДГУ. СГЭ работает в двух режимах: нормальном и аварийном. Управление работой СГЭ в данных режимах выполняют два контроллера: контроллер АВР и контроллер ДГУ.

**Нормальный режим.** В нормальном режиме потребители СГЭ получают электроэнергию через АВР от одного из основных вводов ГРЩ здания. При исчезновении напряжения на одном из вводов ГРЩ здания, контроллер АВР в автоматическом режиме переключит потребителей СГЭ на другой ввод [8].

**Аварийный режим.** Аварийным режимом для СГЭ является длительное исчезновение напряжения (более минуты) на обоих вводах от ГРЩ здания. В аварийном режиме контроллер АВР дает сигнал на запуск ДГУ. После запуска ДГУ и выхода на номинальный режим работы контроллер АВР переключает потребителей СГЭ на ДГУ. При восстановлении напряжения на одном из вводов ГРЩ здания контроллер АВР оценивает стабильность данного напряжения и затем переключает потребителей СГЭ на ввод от ГРЩ здания. После переключения АВР на один из вводов от ГРЩ здания ДГУ продолжает работать в режиме охлаждения в течение одной минуты.

Система СБЭ предназначена для электроснабжения потребителей ЛЦ 1 категории особой группы. К особой группе первой категории (СБЭ) относятся потребители ЛЦ, которые подключены к щитам ЩБП1 и ЩБП2.

Система СБЭ работает в двух режимах: нормальном и аварийном. Работа системы СБЭ в данных режимах характеризуется работой ИБП [1].

**Нормальный режим.** При нормальных параметрах входной сети выпрямитель ИБП преобразует переменное напряжение 380/220В входной сети в постоянное напряжение 400В. Постоянное напряжение выполняет подзарядку аккумуляторных батарей и обеспечивает питание инвертора. Инвертор преобразует постоянное напряжение 400В в переменное напряжение 380/220В. К инвертору ИБП подключен щит ЩБП, к которому в свою очередь потребители СБЭ.

**Аварийный режим.** При кратковременных провалах напряжения (несколько секунд), выходе напряжения за допустимые пределы, на время запуска ДГУ и переключения АВР потребители СБЭ получают электроснабжение от аккумуляторных батарей через инвертор ИБП. При работе от аккумуляторных батарей на дисплее ИБП показывается время автономной работы ёмкостью АКБ, в СГЭ — количеством дизельного топлива.

## 2 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

### 2.1 Разработка схемы электроснабжения

Система электроснабжения ЛЦ предназначена для обеспечения электроэнергией требуемого уровня надежности и качества различных групп потребителей ЛЦ.

Главная схема электроснабжения должна обеспечивать надежность электроснабжения потребителей комплекса и перетоков мощности по межсистемным связям в нормальном и послеаварийном режимах; учитывать перспективу развития и допускать возможность дальнейшего расширения распределительных устройств; схема должна быть по возможности простой, наглядной и экономичной. Алгоритм работы системы электроснабжения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Алгоритм работы системы электроснабжения

1 шаг	при отказе основного питания электроснабжение потребители группы А переводится на питание от ИБП (используется энергия аккумуляторных батарей);
2 шаг	производится запуск ДГУ, который выходит на номинальные обороты и принимает нагрузку;
3 шаг	происходит автоматическое переключение СБЭ на питание от СГЭ (ДГУ);
4 шаг	ИБП питаются от ДГУ и производят подзарядку аккумуляторных батарей;
5 шаг	при восстановлении основного питания потребители переводятся на электроснабжение от СОЭ;
6 шаг	ДГУ останавливается.

Система электроснабжения ЛЦ состоит из систем СГЭ и СБЭ.

Схема электроснабжения ЛЦ представлена в приложении 1.

### ***Устройство АВР***

Электроснабжение потребителей, потерявших питание, можно восстановить автоматическим подключением к другому источнику питания с помощью устройства автоматического включения резервного источника (АВР).

Оборудование и комплектующие устанавливаемые в ГРЩ выбраны с учетом требуемой предельной коммутационной способности.

ГРЩ 2.1 и ГРЩ 2.2 обеспечивают питание нагрузок III, II и I категории состоит из 2 секций шин, и обе секции совместно с ДГУ подключены к АВР [10].

Ввод питающих кабелей в ГРЩ осуществляется сверху.

Вывод кабелей отходящих фидеров из ГРЩ осуществляется сверху.

Электроснабжение технологического оборудования осуществляется через свои распределительные щиты, которые поставляются вместе с оборудованием от новых ГРЩ 2.1 и ГРЩ 2.2.

Панель управления для запуска и останова агрегата вручную и в автоматическом режиме с контролером DEIF:

- щит нагрузки с автоматическим выключателем (на раме ДГУ);
- щит собственных нужд контейнера;
- система выхлопа отработанных газов;
- автоматические входные и выходные клапаны подвода и отвода воздуха;
- система отопления и пожарно-охранной сигнализации;
- самосрабатывающие порошковые огнетушители;
- ручной углекислотный огнетушитель;
- рабочее и аварийное освещение;
- кабельный ввод – кассета (6 (шесть) закладных труб 100 мм);
- топливный бак в отсеке ДГУ. Объем бака 0,85 м.куб. Топливный бак имеет внешнюю заливную горловину для «горячей» дозаправки;

- шасси 87160G;
- электрический щит автоматического ввода резерва АВР;
- электрические щиты гарантированного питания ЩГП1, ЩГП2 и ЩГП3;
- силовые кабельные линии.

***Выбор источников бесперебойного питания и аккумуляторных батарей***

Целью объединения нескольких ИБП в параллельный комплекс является обеспечение работы комплекса в целом при отказе одного из ИБП. Структура параллельного комплекса изображена на рисунке 2 [8]. Структура энергетического массива изображена на рисунке 3.

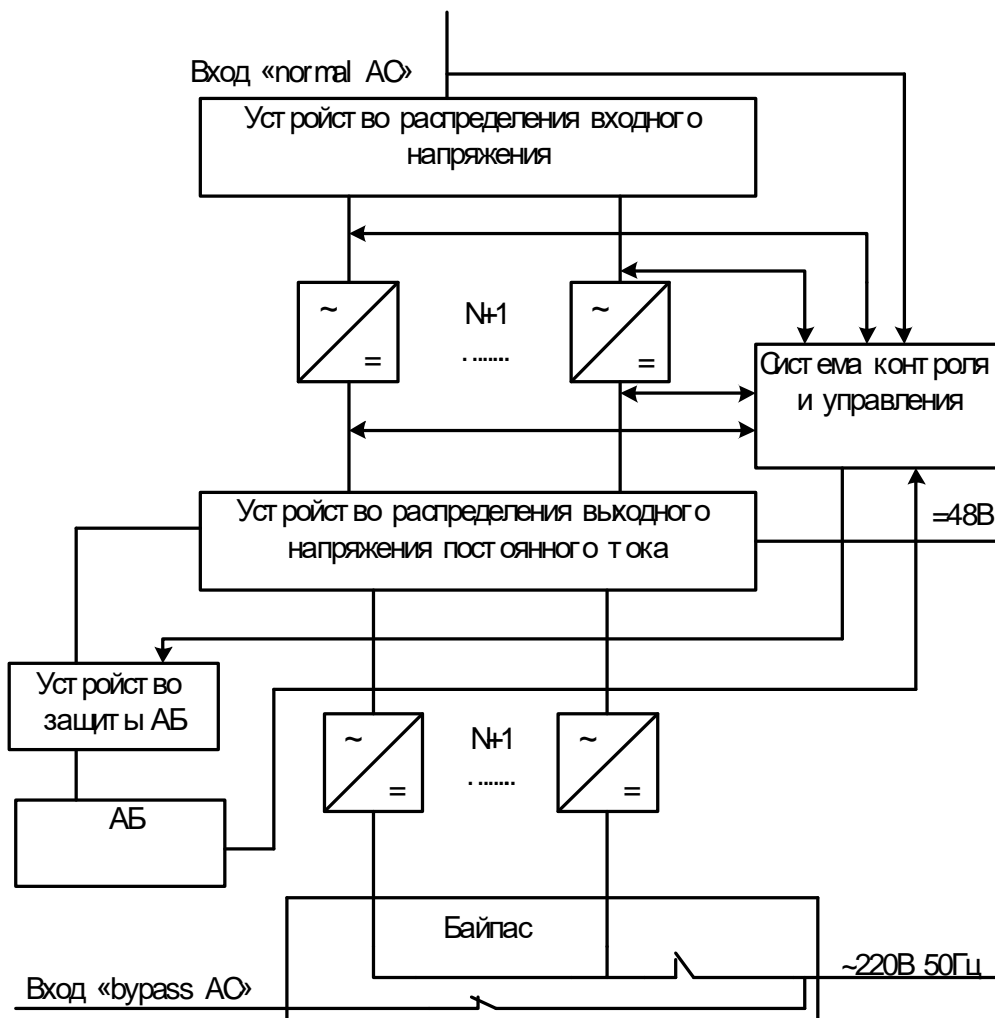


Рисунок 2 – Структура системы параллельного типа



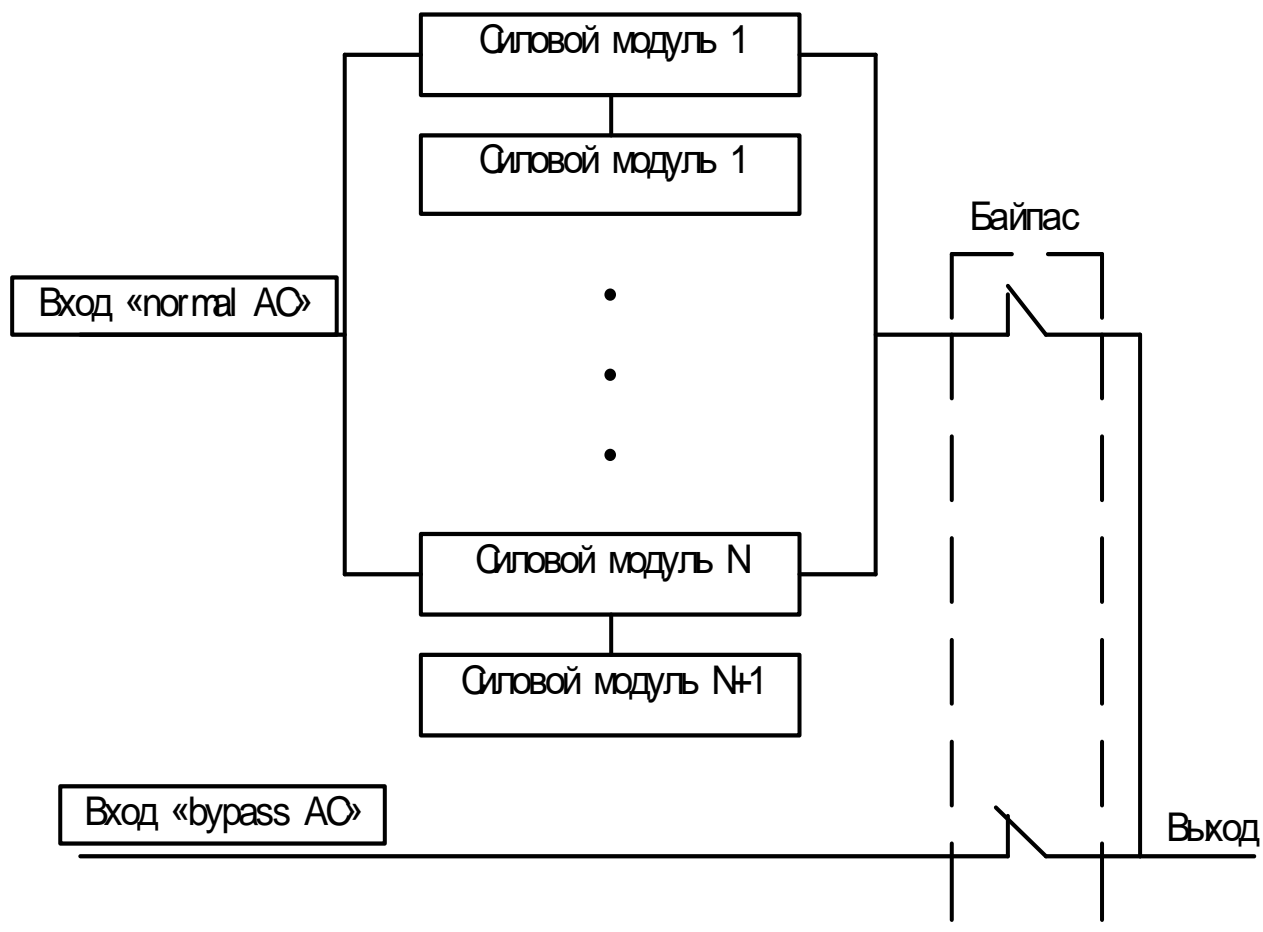


Рисунок 3 – Структура энергетического массива

Таким образом увеличение мощности систем вызывает увеличение емкости батарей, а также их число. Данный факт вызывает дополнительные затраты на приобретение дополнительных источников бесперебойного питания. Также возрастают затраты на техническое обслуживание данной системы. Исходя из этого на проектируемом объекте ЛЦ выбрана схема 1N: в системы бесперебойного электропитания используются два источника бесперебойного питания, каждый из которых работает на свою нагрузку.

Выбор ИБП сведен в таблице 11

Таблица 11 – Технические параметры источников бесперебойного питания

Параметр	ИБП AEG Protect 4.33-300	Eaton 9395-300	GE SG 300 кВА	EPXL SNR-UPS-ONT-300-
КПД не менее, %	94	93	92,3	93
Мощность, кВА:	300	300	300	300
Мощность, кВт:	270	240	270	270
Процент отклонения выходного напряжения, %	5%	не более 4%	не более 3%	5%
Выходное напряжение, В	380, 400, 415 В	220/380, 230/400, 240/415	~380-400-415 В	380/400/415VAC ± 1 %
Входная частота, Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50 / 60 ± 10%	50/60 Гц ±0,05%

В результате анализа источников питания останавливаем свой выбор на модели Protect 4.33-300 от производителя AEG. При схожих с другими ИБП характеристиках модель Protect 4.33-300 имеет более высокий КПД и меньшую стоимость.

Источник бесперебойного питания от компании AEGб входящий в серию Protect 4.33 представляет из себя систему, которая обеспечивает бесперебойное питание для нагрузки мощностью до 1000 кВА. В случае использования нескольких устройств при параллельном включении мощность нагрузки может составить 8 МВА. Это позволяет реализовывать на основе данного ИБП мощные и надежные комплексы для обеспечения бесперебойного питания различных нагрузок во многих отраслях производства, экономики и так далее.

Данная ИБП позволяет легко, совместно с дизель-генераторной установкой (ДГУ) позволяет реализовывать системы не только бесперебойного, но и гарантированного электроснабжения. На рисунке 4 изображен ИБП AEG Protect 4.33-300, технические параметры которого отражены в таблице 12, а структурная схема на рисунке 5.

АEG Protect 4.33 работают с кислотными и щелочными аккумуляторами, имеется гальваническая развязка, по входу (опционально) и по выходу (стандартно), параллельная работа до 8 ИБП.



Рисунок 4 – Источник бесперебойного питания АEG Protect 4.33-300

Таблица 12 – Технические характеристики источника бесперебойного питания АEG Protect 4.33-300

Наименование характеристик	Значения
Выходная мощность:	300 кВА/240 кВт
Тип выпрямителя:	12 импульсный
Диапазон входного напряжения:	380 В $\pm$ 15%
Входная частота:	50 Гц
Выходное напряжение:	380, 400, 415 В
Выходное напряжение в режиме с АБ:	380, 400, 415 В
Выходная частота:	50 Гц или 60 Гц
Стабильность напряжения на выходе:	$\pm$ 5%
Выходной КНИ:	< 3%
Коэффициент амплитуды (крест-фактор):	3:1
Перегрузочная способность инвертора:	150% - 60 сек., 125% - 10 мин.
КПД:	95%
Разъем для внешней батареи:	+

## Окончание таблицы 12

Коммуникации:	RS 232, "сухие" контакты
Акустический шум (1 м):	< 72 дБ (А)
Исполнение корпуса:	напольный шкаф
Рабочая температура:	от -5 до +40°C
Степень защиты:	IP 20 (IP 31 - опция)
ЭМС:	EN 50091-2, Класс А, EN 50082-2
Габариты (ВхШхГ):	1900х1500х960
Масса без батарей:	2030

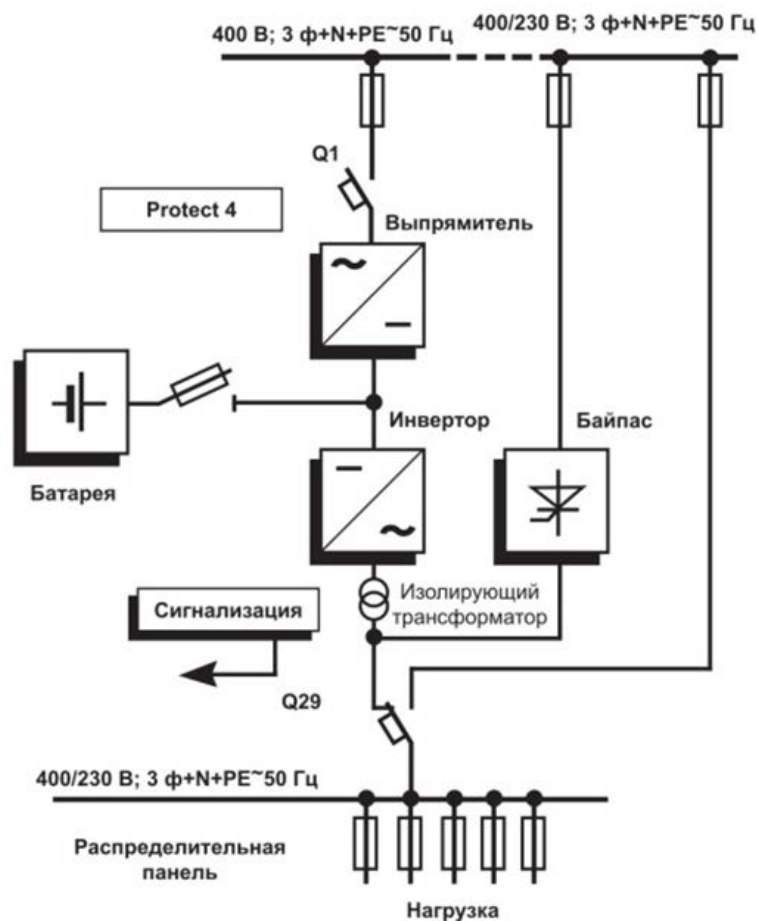


Рисунок 5 – Структурная схема источника бесперебойного питания

Далее необходимо произвести выбор аккумуляторных батарей для выбранного ИБП. Данный ИБП - Protect 4.33-300 использует для работы Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи напряжением 12 В.

Выбор аккумуляторных батарей производим на основании требований Частного технического задания на проектирование «Системы электроснабжения ЛЦ» и технических характеристик аккумуляторных батарей.

Выполним расчет параметров АБ [25].

Для обеспечения бесперебойного питания установленного оборудования, требуется установка аккумуляторной батареи, как дополнительного источника электроэнергии.

В связи с минимальным размером контейнера установка аккумуляторной батареи закрытого типа невозможна, так как требует устройства отдельного аккумуляторного помещения, в результате чего в проекте принимаем герметичные элементы аккумуляторной батареи. Температура среды, в которой будет эксплуатироваться батарея, будет относительно стабильна и равна температуре микроклимата помещения станции.

Номинальная емкость аккумулятора:

$$C_{10} = \frac{I_p t_p}{\eta_Q (1 + 0,008(t_{CP} - 20^0))} , \text{Ач} \quad (5)$$

где  $\eta_Q$  – коэффициент отдачи аккумулятора, зависящий от тока разряда.

Значение находится в пределах от 0,51...1,0 ( в соответствии с таблицей 13 );

-  $t_{CP}=20^0\text{C}$  – средняя температура помещения

Таблица 13 – Коэффициент отдачи аккумуляторных батарей по емкости

$t_p, \text{ч}$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$\eta_Q$	1	0,97	0,94	0,91	0,89	0,83	0,8	0,75	0,61	0,51

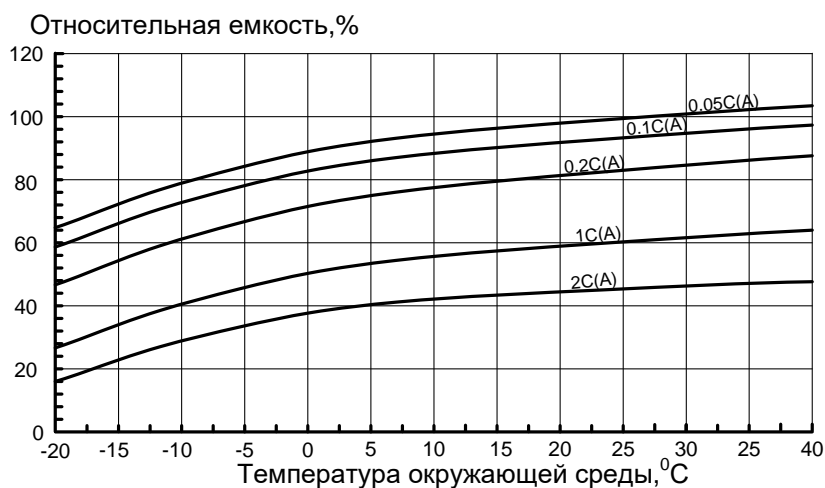


Рисунок 7 – Зависимость емкости батареи от тока разряда  $I_p$  и температуры окружающей среды  $t_{cp}$

На рисунке 7 показана зависимость емкости батареи от тока разряда и температуры окружающей среды. Относительная емкость  $C_{rt}$  – это емкость, которую способен отдать аккумуляторный элемент или батарея в указанном режиме из полностью заряженного состояния.

Расчет параметров аккумуляторной батареи осуществляем следующим образом:

Находим число элементов в аккумуляторной батарее по формуле:

$$N_{эл} = (U_0 + \Delta U_{TPC}) / U_{эл.н.} = 12,2 / 2 = 7 \text{ шт.} \quad (6)$$

где  $U_0$  – номинальное напряжение постоянного тока установки равно 12 В;

$U_{эл.н.}$  – номинальное напряжение элемента батареи равно 2 В;

$\Delta U_{TPC} = 0,1$  В - потери в ТРС (токораспределительной сети).

Проверяем минимально допустимый уровень напряжения:

$$U_{min} = U_{кр} \cdot N_{эл} = 1,8 \cdot 7 = 12,6 \text{ В,}$$

где  $U_{кр}$  -конечное разрядное напряжение на элементе принимается равным 1,8В.

Выбор минимального уровня напряжения на зажимах аппаратуры обусловлен ее возможностями. Оборудование, установленное в контейнере, сохраняет свою работоспособность при питающих напряжениях, находящихся в пределах от 11.4 до 24 В. Уровень напряжения 12.6 В является допустимым на аккумуляторной батарее, состоящей из 7 элементов.

$$U_{3AP} = E + I_3 \cdot R_i = (2,14 + 0,14) = 2,28 \text{ В.} \quad (7)$$

Находим емкость аккумуляторов. Напряжение на аккумуляторной батарее в течении времени разряда изменяется со своего максимального значения  $E \cdot N_{эл} = 2,28 \cdot 7 = 15,6 \text{ В}$  до минимального  $U_{\min} = 12,6 \text{ В}$ .

Зная максимальное значение напряжения на оборудовании и его потребляемую мощность определим ток в начале разряда:

$$I_{p \min} = \frac{P_{уст60В}}{U_{0\min}} = \frac{213}{15,6} = 13,8 \text{ А} \quad (8)$$

Зная минимальное значение напряжения на оборудовании и его потребляемую мощность определим ток в конце разряда:

$$I_{p \max} = P_{уст0В} / U_{\min} = 213 / 12,6 = 16,9 \text{ А}$$

В расчете необходимой емкости аккумулятора берется среднее значение тока разряда:

$$I_{p \text{ сред}} = (I_{p \min} + I_{p \max}) / 2 = (13,8 + 16,9) / 2 = 15,35 \text{ А} \quad (9)$$

$$C'_{10} = \frac{I_p t_p}{\eta_Q (1 + 0,008(t_{CP} - 20^0))} = \frac{15,35 \cdot 8}{0,94 (1 + 0,008(20 - 20))} = 132,65 \text{ Ач} \quad (10)$$

Сведем выбор аккумуляторных батарей в таблице 14.

Таблица 14 – Технические параметры аккумуляторных батарей

Параметр	CD Tech. UPS12-540MR	AQQU 12XFT150	Fiamm 12 FLB 540
Напряжение, В	12	12	12
Емкость, А*ч	147	150	150
Тип АБ	С-К АБ		
Срок службы, лет	10	12	12
Саморазряд, %	1.5	3	3
Стоимость, руб	28500	31250	34400

На основании проведенного анализа выбираем АКБ CD Tech. UPS12-540MR, т. к. При схожих технических характеристиках данная модель АКБ имеет меньшую стоимость.

При выполнении расчетов системы бесперебойного электропитания с ИБП исходим из того, что система постоянного тока комплектуется АБ UPS12-540MR.

При выполнении расчетов принимаем коэффициент использования основного оборудования системы  $k_{II}$ , равно 0,75.

Показатели основного оборудования:

- время работы оборудования от систем ИБП – 15 мин.;
- время запуска ДГУ – 30 сек;
- количество попыток запуска – 3;
- время автономной работы ДГУ при заправленном топливном баке (0,85 м.куб.) – 12 часов.

Тип АКБ – UPS12-540MR. Свинцово-кислотная необслуживаемая аккумуляторная батарея с клапанным регулированием для применения в источниках бесперебойного питания.

Производитель - C&D TECHNOLOGIES:

- срок службы – 10 лет;
- расчетное/требуемое время автономии системы – 15 мин.;
- количество аккумуляторных батарей в линейке – 32 шт.;
- количество линеек – 2 шт.;
- количество ячеек в линейке – 192 шт.;
- мощность ячейки при 15-ти минутном разряде - 0.69 кВт;
- расчетная мощность нагрузки на шине постоянного тока – 258 кВт;
- расчетная мощность нагрузки на шине постоянного тока на ячейку – 0,67 кВт;
- конечное напряжения разряда ячейки – 1,6 В;

При расчете необходимой мощности ИБП, включаемых в параллельный комплекс, учитывается, что при отказе одного ИБП мощность оставшихся должна соответствовать мощности нагрузки



Подробные характеристики аккумуляторных батарей представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Технические характеристики аккумуляторных батарей UPS12-540MR

Батарея:	UPS12-540MR
Линейка:	HIGH RATE MAX
	Свинцово-кислотная необслуживаемая аккумуляторная батарея с клапанным регулированием для применения в источниках бесперебойного питания. Номинальные мощности от 91 до 700 ватт на ячейку при 15-минутном разряде до конечного напряжения 1,6В на ячейку.
Диапазон рабочих температур	Разряд: от -40°C до +71°C Заряд: от -23°C до +60°C
Рекомендуемое ограничение максимального тока заряда:	C/5 А при 20 ч разряде
Параметры АБ	
Тип разряда:	Постоянной мощностью
Напряжение, В	12
Емкость, Ач	150
Количество линеек:	2
Количество ячеек:	192
Разряд:	258.00 кВт
Конечное напряжение разряда:	1,6 В (DC)/ячейка
Время автономной работы	
Количество линеек	
1 линейка	< 10 мин.
2 линейки	<15 мин.

При этом коэффициент использования источников бесперебойного питания рассчитывается по следующему выражению:

$$K_u = 0.9 \cdot \frac{N}{N+1} = 0.9 \frac{1}{2} = 0.45, \quad (11)$$

где  $N=1$ — минимальное количество работающих аппаратов в группе.

Установленная мощность ИБП соотносится с расчетной мощностью нагрузки  $S_p$ :

$$S_{\text{ИБП1}} = S_p / (K_u \cdot N) = 131,95 / 0,45 \cdot 1 = 293,2 \text{ кВА}, \quad (12)$$

$$S_{\text{ИБП2}} = S_p / (K_u \cdot N) = 143,24 / 0,4 \cdot 1 = 308,3 \text{ кВА}.$$

Шкала номинальных мощностей ИБП дискретная, следовательно, выбирается ближайшее большее значение  $S_{\text{ИБП}}$ .

### 2.3 Выбор дизель-генераторной установки

#### *Исходные данные*

К установке принято следующее оборудование:

Два ИБП Protect 4.33, мощностью 300 кВА работающие в режиме 1N (согласно проектному решению №4 «Об использовании источников бесперебойного питания производства компании AEG Protect 4.33 – 300 кВА при построении системы бесперебойного электроснабжения ЛЦ»).

Исходные данные по мощности:

$P_p = 213$  кВт мощность нагрузки потребителей СБЭ (согласно таблице 1);

$P_{\text{АКБ}} = 40$  кВт - мощность на заряд АКБ (согласно таблице 1).

В данном расчете учитывается заряд АКБ. Это связано с тем, что данным расчетом рассмотрен самый критичный режим работы системы. Вся нагрузка распределена равномерно и симметрично:

- $\eta_{\text{ИБП}} = 95\%$  - КПД ИБП (согласно таблице 11);
- допустимый диапазон входного напряжения для ИБП составляет 340-460 В. (согласно таблице 11);
- номинальное выходное напряжение ДГУ составляет 400 В (согласно таблице 11).;

исходя из этого допускается отклонение напряжения на выходе ДГУ – 15 %. На рисунке 8 проведена прямая, которая соответствует 15 % - до кривой 400 В. Пересечение данных линий показывает, что при одновременном увеличении нагрузки равной 400 кВА отклонение напряжения на выходе ДГУ не превысит 15 %.

Расчет мощности ДГУ исходя из параметра  $q$ . ( $q = 80\%$ )

$$P_{ИБП} = \frac{P_{НАГР} + P_{АКБ}}{\eta_{АКБ}} = \frac{213 + 40}{0,95} = 266,33 \text{ - Мощность на входе ИБП, кВт.}$$

$$P_{ДГУ} = \frac{100}{q} \cdot P_{ИБП} = 332,91 \text{ - Требуемая мощность ДГУ, кВт.}$$

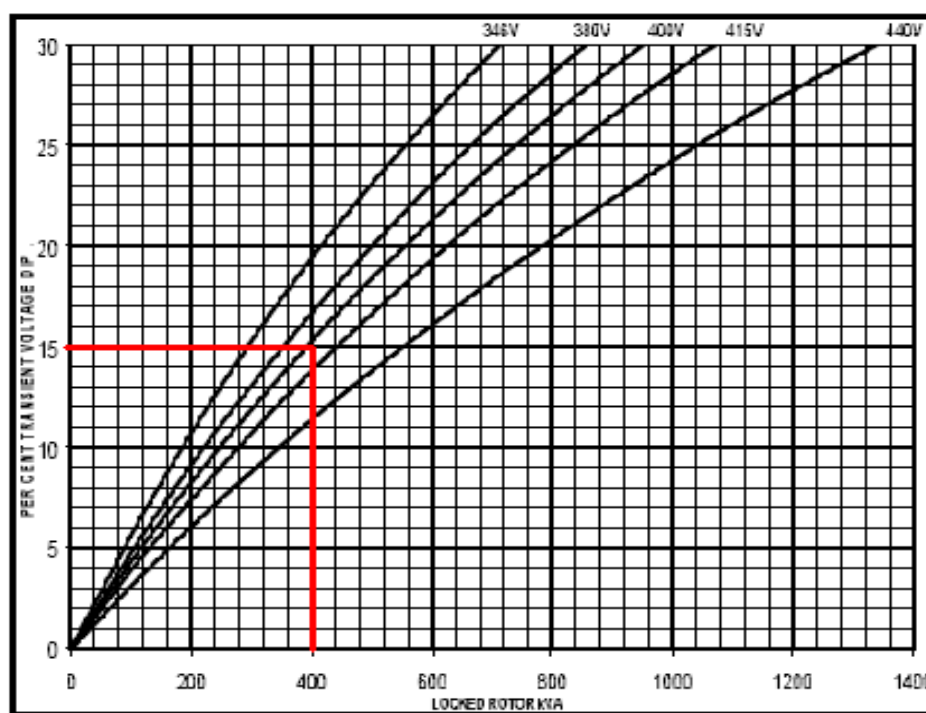


Рисунок 8 – Расчет параметров дизель-генераторной установки

По результатам проверки по допустимому начальному набросу нагрузки мощность ДГУ должна быть не менее 337 кВт

На основании представленных расчетов выбираем ДГУ мощностью 402 кВт.

Сведем анализ дизель-генераторных установок в таблице 16

Таблица 16 – Технические параметры дизель-генераторной установки

Параметр	FG Wilson P450E3	Cummins C500D5	MBH 500.
Мощность, кВА:	450	455	457
Мощность, кВт:	360	364	366
Процент отклонения выходного напряжения, %	5%	не более 4%	не более 3%
Выходное напряжение, В	380-440		
Входная частота, Гц	50/60 Гц		
Расход топлива в час /объем бака, л	97,9/800	104,2/900	95/850

На основании данных таблицы выбираем ДГУ MBH 500.

**Дизель-генераторная установка MBH 500**, основная мощность при 50 Гц/ 1500 Об/мин, 457 кВА, 366 кВт.

**Комплектация ДГУ:**

- дизельный двигатель с водяным охлаждением;
- фильтры масла и топлива;
- вентиль смазочного масла;
- электрический стартер на 24 В и зарядный генератор;
- электронный регулятор скорости;
- воздушный фильтр;
- выходное напряжение 230/240 В, 50 Гц;
- трехполюсный автомат защиты;
- автомат отключения при снижении уровня охлаждающей жидкости;
- встроенный топливный бак емкостью 850 л для поддержки режима работы в течение 13 часов, 75 % от номинальной нагрузки.

**Характеристики генераторной установки:**

- регулятор напряжения обеспечивает регулирование напряжения с погрешностью  $\pm 1.0 \%$ , организацию защиты от превышения скорости и регулировку для оптимизации выходных характеристик;
- подстройка частоты не превышает  $\pm 0.25 \%$  от среднего значения частоты при постоянной нагрузке;
- изохорный режим при изменении нагрузки от нулевого до 100 %.

### **Характеристики и тип двигателя MBH 8VTAD-M2:**

- восьмицилиндровый дизельный двигатель V-образного типа с непосредственным впрыском, с водяным и воздушным промежуточным охлаждением;
- использования электронного регулятора скорости;
- воздушный фильтр с сухим элементом;
- масляный фильтр;
- система запуска;
- напряжение 24 В, рядный генератор 45 А.

Технические параметры ДГУ MBH500 отражены в таблице 17.

Таблица 17 – Технические параметры дизель-генераторной установки ДГУ MBH500

50 Гц		50 Гц	
Напряжение	380В - 440В	Выходная мощность (основная)	402 кВт
Основная мощность	366 кВт	Выходная мощность (резервная)	441 кВт
Основная мощность	457 кВА	Погрешность регулировки напряж.	$\pm 1.0 \%$
Резервная мощность	303 кВт	Частота	50 Гц
Резервная мощность	504 кВА	Скорость вращения	1500 об/мин
Марка двигателя	MBH	Класс изоляции генератора	H
Модель двигателя	8VTAD-M2	Расход топлива (основной режим)	95 Л/ч
Число цилиндров	8	Расход топлива (резервный режим)	104.3 Л/ч
Тип двигателя	V-образный	Рекомендованное топливо	Дизельное
Регулятор скорости	Электронный	Система смазки	28 л
Охлаждение	Турбонаддув	Объем топливного бака	850 л
Диаметр и ход поршня	128 мм x 142 мм	Температура выхлопных газов	560 °С
Коэффициент сжатия	14.6 : 1	Выброс выхлопных газов	1377 Л/с
Объем двигателя	14.618 л	Максимальное противодавление	44 мм Рт. Ст.
Режим запуска	Автоматический	Забор воздуха	490 Л/с
Емкость аккумуляторов	2 x 200 (А часов)		
Система охлаждения	88.5 л		

Исходя из этого мощность ДГУ выбрана верно. Поэтому отклонения выходного напряжения ДГУ находятся в допустимом диапазоне входного напряжения ИБП. При этом современный ИБП, такие как AEG Protect, имеют функции «мягкого старта». Функция «мягкого старта» обеспечивает более плавное подключение нагрузки ИБП на ДГУ, что дает меньшие отклонения выходного напряжения ДГУ. Состав гармонических искажений входного тока отражен в таблице 18.

Проверка мощности ДГУ исходя из параметра КНИ [2].

Таблица 18 – Состав гармонических искажений входного тока источника бесперебойного питания, %

$I_5$	$I_{17}$	$I_{29}$	$I_7$	$I_{19}$	$I_{31}$	$I_{11}$	$I_{23}$	$I_{35}$	$I_{37}$	$I_{13}$	$I_{25}$	$n$	$x_d$
1.0	0.4	0.3	1.7	0.2	0.1	0.6	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	5...37	0.11

$x_d$  - индуктивное сверхпереходное сопротивление (данные Завода).

Коэффициент искажения синусоидальной кривой напряжения должен составлять для ДГУ менее 5% (данные Завода и ГОСТ 23 377).

Ниже представлен расчет выполнения данного условия для одной ДГУ МВН 500 и двух ИБП Protect 4.33, мощностью 300 кВА.

$P_{дгу} = 400 \text{ кВт}$  - мощность принятой к установке ДГУ, кВт (согласно таблице 17)

$P_{ибп} = 266.33 \text{ кВт}$  - мощность на входе системы ИБП, кВт (согласно таблице 1)

Расчет значения сверхпереходного сопротивления ДГУ

$$x_{d1} = x_d \cdot \frac{P_{ибп}}{P_{дгу}} = 0.073$$

На основании расчетного значения сверхпереходного сопротивления ДГУ построена синусоида нелинейных искажений и идеальная синусоида (рисунок 9).

$$U(t) := \sum_{n=5}^{37} (U_n \cdot \sin(n \cdot 314 \cdot t))$$

- расчетная синусоида нелинейных искажений

$$U_1(t) := \sin(314 \cdot t)$$

- синусоида идеальная

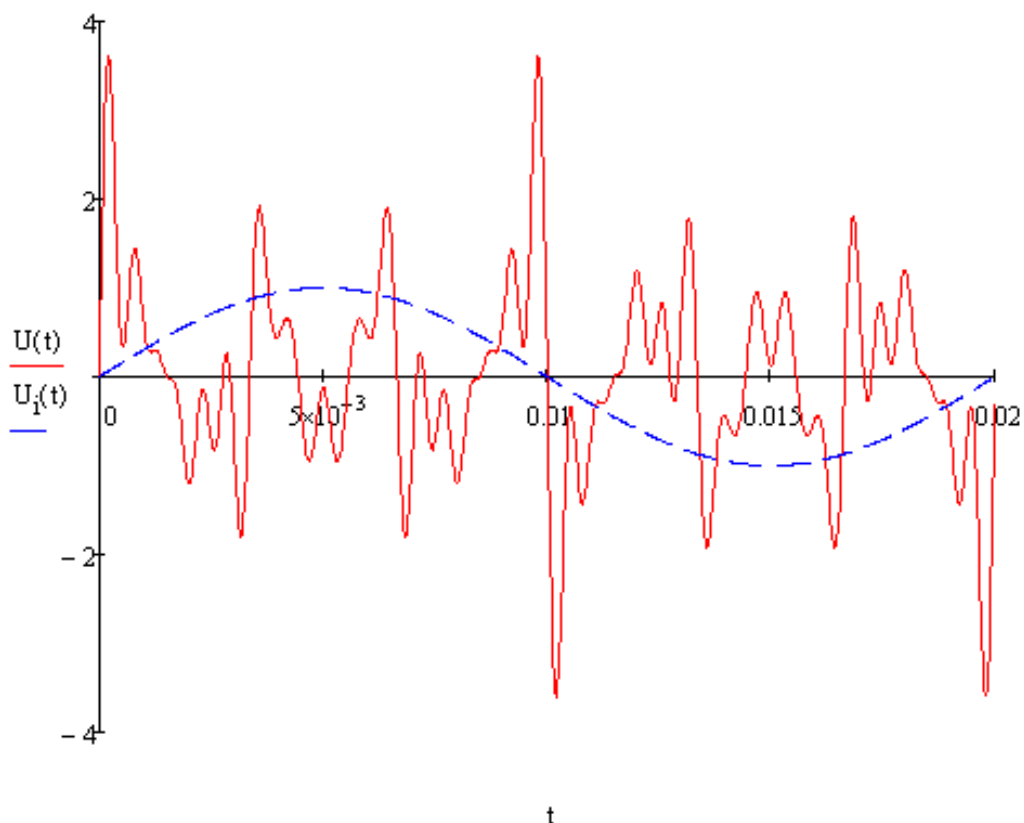


Рисунок 9 – Синусоида нелинейных искажений и идеальная синусоида дизель-генераторной установки

На основании данных выполнен расчет коэффициента нелинейных искажений.

$$K_{НИ_U} = \sqrt{\sum_{n=5}^{37} (U_n)^2} = 1.528\% - \text{расчетный коэффициент нелинейных}$$

искажений.

Допустимый коэффициент нелинейных искажений для ДГУ составляет 5 %. Расчетный коэффициент нелинейных искажений составил 1,52 %. Расчетный коэффициент нелинейных искажений ниже 5 %, что соответствует исходным требованиям данного расчета.

На основании расчетов, представленных выше, сделаны следующие выводы:

- условие по максимальному допустимому набросу нагрузки выполнено;
- условие по нелинейным искажениям выполнено;
- тип и мощность ДГУ выбраны верно.

Независимый источник электроэнергии контейнер с ДГУ. Характеристики контейнера с ДГУ и краткий состав оборудования приведен ниже.

Наружные габариты контейнера: длина 6000 мм, ширина 2438 мм, высота 2500 мм. Габариты контейнера позволяют транспортировать его автомобильным и железнодорожным транспортом по дорогам общего пользования без принятия специальных мер.

Технические характеристики контейнера:

- рабочий диапазон внешних температур от -50 до +40°C;
- влажность – до 98 % при +25°C;
- скорость ветра до 30 м/с;
- наклон относительно горизонтальной плоскости до 10 градусов;
- запыленность воздуха до 0,01 г/м<sup>3</sup> (до 0,5 г/м<sup>3</sup> не более 3 часов);
- стены из профильного оцинкованного листа (толщина 2 мм);
- наружные поверхности контейнера имеют серый цвет (RAL 7001);
- теплоизоляция – минплита 100 мм;
- пол контейнера из стального настила (толщина 4 мм);
- срок службы до списания – не менее 15 лет.

## **2.4 Выбор и проверка электрооборудования**

### **2.4.1 Выбор выключателей**

Рекомендуется применять выключатели серии ВА. Номинальные токи автомата  $I_{на}$  и его расцепителей  $I_{нр}$  выбирают по длительному расчётному току линии [13]:

$$I_{н.а.} \geq I_p; \text{ А}$$

$$I_{н.р.} \geq I_p; \text{ А}$$

Ток срабатывания электромагнитного или комбинированного расцепителя  $I_{срз}$  проверяется по максимальному кратковременному току линии:



$$I_{срз} \geq 1,25 \cdot I_{кр}; \text{ А}$$

$$I_{кр} = I_n = 1,5 \cdot I_p; \text{ А}$$

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}; \text{ А}$$

Выполняем выбор выключателей исходя из следующих условий [10]:

Номинальное напряжение выключателя должно соответствовать номинальному напряжению сети, В:

$$U_{ном.в} \geq U_{ном.с}, \text{ В}$$

где  $U_{ном.в}$  – номинальное напряжение выключателя, В;

$U_{ном.с}$  – номинальное напряжение сети, В.

Номинальный ток выключателя должен быть равен или превышать расчетный ток ответвления:

$$I_{ном.в} \geq I_p, \text{ А}$$

где  $I_{ном.в}$  – номинальный ток выключателя, А;

$I_p$  – расчетный ток ответвления, А.

Номинальный ток расцепителя должен быть равен или превышать расчетный ток ответвления:

$$I_{ном.р} \geq I_p; \text{ А}$$

Выбираем выключатель АВВ TmaxT6N, технические параметры которого указаны в таблице 19.

Таблица 19 – Технические параметры выключателя автоматический выключатель АВВ Tmax T6N

Параметр	Значение
Тип изделия	Автоматический выключатель в литом корпусе
Номинальная отключающая способность, кА	36
Номинальное напряжение, В	690
Номинальное напряжение изоляции, В	1000
Номинальное допустимое импульсное напряжение	8кВ.
Номинальная включающая способность (на короткое замыкание), кА	75,6
Расцепитель:	PR221DS-LS/I.
Время отключения	10мс.

Выбор остальных выключателей сведен в таблице 20.

Таблица 20 – Выбор автоматических выключателей

Наименование электроприемников	$P_n, \text{кВт}$	$I_H, \text{А}$	$I_{кр}, \text{А}$	Марка выключателя	$I_{н.р.}, \text{А}$
1	2	3	4	5	6
ЩГП1 при заряде АКБ*	111,68	176,96	304,37	ABB Tmax T6N	630
ЩГП2 при заряде АКБ*	121,35	192,28	330,73		630
ЩГП3	79,95	143,08	217,48		250
ЩБП1	101,68	193,34	332,54		630
ЩБП2	111,35	211,72	364,17		630
ЩБПС1	80,45	152,97	263,11		400
ЩБПС2	80,45	152,97	263,11	ABB Tmax T6N	400
ЩС	14,01	22,20	38,18	ABB S203 C	40
ЩК	14,40	22,82	39,25		40
ГРЩ2.1	312,98	528,99	856,96	ABB Tmax T6N	800
ГРЩ 2.2	312,98	528,99	856,96		800
ЩПП	402	679,44	1100,70		800

#### 2.4.2 Расчет кабельных линий

Сечение кабелей и шин выбирается по экономической плотности тока и проверяется на стойкость к нагреву в форсированном режиме.

Определяется расчетный ток для кабеля, по формуле [17]

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}; \quad I_{н.доп} \geq I_p \text{ А,}$$

где  $P_{ном}$  – номинальная активная мощность электроприемников, кВт;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение электроприемников, кВт;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности.

$I_p$  – длительный расчетный ток линии, А;

$I_{н.доп}$  – длительно-допустимый ток на провода кабеля, А.

Проверка кабельных линий по допустимому длительному току представлена в таблице 21. Проверка выполнена в соответствии с ПУЭ.

Таблица 21 – Проверка и выбор кабелей по допустимому току

№ группы	Данные по одной схеме	Кабель			Автомат		Идополнительного кабеля, А ПУЭ	Идополнительного Пучка, А ПУЭ	Проверка условия
		Количество жил	Количество в пучке	Количество пучков	Ин	Иуст			Идополнительного пучка ≥ Иуст
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Г1	10х(1х185)	1х185	5	2	800	720	383	765	Да
Г2	10х(1х185)	1х185	5	2	800	720	383	765	Да
Г3	10х(1х185)	1х185	5	2	800	720	383	765	Да
Г4	10х(1х185)	1х185	5	2	800	720	383	765	Да
Г5	10х(1х150)	1х150	5	2	630	630	330	660	Да
Г6	10х(1х150)	1х150	5	2	630	630	330	660	Да
Г7	10х(1х95)	1х95	5	2	630	441	244	488	Да
Г8	10х(1х95)	1х95	5	2	630	441	244	488	Да
Г11	10х(1х95)	1х95	5	2	630	441	244	488	Да
Г12	2х(5х95)	5х95	1	2	400	360	220	440	Да
Г13	5х16	5х16	1	1	63	63	75	75	Да
Г14	5х6	5х6	1	1	40	40	42	42	Да
Г15	10х(1х150)	1х150	5	2	630	630	330	660	Да
Г16	10х(1х150)	1х150	5	2	630	630	330	660	Да
Г17	10х(1х95)	1х95	5	2	630	441	244	488	Да
Г18	10х(1х95)	1х95	5	2	630	441	244	488	Да
Г21	10х(1х95)	1х95	5	2	630	441	244	488	Да
Г22	2х(5х95)	5х95	1	2	400	360	220	440	Да
Г23	5х16	5х16	1	1	63	63	75	75	Да

Окончание таблицы 21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Г25	5x(1x95 )	1x95	5	1	250	225	244	244	Да
Г26	5x16	5x16	1	1	63	63	75	75	Да
Г27	5x16	5x16	1	1	63	63	75	75	Да
Г28	5x4	5x4	1	1	25	25	35	35	Да
Г29	5x4	5x4	1	1	25	25	35	35	Да
Г30	5x6	5x6	1	1	40	40	42	42	Да
Г31	5x4	5x4	1	1	25	25	35	35	Да

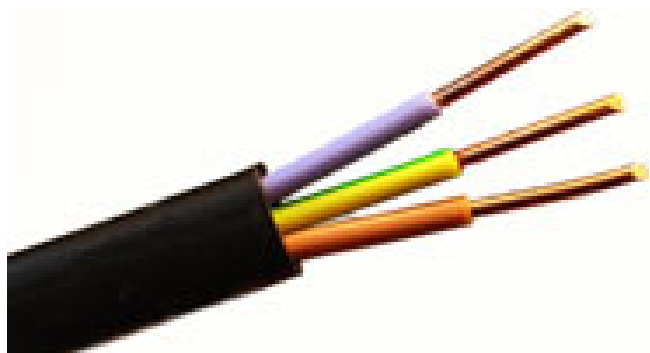


Рисунок 10 – Кабель ВВГнг-LS

При прокладке одножильными кабелями согласно ПУЭ, введен коэффициент 0,75.

Кабельные линии для трехфазных потребителей выполнены по пятипроводной схеме, для однофазных потребителей по трехпроводной схеме (система заземления TN-S представлена на рисунке 11) кабелем типа ВВГнг-LS (рисунок 10).

## 2.5 Заземление

По ГОСТ Р 50571.2-94 [5] различают следующие типы систем заземления: TN-S, TN-C, TN-C-S, TT, IT.



Рисунок 11 – Система заземления TN-S

Расчет контура заземления

Исходные данные :

$\rho_{\text{гр}} = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  – удельное сопротивление грунта;

$k_c = 1,7$  – сезонный климатический коэффициент вертикального заземлителя;

$k = 4$  – сезонный климатический коэффициент горизонтального заземлителя;

$L_B = 2,5 \text{ м}$  – длина вертикального заземлителя;

$t = 0,7 \text{ м}$  – заглубление горизонтального заземлителя;

$H$  – толщина верхнего слоя грунта, м

$$H = \frac{L_B}{2} + t, \quad H = 1,95 \text{ м} \quad (13)$$

$\eta_B = 0,7$  – коэффициент использования вертикального заземлителя;

$\eta_r = 0,24$  – коэффициент использования горизонтального заземлителя;

$b = 40 \text{ мм}$  – ширина горизонтального заземлителя (соединительная полоса);

$d = 47,5 \text{ мм}$  – диаметр вертикального заземлителя (пруток), при использовании уголка  $d = 0,95f$ , где  $f$  – ширина полки уголка, мм.;

$a = 2 \text{ м}$  – шаг между вертикальными заземлителями;

$R_{\text{зн}} = 4 \text{ Ом}$  – нормированное значение сопротивления заземления.

Согласно ПУЭ [13] допустимое сопротивление заземляющего устройства с учетом удельного сопротивления грунта равно:

$$R_3 = \frac{\rho_{sp}}{100} \cdot R_{3н}; R_3 = 4 \text{ Ом.}$$

Сопротивление одиночного вертикального заземлителя определено по формуле:

$$R_6 = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.в}}{L_6} \cdot \left[ \log \left[ \frac{2L_6}{d \cdot 10^{-3}} \right] + \frac{1}{2} \log \left[ \frac{4H + L_6}{4H - L_6} \right] \right], \text{ Ом} \quad (14)$$

Расчетное удельное сопротивление  $\rho_{расч.в}$  определено из выражения:

$$\rho_{расч.в} = \rho_{гр} \cdot k_c,$$

Подставив значения, определен  $\rho_{расч.в} = 170 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$

Отсюда, сопротивление одиночного вертикального заземлителя равно:

$$R_6 = 53,92 \text{ Ом.}$$

Определим количество стержней вертикального заземлителя:

$$n_6 = \frac{R_6}{R_3 \cdot \eta_6} = 19,3 \text{ шт.}$$

$$L_r = 1,05 \cdot n_6 \cdot a = 40,53 \text{ м.}$$

Определено сопротивление растеканию тока горизонтального заземлителя (соединительной полосы):

$$R_2 = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.г}}{L_2} \cdot \log \left[ \frac{L_r^2}{0,95 \cdot b \cdot 10^{-3} \cdot t} \right], \text{ Ом} \quad (15)$$

где  $\rho_{расч.г} = \rho_{sp} \cdot k$ ,  $\rho_{расч.г} = 400 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , подставив значения, найден  $R_2 = 17,31 \text{ Ом}$ .

$$R'_r = \frac{R_2}{\eta_2} = 72,1 \text{ Ом}$$

$$R'_B = \frac{R'_r \cdot R_3}{R'_r - R_3}, \text{ Ом}$$

$$R'_B = 4,23 \text{ Ом}$$

Уточненное количество вертикальных заземлителей составило:

$$n'_B = \frac{R'_B}{R'_B \cdot \eta_B} = 18,2 \approx 19 \text{ шт.}$$

Таким образом участок контура заземления представляет собой 19 вертикальных заземлителей (уголок 50x50 мм с шагом 2 м), соединенных горизонтальным заземлителем длиной 41 м (полоса 40x4).

Нейтральная точка генератора заземлена.

## **2.6 Разработка руководства по эксплуатации дизель-генератора**

Эксплуатация дизель-генератора должна осуществляться специально обученным персоналом (или по договору с организацией, имеющей допуски на выполнение соответствующих работ) и в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Для каждого вида технического обслуживания и ремонта должны быть определены сроки с учетом документации завода-изготовителя.

Оперативное обслуживание осуществляется оперативно-ремонтным персоналом, имеющим соответствующую квалификационную группу по электробезопасности. Обслуживающий персонал в целях обеспечения надежной и экономичной эксплуатации электроустановок проводит проверку состояния, профилактические испытания и ремонт электроустановок в объеме и в сроки, установленные ПТЭ и ПТБ при эксплуатации электроустановок потребителей.

Проведение работ по инсталляции, пуско-наладке, обслуживанию и ремонту устройств системы гарантированного электроснабжения персоналом, не прошедшим соответствующей подготовки запрещается.

Персонал, обслуживающий систему гарантированного электроснабжения должен регулярно проводить осмотр оборудования, проверять правильность режима работы, нагрев агрегатов, а также готовность к применению средств пожаротушения. Помещение ДГУ должно содержаться в чистоте. Случайно разлитые горючее, смазку следует немедленно вытереть. Обтирочные

материалы необходимо хранить в закрытых металлических ящиках, а в конце рабочего дня выносить за пределы помещения ДГУ.

Ко всем входам (выходам) должен быть обеспечен свободный доступ. Подходы к щиткам управления, системам автоматического пожаротушения и огнетушителям, должны всегда быть свободными.

Перечень ситуаций при которых запрещается и не допускается работа дизель-генераторной установки сведен в таблице 22.

Таблица 22 – Перечень запрещающих факторов эксплуатации дизель-генератора

<b>Не допускается работа дизель-генератора:</b>
– При температуре окружающего воздуха ниже минус 8 °С и выше плюс 50 °С, относительной влажности воздуха более 98%;
– При температуре охлаждающей жидкости более 105 °С, плюс-минус 2 °С;
– При давлении масла в двигателе ДГУ - менее 1,55 Бар и более 6 Бар;
– При скорости вращения двигателя ДГУ (двигатель идет в «разнос») более 1650 об/мин и менее 1350 об/мин.
<b>Запрещается:</b>
– Использование некондиционных: масла, топлива, охлаждающей жидкости, смазок, сменных элементов и запчастей
– Эксплуатация при вылете искр из коллектора эксплуатация ДГУ до устранения дефекта.
– Перегрузка дизель-генераторной установки.
– Работа ДГУ без предварительного заземления.
– Вливать в цилиндры и клапаны легковоспламеняющиеся жидкости для облегчения пуска двигателя.
– Заправлять топливный бак во время работы агрегата, а также при неостывшем двигателе и выхлопной трубе.
– Разогревать в помещении трубопроводы, арматуру и оборудование с применением открытого огня (паяльных ламп, факелов и т.п.).
– Допускать скопление конденсата в отстойниках выхлопного тракта. Во избежание скопления конденсата в выхлопных трактах запрещается длительная работа с недогрузом.



## Окончание таблицы 22

– Проводить ремонтные работ без отсоединения зажимов аккумуляторной батареи.
– Применять неисправные осветительные приборы.
– Разводить открытый огонь для нужд подогрева внутри контейнера или в непосредственной близости от него.
– Хранить промасленную ветошь в контейнере станции.
– Допускать выход горячих газов через места соединений выхлопных труб.
– Сушить спецодежду на нагретых частях оборудования.
– Эксплуатация без наличия первичных средств пожаротушения.
– Допускать искрение аккумуляторных батарей.

При отказе автоматики ДГУ двигатель должен быть немедленно остановлен кнопкой «Аварийный останов двигателя» в следующих случаях:

- появления прогрессирующих стуков и шумов в цилиндрах или подшипниках;
- появления дыма из подшипников или картера, а также запаха горелого масла;
- прекращения питания водой системы охлаждения или появления пара в выхлопной трубе системы охлаждения;
- выхода из строя регулятора частоты вращения и появления помпажа;
- появления хлопков в глушителе;
- отсутствия или некачественной смазки трущихся частей или механизмов;
- разрыва топливо проводов у агрегата;
- пожара в помещении, угрожающего агрегату или персоналу.

## **3 ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

### **3.1 Охрана окружающей среды**

Примененное в проектной документации оборудование является одним из экологически чистых; во время строительства и всего срока эксплуатации не создает вредных внешних электромагнитных или иных излучений, шумов, вибраций, а материалы, используемые в конструкции оборудования, не выделяют вредных химических и биологических отходов.

Все мероприятия по обслуживанию электроустановок выполняются согласно «Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок».

При производстве электромонтажных работ выполняются правила техники безопасности в соответствии с требованиями СП 31-110-2003 [23] «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий».

Электромонтажные работы выполняются согласно требованиям СНиП 3.05.06-85 [20] «Электротехнические устройства».

По окончании работ выполняется проверка оборудования и электромонтажных работ, в т.ч. испытание сопротивления изоляции провода, проверку наличия связи между заземлителями и заземляемыми элементами, проверку цепи фаза-ноль и проверку сопротивления заземления в соответствии с ПУЭ гл. 1.8 [13].

Лицо ответственное за электрохозяйство, должно иметь группу по электробезопасности не ниже 4, а электромонтеры группу по электробезопасности не ниже 3.

Эксплуатация оборудования ДГУ и ИБП выполняется специалистами, имеющими сертификат о прохождении обучения по эксплуатации у авторизованных представителей установленного оборудования (MBH, AEG).

До назначения на самостоятельную работу персонал проходит обучение на рабочем месте, по окончании обучения – проходит аттестацию в специальной комиссии организации. Обслуживание ИБП и ДГУ могут производить не менее двух человек так как работа производится с электрооборудованием под напряжением или частично под напряжением и есть вероятность поражения электрическим током.

### **3.2 Применение средств защиты при работе в электроустановках**

Защитными средствами называют приборы, аппараты, приспособления и устройства (в основном переносимые), которые предназначаются для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током, воздействия электрической дуги и электромагнитного поля.

Классификация защитных средств, требования к ним, указания по их эксплуатации, методика и нормы испытаний защитных средств приводятся в "Правилах применения средств защиты, используемых в электроустановках" [24].

Согласно этим правилам защитные средства разделяются на следующие виды:

- временные ограждения, диэлектрические колпаки;
- плакаты и знаки безопасности;
- индивидуальные экранирующие комплекты.

Изолирующие защитные средства, которые служат для изоляции человека от токоведущих частей, находящихся под напряжением, или от земли при возможности одновременного прикосновения к токоведущим и заземленным частям электрооборудования разделяются на основные и дополнительные.

В электроустановках до 1000 В к дополнительным средствам относятся:

- диэлектрические галоши;
- ковры;

- переносные заземления;
- изолирующие подставки и накладки;
- оградительные устройства;
- плакаты и знаки безопасности.

Кроме того, к индивидуальным средствам защиты человека относятся защитные очки, рукавицы, каски, респираторы, противогазы, предохранительные монтерские пояса, страховочные канаты.

Применение тех или иных средств защиты персонала при эксплуатации и ремонте электроустановок устанавливается ПТБ и специальными инструкциями. Защитные средства должны постоянно находиться под контролем и учетом, быть в исправном состоянии, периодически подвергаться осмотрам, электрическим и механическим испытаниям согласно "Правилам применения средств защиты, используемых в электроустановках" [24].

### **3.3 Пожарная безопасность**

Совокупность проводов с относящимися к ним крепёжными, поддерживающими и защитными конструкциями, а также другими вспомогательными деталями называется электропроводкой [1].

Электропроводки делятся на:

- силовые;
- осветительные;
- вторичные цепи напряжением до 1000 В переменного и 1500 В постоянного тока.

Прокладка электропроводок может осуществляться по наружным и внутренним стенам зданий и сооружений, по потолкам, фермам и так далее. Такой способ называется открытым. Прокладка в трубах (металлических, пластмассовых), замкнутых каналах, пустотах строительных конструкций, пазах под штукатуркой – скрытой. С точки зрения пожарной опасности особое внимание требуют открытые проводки, так как при их загорании, а также

возникновении в них аварийных режимов возможны распространение горения вдоль электропроводов и появление новых очагов горения [12].

Пожарная опасность электропроводок обусловлена возможностью образования при их эксплуатации таких источников зажигания, как электрические искры, дуги, раскалённые частицы металлов, нагретые контактные соединения, нагретые токоведущие жилы, открытый огонь воспламенившейся изоляции, распространение горения. Нагрев токоведущих жил может быть локальным, местным и общим. Локальный – нагрев, размерами зоны его распространения можно пренебречь, местный - охватывает часть длины проводника, общий - проводник нагревается по всей длине.

Локальный нагрев токоведущих жил возникает при КЗ в точке касания их между собой, если при этом образуется контакт с большим переходным сопротивлением. Нагрев может вызвать оплавление проводов в зоне контакта, а также их пережог. Продолжительность тепловыделения определяется временем срабатывания и током уставки аппарата защиты, а при отсутствии защиты и достаточной мощности источника электроэнергии – временем, необходимым для пережога жил. Локальный нагрев происходит чрезвычайно быстро и может быть представлен как локальный тепловой удар. Темп выделения теплоты в контактной точке очень высок (порядка несколько тысяч градусов в секунду). В точке КЗ в течение малого промежутка времени существует очень высокая температура, близкая к температуре кипения металла. Местный нагрев возможен при соединении проводов скруткой без опрессовки. Общий нагрев токоведущих жил проводов происходит при прохождении по ним сквозных токов КЗ или токов перегрузки. Выделяющееся при этом тепло ведёт к перегреву изоляции и при достижении температуры самовоспламенения она воспламенится.

### **Предотвращение пожаров в электроустановках**

Соответствие исполнения, применения и режима эксплуатации электроустановок классу пожаровзрывобезопасности помещения или наружной установки, группе и категории взрывоопасной смеси; регламентация

максимально допустимой температуры нагрева поверхностей токоведущих и несущих частей электроустановок; соблюдение пожарного режима и т.п.). Развитие и продвижение пожара за границы объекта возгорания может привести к порче, разрушению технических средств, гибели людей, отключении либо выходе из строя энергетических установок [12].

### **3.4 Защитное отключение электрооборудования**

Устройства защитного отключения представляют из себя устройства, которые обеспечивают быстрое автоматическое отключение всей электроустановки или ее части в случае возникновения опасности поражения человека электрическим током.

Устройства защитного отключения должны обладать высокой чувствительностью, быстродействием, надежностью. Полное время отключения не должно превышать 0,05-0,2 сек.

Существует много электросхем, в которых устройство защитного отключения реагирует на различные электрические величины:

- на потенциал корпуса при замыкании фазы на корпус;
- на ток замыкания на землю;
- на напряжение фаз относительно земли;
- на напряжение и ток нулевой последовательности;
- на увеличение токов утечки при снижении сопротивления изоляции в электрической сети, а также в случае прикосновения человека к токоведущим частям.

В этих случаях устройство защиты может реагировать на токи утечки от 10 до 30 мА [6].

Датчиками в схемах защитного отключения являются реле определенного типа, трансформаторы тока и напряжения, фильтры тока и напряжения нулевой последовательности, специальные суммирующие (дифференциальные) трансформаторы тока.

Отключающими устройствами являются электрические аппараты, имеющие электромагнитное управление, т.е. катушки включения и отключения. В электроустановках выше 1000 В - это высоковольтные выключатели, в электроустановках до 1000 В - это контакторы, магнитные пускатели, быстродействующие автоматы.

Кроме того, устройства защитного отключения имеют цепи контроля исправности защитного устройства и цепи сигнализации.

Область применения защитного отключения электрооборудования практически неограниченна для электроустановок любого напряжения и с любым режимом работы нейтрали.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выполненной выпускной квалификационной работе разработан проект организации системы электроснабжения логистического центра.

В работе рассмотрено электроснабжение административного здания логистического центра с акцентом в разработке системы гарантированного и бесперебойного электроснабжения.

В результате выполненной работы была разработана система ЭС, отвечающая заданным требованиям по качеству и надежности электроснабжения. Система представляет собой совокупность как электротехнического оборудования, в основе которого находится подсистема гарантированного электропитания с применением дизель-генераторной установки, так и коммутационного, необходимого для оперативного переключения на подсистему бесперебойного электропитания, в случае выхода из строя основных питающих линий.

В ходе выполнения проекта были проведены все необходимые расчеты и вычисления, выполненные в соответствии с требованиями правил устройства электроустановок, и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Расчеты выполнены с применением справочной литературы, представленной ниже, и учетом требований нормативных документов и ГОСТов.

Таким образом, в результате выполнения выпускной работы, спроектирована системы ЭС логистического центра, которая отвечает всем заданным техническим требованиям по надежности, качеству и экономической эффективности.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воробьев А.Ю. Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем. – Москва, ЭкоТрендз, 2003. - 280 с.
2. Герасимов В.Г. и др. Электротехнический справочник. В 4 томах. Том 2. Электротехнические изделия и устройства Под общ. ред. Герасимова В. Г. , Дьякова А. Ф., Ильинского Н. Ф., Лабунцова В. А., Морозкина В. П., Попова А. И., Строева В. А. — 9-е изд., стереотипное. — Москва, МЭИ, 2003. - 518 с.
3. ГОСТ 12.1.004-91 "Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования".
4. ГОСТ 12.1.033-81 Пожарная безопасность. Термины и определения.
5. ГОСТ 21.613-2014 СПДС. «Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи».
6. ГОСТ Р 50571.6-94 «Электроустановки зданий».
7. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. - 248 с.
8. Коломиец Н. В. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие / Н. В. Коломиец Н. Р. Пономарчук, В.В. Шестакова–Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. - 143 с.
9. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. – Москва: Изд-во «Мастерство», 2002. - 320 с., ил.
10. Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н. Основы построения телекоммуникационных систем сетей. – Москва, 2004. - 510 с., ил.
11. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) по эксплуатации электроустановок. - Москва: изд-во НЦ ЭНАС, 2001. - 192 с.
12. Мельников М.А. Электроснабжение промышленных предприятий: Учеб.пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2000. - 144 с.

13. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Учебник для вузов.- 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ВНУ, 2013.- 640 с.; ил.
14. Николайкин Н.И. Экология: Учеб. для вузов - Москва: Дрофа, 2003.- 624 с.
15. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок - Москва, 2014.- 80 с.
16. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), седьмое издание. – Москва: Минэнерго России, 2003.- 178 с.
17. Приказ от 24 июля 2013 г. N 328н Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, 2013.- 89 с.
18. РД 153.-34.0-03.301-00 Правила пожарной безопасности для электрических предприятий. - Москва: Изд-во стандартов, 2000.- 64 с.
19. РД 78.36.032-2013 «Инженерно-техническая укрепленность. Технические средства охраны. Требования и нормы проектирования по защите объектов от преступных посягательств», 2013.- 35 с.
20. РМ 2696. Инструкция по расчету электрических нагрузок жилых зданий. ГУП МНИИТЭП Утверждена: 01.02.2009 г. – 16 с.
21. Свод правил "Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования" СП 5.13130.2009 (утв. Приказом МЧС РФ от 25.03.2009 N 175)", 2009. – 100с.
22. СНиП 23.05-95 Естественное и искусственное освещение.
23. СНиП 3.05.06-85 Электротехнические устройства.
24. СО 153—34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций».
25. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
26. СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий».

27. СП 5.13130.2009 Правилах применения средств защиты, используемых в электроустановках.

28. Справочник по проектированию электроснабжения/Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. Третье изд., перераб. и доп – Санкт-Петербург.: БХВ-Петербург, 2004. - 456 с.; ил.

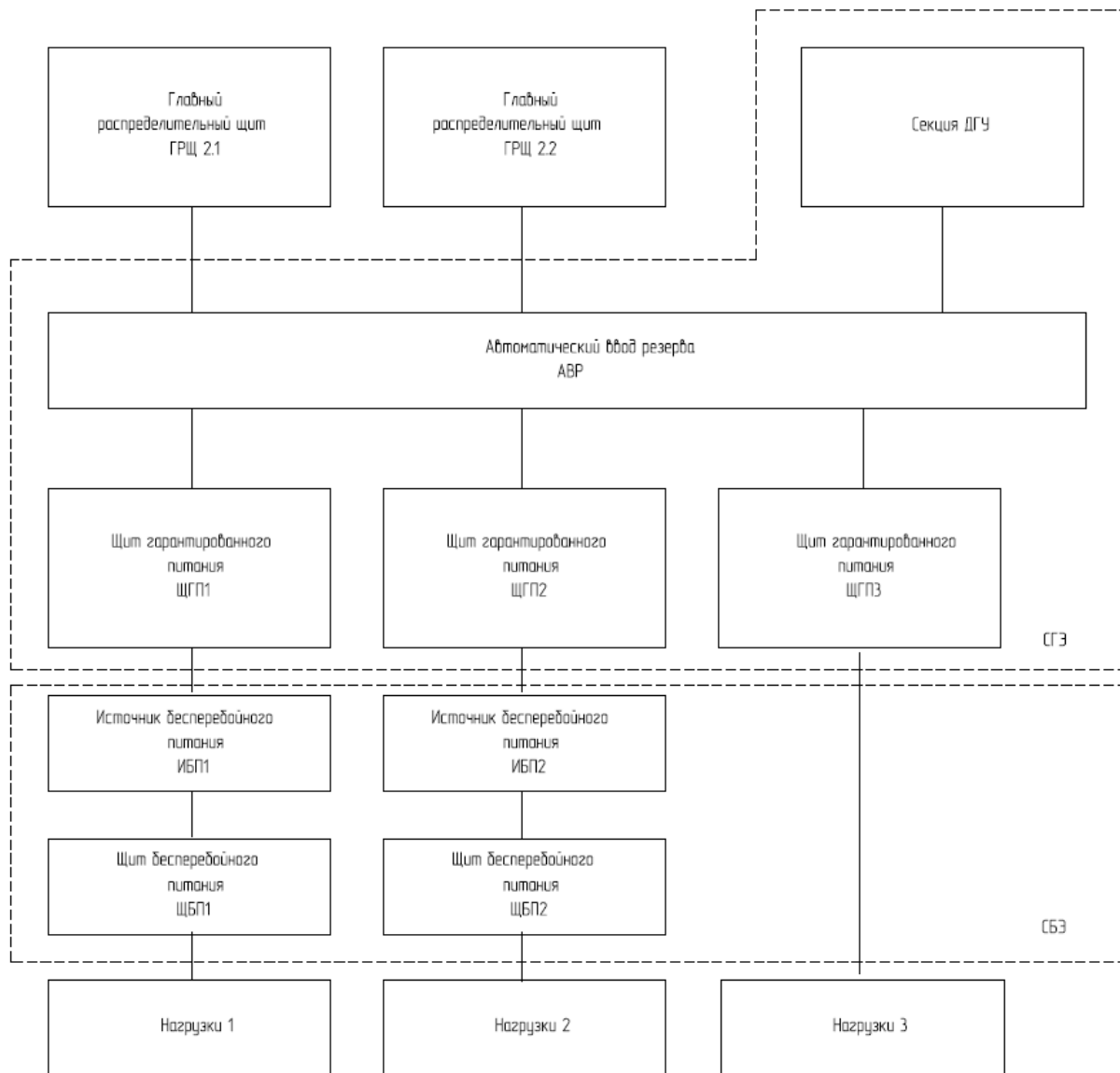
29. Технические требования. Технология построения систем электропитания аппаратуры технологической связи ОАО «РЖД». - Москва, 2007.- 48 с.

30. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

31. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384 - ФЗ Технический регламент "О безопасности зданий и сооружений".

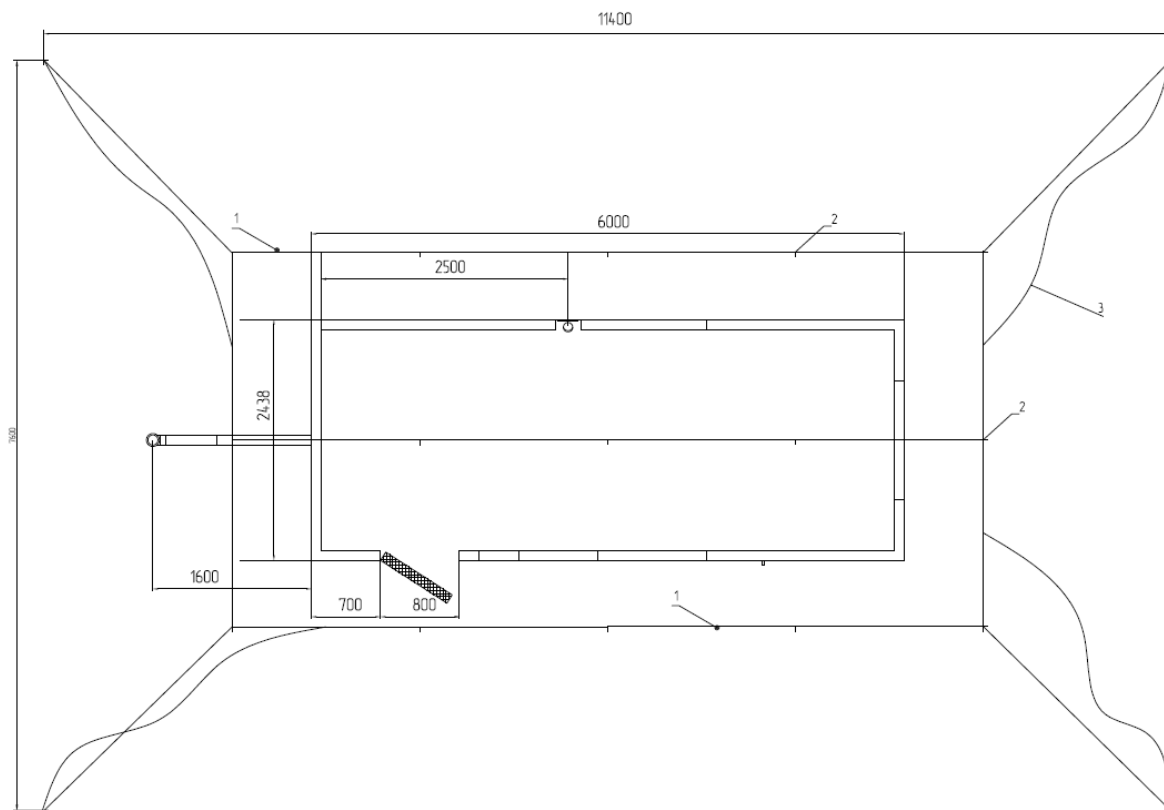
# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## СХЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### СХЕМА ЗАЗЕМЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ



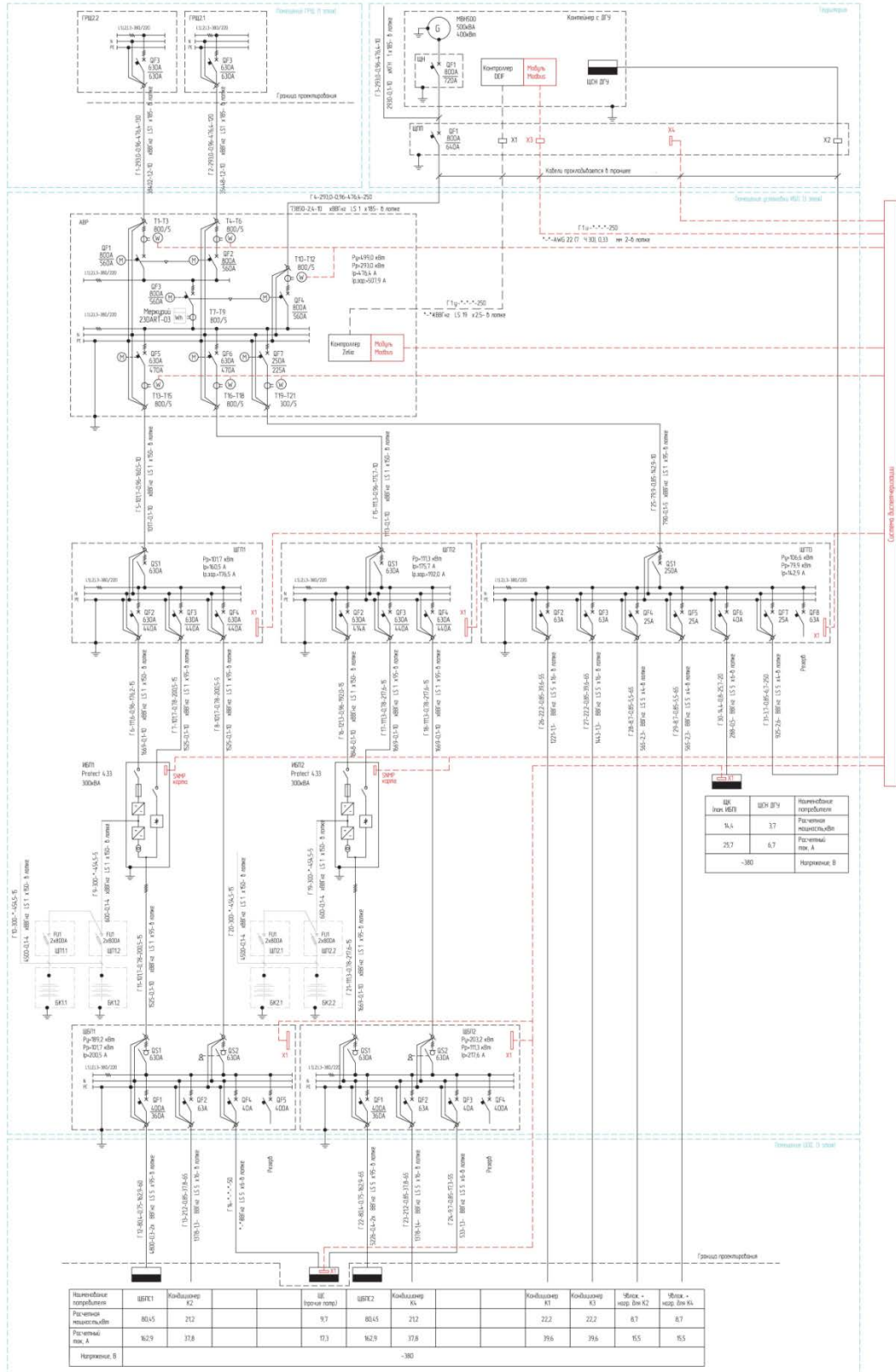
Марка поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.	
1	ГОСТ 103-76*	Полоса Б-40х4	65	м	
2	ГОСТ 103-76*	Уголок 50х50х2500	19	шт.	
3	ГОСТ 6323-79	Провод медный 1х50	20	м	

1. Заземление выполнить в соответствии со СНиП 3.05.06-96.
2. В соответствии с ПУЭ п.17.109 для заземления электроустановок в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители.
3. Все соединения заземляющего контура выполнить электросваркой внахлестку.
4. Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 0,5 Ом. В случае, если сопротивление окажется более 0,5 Ом, необходима забить дополнительное количество электродов.

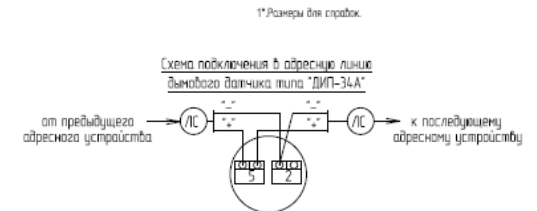
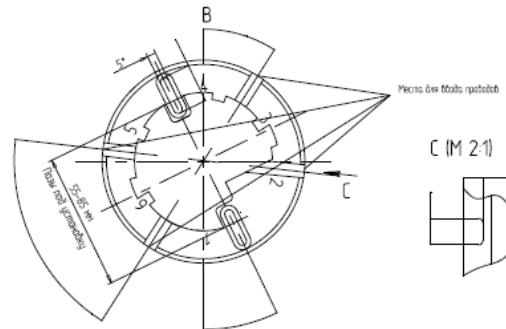
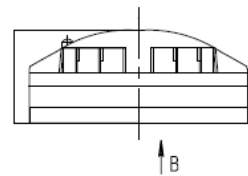
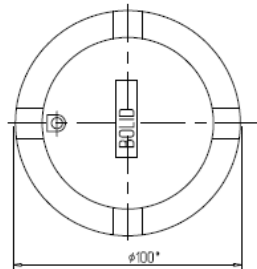
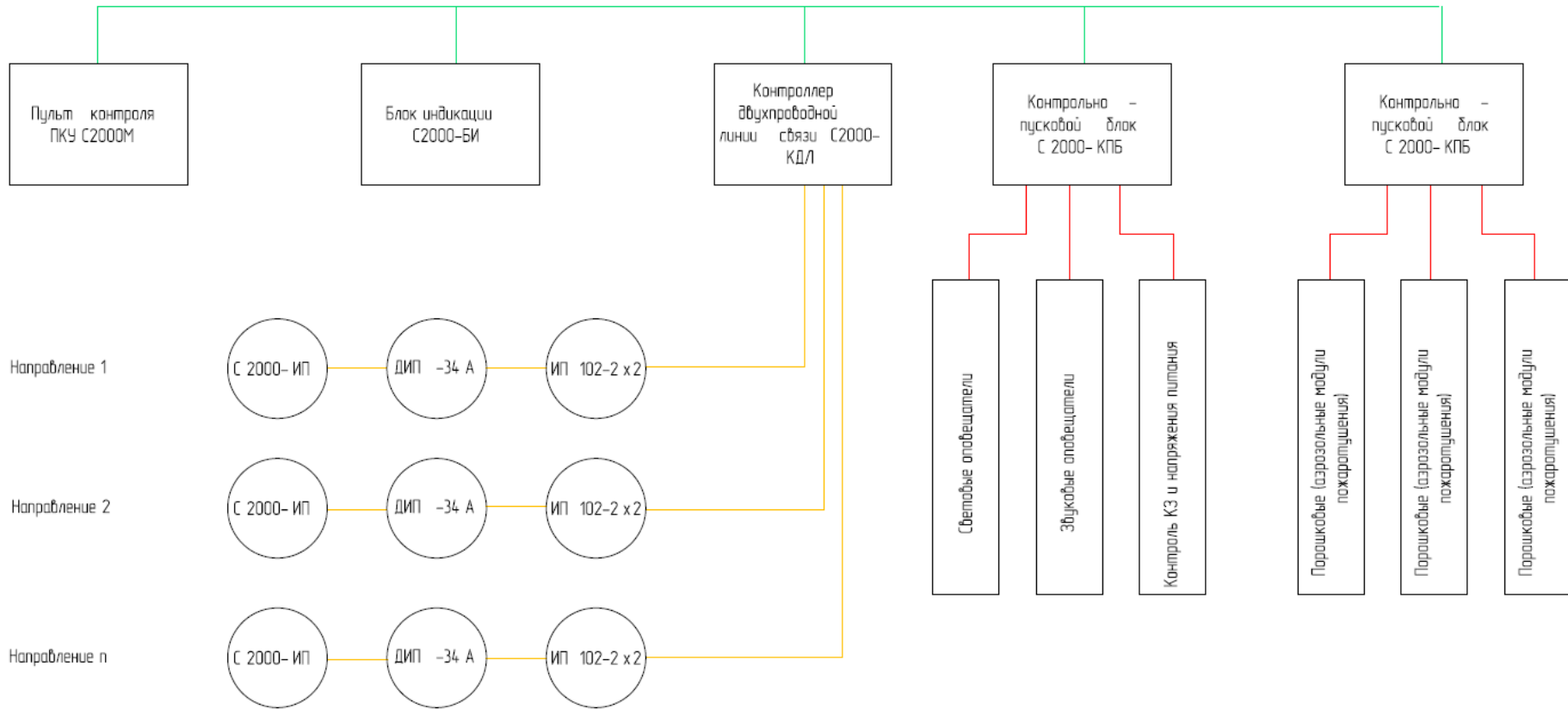
Ввиду отсутствия замеров удельного сопротивления грунта и невозможности вследствие этого выполнения точного расчета сопротивления заземлителя рекомендуется следующий порядок выполнения работ:

# ПРИЛОЖЕНИЕ 3

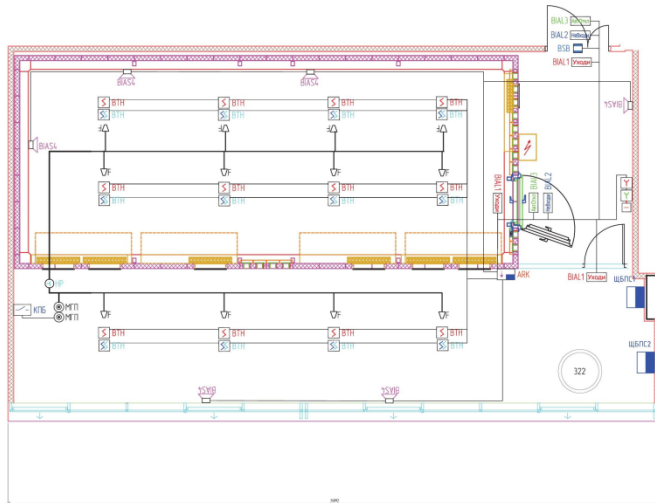
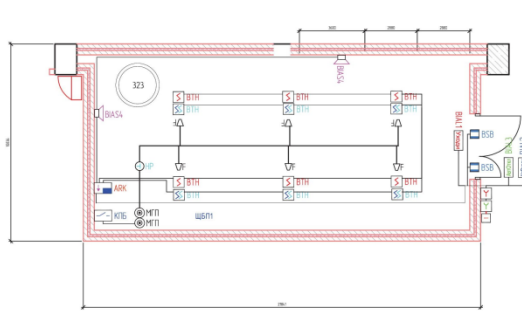
## СХЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОДНОЛИНЕЙНАЯ



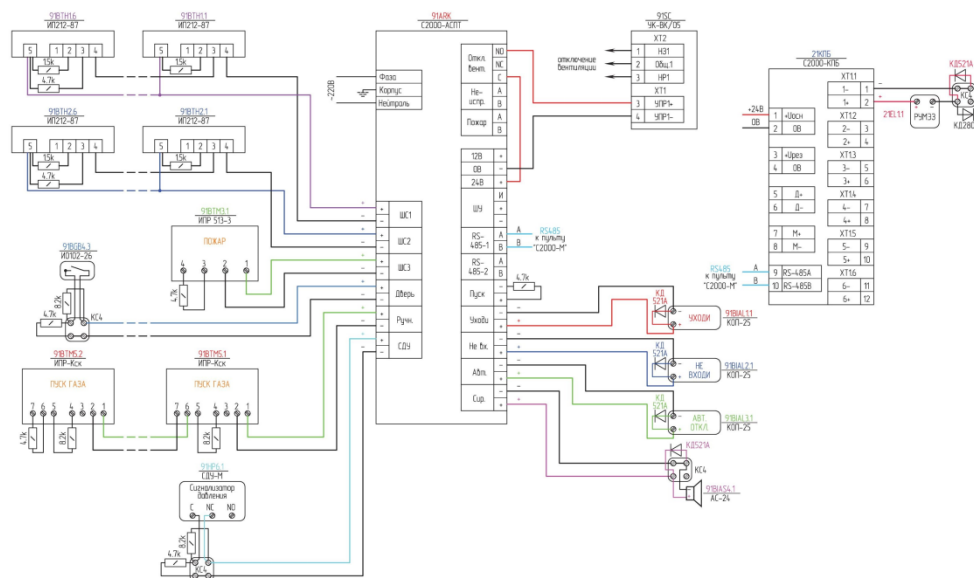
## ПРИЛОЖЕНИЕ 4 СХЕМА ПОЖАРНО-ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ



# ПРИЛОЖЕНИЕ 5 ПЛАН АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ



Обозначение	Наименование	Примечание
⊙ МП	Болты существующий	
—	Трубопровод	
○	Насадка	
⊙	Сенсорный датчик универсальный	
⊙	Устройство распределительное РМЭЗ	
⊙	Прибор приемно-контрольный и управления	
⊙	Блок контрольно-пусковой	
S	Извещатель пожарный дымовой на потолке	
S	Извещатель пожарный дымовой под фальшпотолок	
S	Извещатель пожарный ручной (дистанционный пуск)	
S	Извещатель пожарный ручной	
⊙	Датчик положения (верхи балки)	
⊙	Устройство оконное шлейфа	
⊙	Коробка светодиодная	
⊙	Извещатель пожарный звуковой	
⊙	Извещатель пожарный световой (балка)	
⊙	Тайп таймер	
⊙	- "Тайп Не выдано"	
⊙	- "Автоматика отключена"	



## Общие указания

Проект выполняется на основании задания на проектирование в связи со строительством ЦОД.

Автоматическое пожаротушение помещений выполнено на базе модулей газового пожаротушения МПЗ-100-150-12, обеспечивающих объемное тушение пожаров класса ВЗ.

В части автоматизации и управления средствами пожаротушения система пожаротушения построена на основе комплекса С-2000, включающего в себя приборы приемно-контрольные автоматическими средствами пожаротушения С-2000 АСПТ, пульт управления С-2000М, блоки контрольно пусковые С-2000 КТБ и адресные расширители С-2000-4. Приборы размещаются в помещении персонала в защитном шкафу.

Запуск ЧАПТ может быть произведен в автоматическом режиме и дистанционно.

На объектах в защищаемом помещении устанавливаются извещатели контактные, отключающие режим автоматического пуска установкой при их открытии. Индикация отключенного состояния отображается на табло «Автоматика отключена», расположенного перед входом в защищаемое помещение. Восстановление режима автоматического пуска осуществляется при закрытии контактов.

Прокладку кабелей и проводов следует выполнять в соответствии с ПУЭ, НПБ 88-2001.

Цели шлейфов сигнализации прокладывать по стенам и потолку кабелем марки КСВВ.

Цели пуска, оповещения и питания выполняются кабелем марки ВВГнг 0,66 и ШВВП в негорючем кабель-канале.

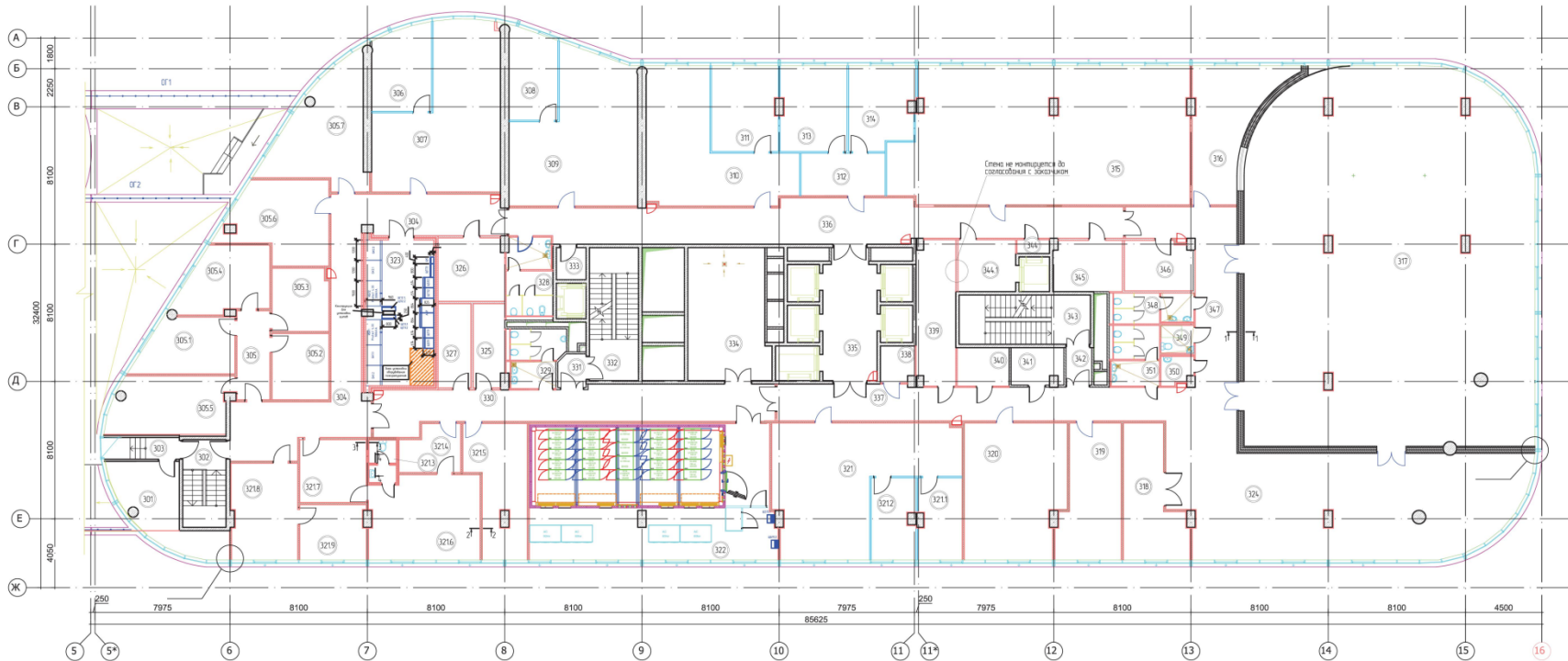
Потреб электроснабжения на напряжении ~220 В, выполнен по проекту зак. 072.0102.

В качестве резервного источника питания приняты встраиваемые в приборы аккумуляторные батареи, работающими в режиме подзарядки.

Заземление приборов выполняется с помощью специальных проводников 3-х жильных питающих кабелей 220В, присоединенных к РЕ шине существующего распределительного электрощита.



# ПРИЛОЖЕНИЕ 6 ПЛАН ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА



### Рекомендации по размещению ИБП Protek 4.33 30kVA.

- Габаритные размеры ИБП (ШхГхВ) – 1500х900х1900 мм.  
Вес – 2330кг. Нагрузка на перекрытия – 16 Нкг/м<sup>2</sup>.
- Габариты вентиляционного шкафа (ШхГхВ) – 1900х1200х960 мм.  
Вес – 1100кг. Нагрузка на перекрытия – 16 Нкг/м<sup>2</sup>.
- Место установки должно отвечать следующим требованиям:
  - активная рабочая зона;
  - отсутствие коррозионной среды или паров кислот;
  - температура воздуха не выше допустимой температуры на входе прибора 35°C;
  - выходные вентиляционные отверстия не должны перекрываться никакими конструктивными элементами или фурнитурами прибора.
- Необходимо принять меры по обеспечению свободного пространства 400 мм над устройством для обеспечения беспрепятственной вентиляции.
- Вентиляционная камера – обязательна.
- Рекомендуемая температура в помещении установки ИБП 20-25°C.
- Площадь пола шкафа ИБП 300кВА – 36 кв.м; площадь пола шкафа – 33,6 кв.м.
- Предусмотреть возможность подгрузки ИБП к месту установки:
  - проход не менее 2000х200мм;
  - удаленность ИБП не более 15\* от вертикальной оси.

### ЭКСПЛИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

№	Наименование	Площадь, кв. м	Куб. метры	Помещение
<b>План на отм. +0.000</b>				
301	Служ. кабинет	210,6		
302	Вестибюль	0,99		
303	Генератор-шкаф	5,63		
304	Коридор	64,40		
<b>Департамент № 305</b>				
305	Место	60,0		
305.1	Кабинет старшего	11,66		
305.2	Кабинет заместителя	10,25		
305.3	Кабинет заместителя	12,40		
305.4	Кабинет	6,82		
305.5	Кабинет старшего	21,86		
305.6	Кабинет старшего	26,83		
305.7	Кабинет старшего	11,63		
<b>Департамент № 306-315</b>				
397,28				
306	Кабинет директора	17,27		
307	Кабинет старшего	56,40		
308	Кабинет директора	8,31		
309	Кабинет старшего	56,01		
310	Кабинет старшего	44,37		
311	Кабинет директора	16,03		
312	Ванная	12,20		
313	Кабинет директора	16,51		
314	Кабинет директора	16,51		
315	Кабинет старшего	16,93		
<b>Департамент № 316-321</b>				
292,20				
316	Комната начальника	29,20		
317	Компьютерный зал на 300 мест	316,45		
318	Генераторный шкаф	21,60		
319	ВХОД	5,62		
320	Комната начальника	47,81		
<b>Департамент № 321</b>				
205,62				
321	Кабинет старшего	62,80		
321.1	Кабинет старшего	12,80		
321.2	Кабинет старшего	47,58		
321.3	Г/у	4,54		
321.4	Кабинет старшего	24,80		
321.5	Ванная	5,65		
321.6	Кабинет	32,08		
321.7	Коридор	8,80		
321.8	Кабинет старшего	21,88		
321.9	Кабинет старшего	9,65		
322	Сборная	16,40		
323	ИБП	38,80		
324	Место хранения запаса	18,16		
325	Ванна	8,16		
326	Кабинет ДИП	8,72		
327	Кухня	9,84		
328	Г/у женский	12,20		
329	Г/у мужской	12,20		
330	Коридор	49,33		
331	Генератор-шкаф	3,80		
332	Лестница	22,36		
333	Административная	11,12		
334	Техническая лестница	36,57		
335	Генератор-шкаф	24,33		
336	Коридор	77,10		
337	Коридор	44,96		
338	Кабинет ДИП	4,80		
339	ИБП на 1500 кВт	97,30		
340	Кабинет ДИП	6,95		
341	Лестничная клетка	4,40		
342	Генератор-шкаф	3,46		
343	Лестница	22,47		
344	Техническая лестница	1,17		
344.1	Лестничная клетка VP	11,45		
345	Кабинет ДИП	1,00		
345.1	Кабинет ДИП	4,37		
346	Вестибюль	11,18		
347	Коридор	21,88		
348	Г/у мужской	8,30		
349	Г/у женский	3,20		
350	Коридор	2,96		
351	Г/у женский	97,4		
		<b>Всего</b>	<b>2126,56</b>	