



## Аннотация

Объект работы – государственное бюджетное учреждение здравоохранения Самарской области.

Предмет работы – электроснабжение ГБУЗ Самарской области.

В России в настоящее время анализ технического состояния электрических сетей медицинских учреждений показал, что высок износ сетевого хозяйства, фактические схемы электроснабжения не обеспечивают требуемую степень надежности ответственных потребителей, требуется реконструировать питающие сети к лечебным учреждениям, установить новые современные КТП для создания дополнительных центров питания. Остро встает вопрос об установке в медицинских учреждениях резервных источников питания, что связано с дополнительными затратами, но ведет к повышению надежности электроснабжения лечебных учреждений.

Цель работы – спроектировать надежную, безопасную систему электроснабжения государственного бюджетного учреждения здравоохранения Самарской области. Задачи работы: анализ электроприемников больницы и требований, предъявляемым к нам в отношении надежности, качества и безопасности электроснабжения; спроектировать надежную схему электроснабжения больницы; выполнить технико-экономическое обоснование мероприятий по реконструкции электроснабжения больницы.

## Содержание

	Введение	4
1	Характеристика объекта проектирования. Анализ схемы внешнего электроснабжения районной Ставропольской больницы	6
2	Определение электрических нагрузок больницы	8
2.1	Расчет электрических нагрузок от силовых потребителей	8
2.2	Расчет искусственного электрического освещения больницы	12
3	Выбор числа, мощности и типа трансформаторов КТП 10/0,4 с учетом компенсации реактивной мощности	17
4	Расчет токов короткого замыкания	24
5	Выбор и проверка электрооборудования 10 кВ и 0,4 кВ схемы электроснабжения больницы	33
5.1	Выбор и проверка электрооборудования 10 кВ	33
5.2	Выбор и проверка электрооборудования 0,4 кВ	32
5.3	Выбор кабельных линий 0,4 кВ	36
6	Выбор резервного источника питания	37
7	Выбор релейной защиты и автоматики БКТП 10/0,4 кВ	41
8	Расчет защитного заземления БКТП 10/0,4 кВ и ДГУ	43
8.1	Расчет защитного заземления БКТП 10/0,4 кВ	43
8.2	Расчет защитного заземления ДГУ	45
9	Экономическая эффективность работы	47
	Заключение	48
	Список использованных источников	49

## **Введение**

В настоящее время стартовал в стране проект «Здоровье», который получил название «Национального приоритетного проекта» и запущен для реализации указов президента РФ Путина В.В. Основная задача проекта – улучшение ситуации в здравоохранении, повышению доступности медицинского обслуживания в сельских населенных пунктах [2].

В проекте одним из основных направлений является модернизация медицинских учреждений за счет создания медицинских центров высоких технологий, оснащение медицинских учреждений новым оборудованием, а также реконструкция учреждений, имеющих высокий износ оборудования.

В России в настоящее время анализ технического состояния электрических сетей медицинских учреждений показал, что высок износ сетевого хозяйства, фактические схемы электроснабжения не обеспечивают требуемую степень надежности ответственных потребителей, требуется реконструировать питающие сети к лечебным учреждениям, установить новые современные КТП для создания дополнительных центров питания.

С внедрением высоких технологий в медицинское обслуживание усиливается зависимость потребителей электрической энергии от надежности электроснабжения, от длительности перерывов электроснабжения.

Аварийные отключения – источник чрезвычайных ситуаций в лечебных учреждениях. В марте 2010 г. при отключении электроэнергии в роддоме в Семее целый час шла борьба за жизнь новорожденных. Т.к. кюветы, в которых были размещены младенцы, остались без электричества.

В Тольятти из-за аварии в 2010 г. в Автозаводском районе были обесточены две поликлиники. К счастью в лифтовых помещениях в это время не было людей. Отключение электроэнергии не коснулось медгородка, где не хватает резервных мощностей для поддержания функционирования отделений реанимации и операционных.

Поэтому остро встает вопрос об установке в медицинских учреждениях резервных источников питания, что связано с дополнительными затратами, но ведет к повышению надежности электроснабжения лечебных учреждений.

Цель работы – спроектировать надежную, безопасную систему электроснабжения государственного бюджетного учреждения здравоохранения Самарской области.

Задачи работы:

- анализ электроприемников больницы и требований, предъявляемым к нам в отношении надежности, качества и безопасности электроснабжения;
- спроектировать надежную схему электроснабжения больницы;
- выполнить технико-экономическое обоснование мероприятий по реконструкции электроснабжения больницы.

## **1 Характеристика объекта проектирования. Анализ схемы внешнего электроснабжения районной Ставропольской больницы**

Объект реконструкции – государственное бюджетное учреждение здравоохранения Самарской области – районная Ставропольская больница (рисунок 1.1). Больница включает в себя: больничное учреждение на 100 коек; амбулаторно - поликлиническое учреждение общей мощностью на 250 посещений в смену; так же ряд других помещений и корпусов которые необходимы для нормальной работы больницы.

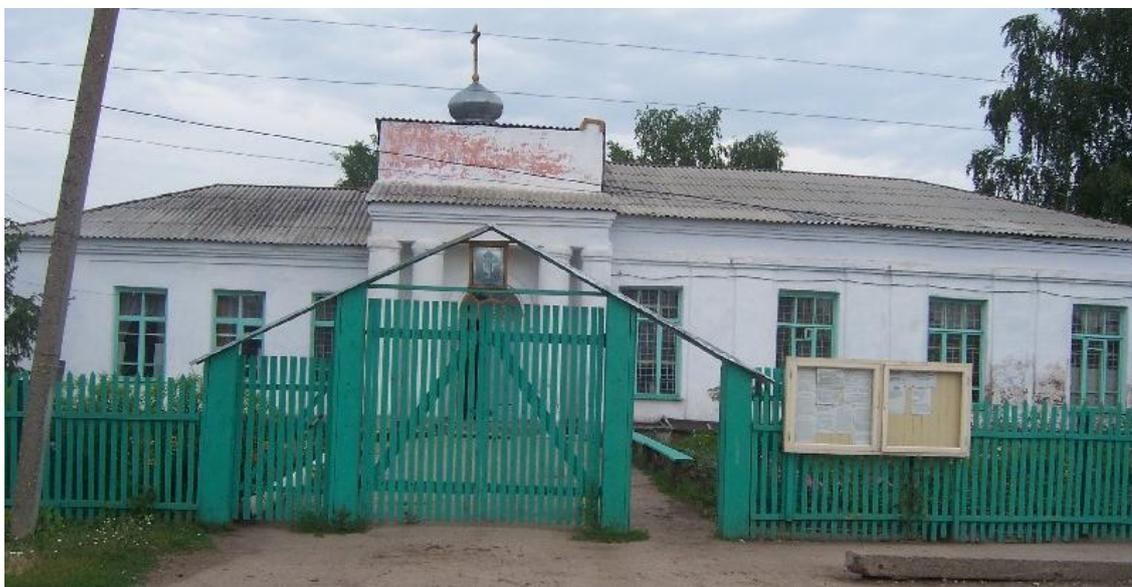


Рисунок 1.1 – Районная Ставропольская больница

На территории больницы расположены:

- поликлиника - главный корпус,
- лечебные корпуса,
- лаборатория;
- столовая;
- гараж;
- складские помещения;
- котельная;
- хозпостройки и т.д.

Внешним источником электроснабжения является подстанция «Ставропольская» 110/35/10. Электроснабжение больницы осуществляется от одной секции сборных шин 10 кВ Т1 подстанции - от ф. 10 кВ «Ст-1» и «Ст-12». Так как на территории больницы имеются потребители 1 особой, 1 и 2 категорий надежности (операционная, послеоперационные палаты, палаты интенсивной терапии, приемно-смотровая, аварийное освещение, пожарная сигнализация, вентиляция, пассажирские лифты, устройства дымоудаления и т.д.), то внешняя схема электроснабжения не удовлетворяет требованиям надежности.

Уровни напряжения в системе электроснабжения больницы: 10 кВ и 0,4 кВ.

При реконструкции электроснабжения районной Ставропольской больницы приняты решения:

- перенести нагрузку с ф. 10 кВ «Ст-12» на ф. 10 кВ «Ст-16» подстанции «Ставропольская», что позволит обеспечить электроснабжение больницы в соответствии с требованиями ПУЭ [1] от двух независимых источников питания;

- установить ТП с двумя трансформаторами типа ТМГ-630/10/0,4 для обеспечения электроснабжения нового лечебного оборудования;

- воздушные линии 10 кВ и 0,4 кВ выполнить СИП;

- для обеспечения бесперебойного электроснабжения электроприемников 1 особой и 1 группы установить дизель-генераторную установку.

## 2 Определение электрических нагрузок больницы

### 2.1 Расчет электрических нагрузок от силовых потребителей

Для расчета электрических нагрузок потребителей медицинских учреждений используется метод коэффициента спроса [3,12].

Все электроприемники больницы разбиваются на группы в зависимости от мощности и режима работы.

Характерные электроприемники районной Ставропольской больницы:

- переносное санитарно-техническое оборудование;
- холодильное оборудование;
- стационарное медицинское оборудование,
- лабораторное оборудование,
- лифтовое оборудование,
- оборудование стационарное термическое,
- оборудование столовой,
- оборудование котельной.

Порядок определения расчетных нагрузок больницы приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Последовательность определения расчетных нагрузок больницы

Определяемая величина	Расчетные формулы
1	2
Коэффициент спроса для $i$ -х групп ЭП	$K_{Ci}$
Суммарная установленная мощность $i$ -х групп ЭП	$P_{ном\Sigma}$ ,
Расчетные нагрузки	$P_{p\Sigma} = K_C \cdot P_{ном\Sigma}$ , $S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2}$ $Q_{p\Sigma} = P_p \operatorname{tg}\varphi$

Продолжение таблицы 2.1

1	2
Расчетный ток	$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}$
Расчетная нагрузка освещения	$P_{p.o.} = P_{н.о} \cdot K_{с.о}$

В качестве примера в таблице 2.2 приведен расчет нагрузок по силовым распределительным пунктам 0,4 кВ главного корпуса.

В таблице 2.3 приведена расчетная нагрузка по группам электроприемников больницы.

Расчетная нагрузка по больнице:

$$P_{p\Sigma} = 549 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = 366,7 \text{ квар},$$

$$S_{p\Sigma} = 702,4 \text{ кВА}.$$

Таблица 2.2 – Расчет нагрузок по силовым распределительным пунктам 0, 4 кВ главного корпуса

Наименование распределительного пункта 0,4 кВ	Наименование ЭП, подключенных к РП 0,4 кВ	Общее кол-во ЭП	Общая уст. мощность всех ЭП	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , квар	$S_p$ , кВт
1	2	3	4	5	6	7
РП1-1	Медицинское оборудование физкабинета, медицинское оборудование теплолечебницы	13	13,56	2,15	0,13	2,17
РП1-2	Медицинское оборудование физкабинета, медицинское оборудование теплолечебницы	15	23,01	3,15	1,12	5,17
РП1-3	Маммограф рентгеновский ТФ-28	1	56,5	28,7	12,3	38,5
РП1-4	Управляемый рентгеновский комплекс	1	39,1	22,14	11,32	29,15
РП2-1	Оборудование столовой корпуса	13	16,8	16,8	-	16,8
РП2-2	Розетки	7	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7
РП2-3	Стационарное медицинское оборудование Розетки	21	2,25	1,2	1,12	1,3
РП2-4	Стационарное медицинское оборудование Розетки	22	05,8	39,2	3,23	39,6
РП3-1	Сантехническое оборудование	7	0,4	4,15	0,7	4,65
РП3-2	Флюорограф, ЩУ12, ЩУ13	5	45,3	32,14	12,33	41,15
РП3-3	Лифтовое оборудование	4	14	3,15	7,12	8,32
РП3-4	Розетки для переносного электроинструмента Сантехническое оборудование	9	2,32	2,33	3,14	4,71
РП3-5	Компьютерная техника регистратуры Часы электронные	11	4,15	2,32	1,15	3,62
РП3-6	Компьютерная техника	13	5,67	5,23	3,22	6,81

Таблица 2.3 – Расчетная нагрузка по группам электроприемников больницы

Наименование группы	Кол-во ЭП	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , квар	$S_p$ , кВт
Переносное и стационарное медицинское оборудование	97	35,4	16,89	47,5
Лабораторное оборудование	112	175,9	108,9	255,3
Санитарно-техническое и холодильное оборудование	34	148,4	92,5	178,5
Лифтовое оборудование	17	31,6	53,93	68,15
Оборудование стационарное термическое	23	24,15	17,33	32,77
Оборудование столовой	17	32,15	-	32,15
Котельная	16	79,6	45,3	115,7
		549	366,7	702,4

## 2.2 Расчет искусственного электрического освещения больницы

Для освещения районной Ставропольской больницы применены современные энергосберегающие светодиодные светильники. Для освещения электрощитовой, венткамер используются светильники с лампами накаливания. Для эвакуации медперсонала и больных предусматривается аварийное освещение, выполненное лампами накаливания.

Расчет искусственного освещения помещений больницы выполнен с помощью программы "DIALux".

На рисунке 2.1 приведена пространственная модель расположения светильников для регистратуры. К установке принято 8 светильников OWP ОПТИМА производства «Световые технологии» [21].

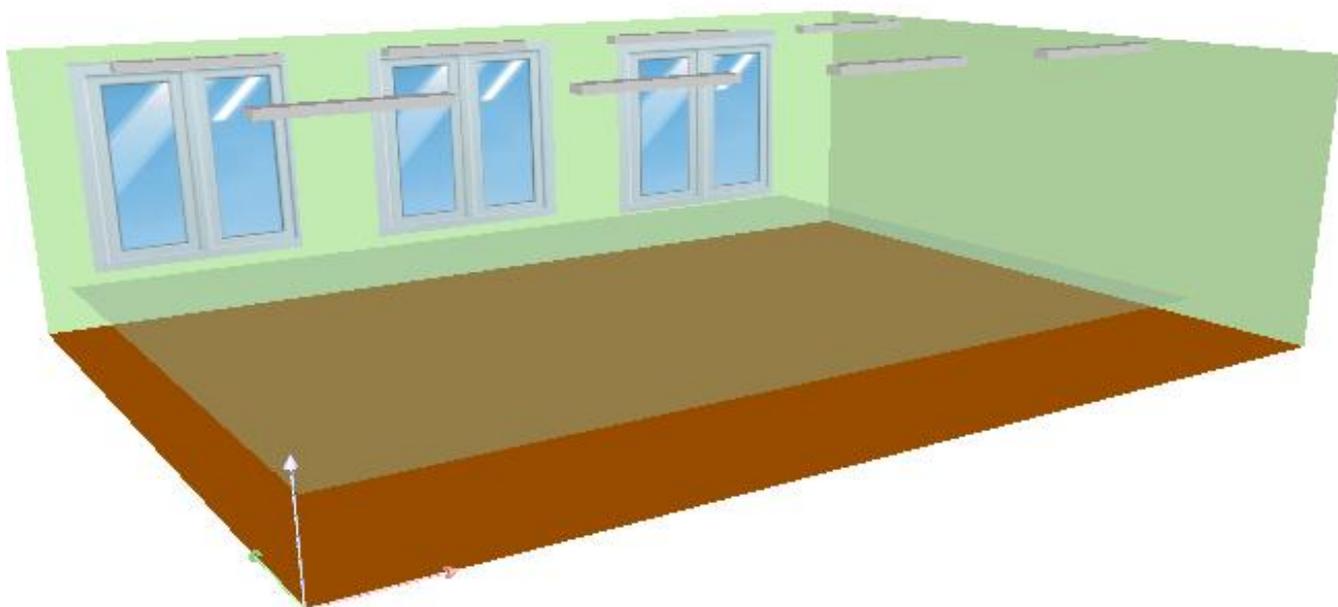


Рисунок 2.1 - Пространственная модель. Регистратура

Ни рисунке 2.2 приведено распределение освещенности в регистратуре, выполненное в программе "DIALux".

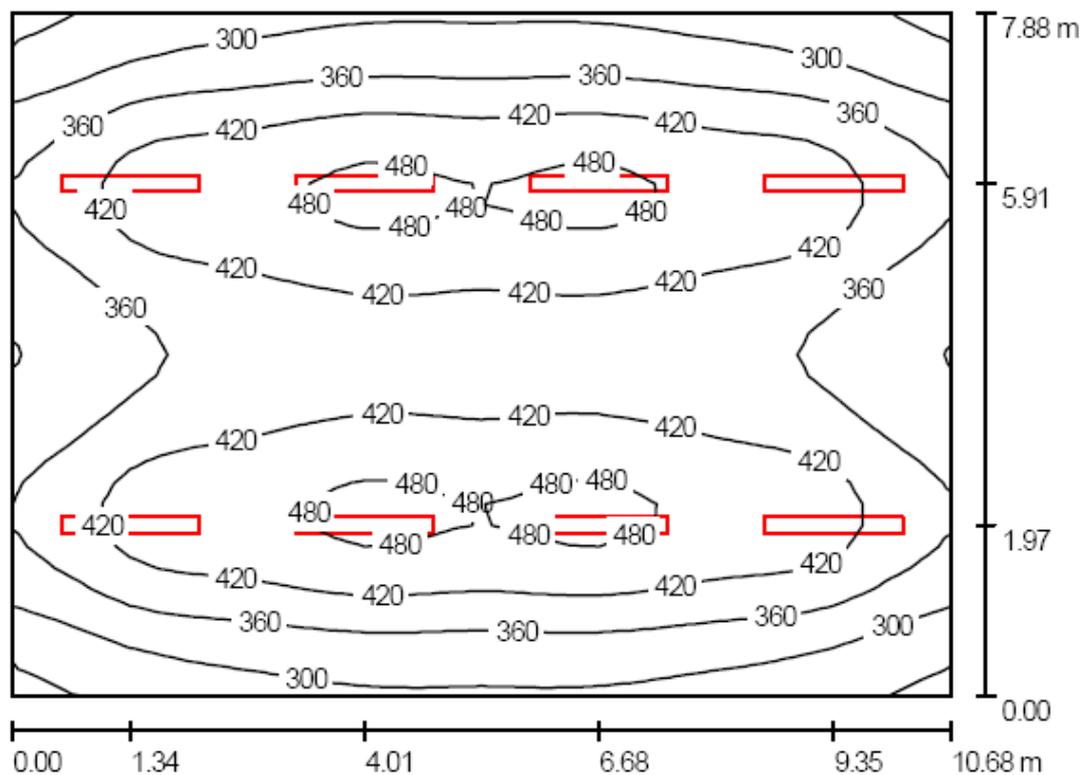


Рисунок 2.2 - Распределение освещенности. Регистратура

На рисунке 2.3 приведена пространственная модель расположения светильников для физкабинета. К установке принято 16 светильников OWP ОРТИМА производства «Световые технологии» [21].

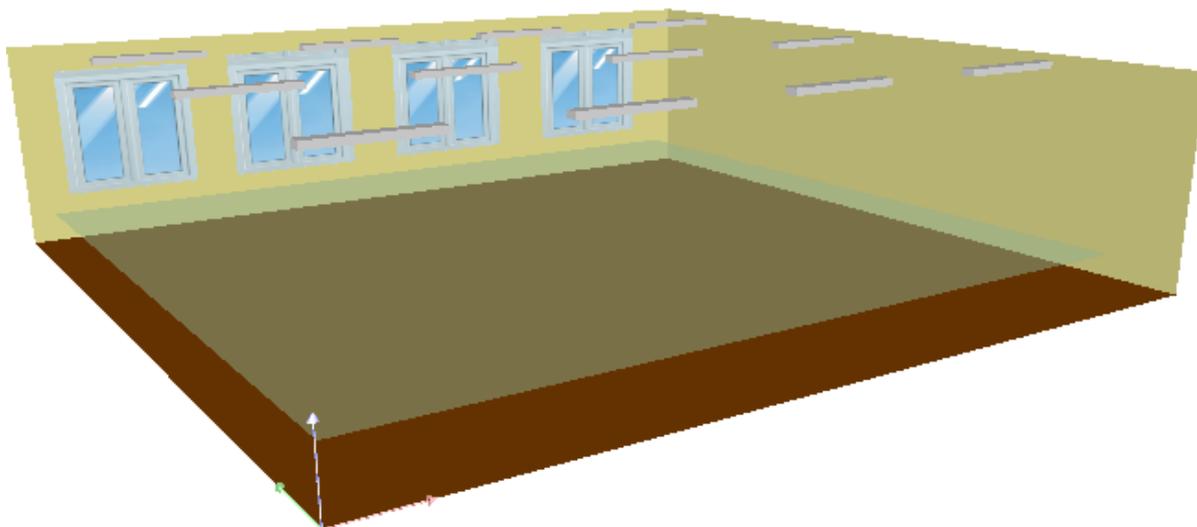


Рисунок 2.3 - Пространственная модель. Физкабинет

Ни рисунке 2.4 приведено распределение освещенности в физкабинете, выполненное в программе "DIALux".

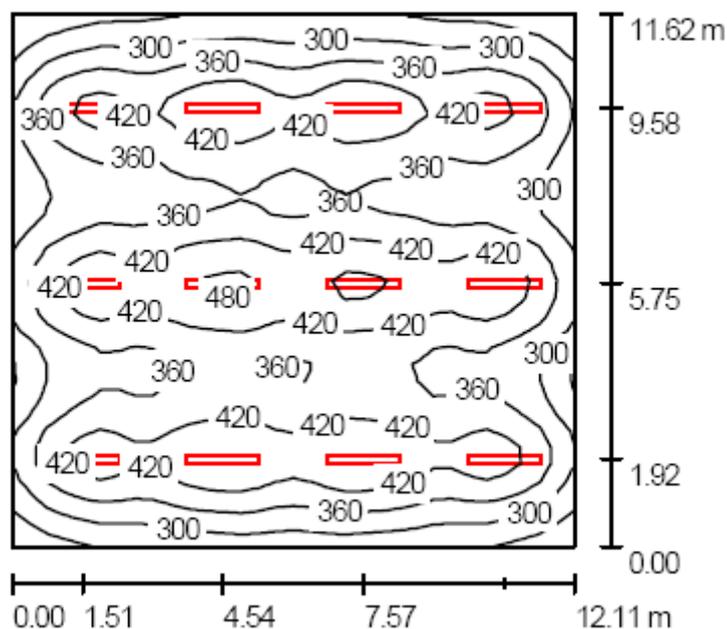


Рисунок 2.4 - Распределение освещенности. Физкабинет

Светильники на светодиодах FAROS FG и OWP OPTIMA (для больничных помещений) приведены на рисунках 2.5 и 2.6.



Рисунок 2.5 – Светильник FAROS FG



Рисунок 2.6 – Светильник OWP OPTIMA

Принятые к установке светильники в помещениях главного корпуса больницы приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Принятые к установке светильники в помещениях главного корпуса больницы (1 этаж)

Наименование помещений	Тип светильника	Кол-во	$P_{\text{росв}}$ , кВт	$P_{\text{ав}}$ , кВт
Регистратура	OWP OPTIMA	8	432	-
Вестибюль	FAROS FG	3	180	-
Буфет	OWP OPTIMA	4	72	-
Физкабинет (4)	OWP OPTIMA	16x4	144x4	-
Врачебный кабинет (4)	OWP OPTIMA	16x4	144x4	
Лаборантская	OWP OPTIMA	4	72	
Коридор	FAROS FG	64	576	144
Лифтовой холл	ALS.OPL	2	-	72
Аптечный киоск	OWP OPTIMA	4	216	-
Лестничная клетка	ALS.OPL	4	72	72

### 3 Выбор числа, мощности и типа трансформаторов ТП 10/0,4 с учетом компенсации реактивной мощности

Выбор числа и мощности трансформаторов ТП 10/0,4 выполнен по токовым нагрузкам, представленными ПАО «МРСК Волги», которые приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Токовые нагрузки ф. 10 кВ «Ст-1», на ф. 10 кВ «Ст-12» подстанции «Ставропольская» за характерные летние сутки

№ фидера	Время	ток фазы А, А	ток фазы В, А	ток фазы С, А
1	2	3	4	5
Ст-1	00	20	30	40
	02	10	10	16
	04	55	75	75
	06	40	50	40
	08	120	130	140
	10	110	90	160
	12	55	75	75
	14	130	150	130
	16	120	110	120
	18	140	150	150
	20	130	120	90
	22	40	35	30
	24	10	5	5
прибор	АНУ			
Ст-12	00	40	30	40
	02	50	60	70
	04	55	75	75
	06	60	50	60
	08	160	170	150

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5
	10	160	190	160
	12	155	175	175
	14	140	150	130
	16	160	150	170
	18	140	150	150
	20	130	120	90
	22	40	35	30
	24	50	50	45
прибор	АНУ			

Максимальная полная мощность по подстанции с учетом данных таблицы 3.1 составляет:

$$S_{\max PC} = \frac{\sum W_i}{t_i}, \quad (3.1)$$

$$S_{\max PC} = 692,6 \text{ кВА},$$

что соответствует расчетной нагрузке по больнице:

$$P_{p\Sigma} = 549 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = 366,7 \text{ квар},$$

$$S_{p\Sigma} = 702,4 \text{ кВА}.$$

В ходе реконструкции устанавливаем комплектную трансформаторную КТП типа БКТП с трансформаторами ТМГ [17].

БКТП удобна для установки на территории больницы, т.к. представляет собой объемный железобетонный корпус из бетона, состоящий

из плиты основания и монолитного объемного блок-контейнера (рисунок 3.1) [20].



Рисунок 3.1 – Внешний вид БКТП «БалтЭнергоМаш»

В блок-контейнере устанавливается следующее электрооборудование:

- распределительное устройство высокого напряжения РУВН-10 кВ и распределительное устройство низкого напряжения РУНН-0,4 кВ;
- силовые трансформаторы ТМ, ТМГ, ТМЗ, ТСЗ, ТСЗН.

Назначение БКТП:

БКТП в бетонном корпусе предназначается для приема, преобразования и распределения электроэнергии в стационарных электроустановках трехфазного переменного тока с частотой 50 Гц напряжением ВН 6 кВ или 10 кВ, напряжением НН 0,4 кВ и мощностью БКТП 100 кВА, БКТП 160 кВА, БКТП 250 кВА, БКТП 400 кВА, БКТП 630 кВА, БКТП 1000 кВА, БКТП 1600 кВА, БКТП 2500 кВА.

Технические характеристики БКТП приведены в таблице 3.1 [20].

Таблица 3.1-Технические характеристики БКТП производства «БалтЭнергоМаш»

Наименование параметра блочной подстанции БКТП	Показатели отраслевого проекта подстанции БКТП
$S_T$	На выбор заказчика
$U_{номНН}$ , кВ	0,4
$U_{номВН}$ , кВ	6/10
Класс здания подстанций БКТП	2
$I_{номНН}$ , А	250; 400; 630; 1000; 2000; 2500
$I_T$ , кА	20
$i_{дин}$ , кА	51
Уровень изоляции по ГОСТ 1516.1-76	Нормальная
Уровень внешней изоляции по ГОСТ 9920-75	Нормальная категория
Способ выполнения нейтрали ВН	Изолированная
Способ выполнения нейтрали НН	Глухозаземленная
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150	У1, УХЛ1
$T$ , лет	Не менее 25

Потребители больницы относятся в основном к 1 особой, 1 и 2 категориям надежности электроснабжения, выбираем БКТП с двумя трансформаторами мощность 630 кВА, т.к. выполняется условие [16]:

$$S_{номТ} \geq S_{\max ПС} \cdot 0,7 \quad (3.2)$$

$$S_{номТ} \geq 692,6 \cdot 0,7 = 484,5 \text{ кВА.}$$

Выполним проверку выбранных трансформаторов БКТП на допустимую систематическую и аварийную перегрузку из условий [15].

Величину и продолжительность допустимых перегрузок определяют для прямоугольных графиков нагрузки. По суточному графику нагрузки определяем среднюю нагрузку:

$$S_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \Delta t_i}{24} \quad (3.3)$$

где  $S_i$  – мощность  $i$ -й ступени графика,  $\Delta t_i$  – длительность  $i$ -й ступени.

Коэффициент начальной загрузки:

$$K_3 = \frac{1}{S_{cp}} \cdot \sqrt{\frac{S_{n1}^2 \cdot \Delta t_1 + S_{n2}^2 \cdot \Delta t_2 + \dots + S_{nm}^2 \cdot \Delta t_m}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m}} \quad (3.4)$$

где  $S_{ni}$  – начальная нагрузка.

Коэффициент перегрузки:

$$K_{II} = \frac{1}{S_{cp}} \cdot \sqrt{\frac{S_{n1}'^2 \cdot \Delta t_1' + S_{n2}'^2 \cdot \Delta t_2' + \dots + S_{nm}'^2 \cdot \Delta t_m'}{\Delta t_1' + \Delta t_2' + \dots + \Delta t_m'}} \quad (3.5)$$

где  $S_{ni}'$  – перегрузка,  $\Delta t_i'$  – длительность перегрузки.

Коэффициенты допустимой систематической и аварийной перегрузки  $K_{доп.с.}$  и  $K_{доп.ав.}$  зависят от коэффициента начальной загрузки, от времени перегрузки, от системы охлаждения трансформатора, от эквивалентной температуры охлаждающей среды.

Систематическая перегрузка трансформатора является допустимой, если выполняется условие:

$$S_{номТ} \cdot K_{допС} \geq S_{Тmax} \quad (3.6)$$

т.е. трансформатор подвергается систематическим перегрузкам в том случае, если его номинальная мощность меньше максимально возможной нагрузки в нормальном режиме работы трансформатора.

Проверку на допустимую систематическую перегрузку проводить не требуется, т.к. мощность трансформаторов каждой трансформаторной подстанции превосходит величину максимальной нагрузки.

Аварийная перегрузка трансформатора является допустимой, если выполняется условие:

$$S_{номТ} \cdot K_{допав} \geq S_{Тmax} \quad (3.7)$$

где  $S_{Тmax}$  – максимальная нагрузка трансформатора в аварийном режиме.

Аварийным считаем режим, при котором происходит отключение одного из трансформаторов двухтрансформаторной подстанции, поэтому проверка на допустимую аварийную перегрузку проводится только для трансформаторных подстанций с числом трансформаторов больше одного.

Рассчитаем коэффициенты перегрузки трансформаторов ТП по формулам (3.4) и (3.5):

$$S_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \Delta t_i}{24} = \frac{73 \cdot 2 + 38 \cdot 1 + 20 \cdot 5 + 100 \cdot 8 + 122 \cdot 1 + 220 \cdot 1 + 346,3 \cdot 2 + 275 \cdot 2 + 216 \cdot 2}{24} = 129,2 \text{кВА}$$

$$K_3 = \frac{1}{S_{ном}} \cdot \sqrt{\frac{S_{n1}^2 \cdot \Delta t_1 + S_{n2}^2 \cdot \Delta t_2 + \dots + S_{nm}^2 \cdot \Delta t_m}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m}} = \frac{1}{129,2} \cdot \sqrt{\frac{73^2 \cdot 2 + 38^2 \cdot 1 + 20^2 \cdot 5 + 100^2 \cdot 8 + 122^2 \cdot 1}{17}} = 0,62$$

$$K_{II} = \frac{1}{S_{cp}} \cdot \sqrt{\frac{S_{n1}^2 \cdot \Delta t'_1 + S_{n2}^2 \cdot \Delta t'_2 + \dots + S_{nm}^2 \cdot \Delta t'_m}{\Delta t'_1 + \Delta t'_2 + \dots + \Delta t'_m}} = \frac{1}{129,2} \cdot \sqrt{\frac{220^2 \cdot 1 + 346,3^2 \cdot 2 + 275^2 \cdot 2 + 216^2 \cdot 2}{7}} = 2,13$$

Для двухтрансформаторной БКТП:

$$K_{\text{доп.ав.}} = 1,4$$

$$630 \times 1,4 = 882 \text{ кВА} \geq 543 \text{ кВА} - \text{условие выполняется.}$$

Выбор трансформаторов БКТП совместно с компенсацией реактивной мощности сведен в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Выбор трансформаторов БКТП больницы

Расчетный параметр	Единица измерения	Значение
Тип трансформатора		ТМГ-630/10/0,4
$\Delta P_T$	кВт	7,1
$\Delta Q_T$	квар	33
$P_p = P_{p\Sigma} + \Delta P_T$	кВт	554
$Q_p = Q_{p\Sigma} + \Delta Q_T$	квар	388
$Q'_{\text{Э2}}$	квар	167
$Q''_{\text{Э2}}$	квар	0
$Q_{\text{кв. max}}, Q_{\text{кв. min}}$	квар	170/0
$Q_{\text{кв. вн}}$	квар	40
$Q_{\text{кв. нн}}$	квар	150
$z_{\text{кв. н}}$	тыс.руб.	26,8
Количество и тип ККУ		2 х КРМ-0,4-75-15 УЗ
$z_{\text{КТП}}$	тыс.руб.	662,9
$z_{\text{общие}}$	тыс.руб.	689,7

#### 4 Расчет токов короткого замыкания

Для расчета токов короткого замыкания предварительно выберем питающие линии 10 кВ и 0,4 кВ, коммутационные аппараты, трансформаторы тока электрической сети 0,4 кВ [14].

Электрическая питающая сеть 10 кВ выполнена воздушной неизолированной и изолированной линиями. Выбор сечения воздушных линий производится по экономической плотности тока  $j_{эк}$  [1]:

$$F = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot j_{эк} \cdot U_n} \quad (4.1)$$

По формуле (4.1)

$$F = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} \cdot j_{эк} \cdot U_n} = \frac{904,6}{1,73 \cdot 1,6 \cdot 10} = 32,7 \text{ мм}^2$$

Максимальная нагрузка на СИП равна суммарной нагрузке больницы

$$P_{p\Sigma} = 549 \text{ кВт},$$

$$S_{p\Sigma} = 702,4 \text{ кВА}.$$

Выбираем 2 провода марки СИП – 3, 1×185мм<sup>2</sup> [17].

Расчеты выбора коммутационные аппараты, трансформаторы тока электрической сети 0,4 кВ сведены в таблицы 4.1 – 4.4.

Таблица 4.1 – Выбор питающих кабельных линий 0,4 кВ (ввод 1)

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_p \geq U_{ном}$	0,4 кВ	0,4 кВ
$I_{pн} \geq I_{расч}$	141,3 А	240 А
$\Delta U \leq \Delta U_{дон}$	1,4%	5 %

Таблица 4.2 – Выбор питающих кабельных линий 0,4 кВ (ввод 2)

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_p \geq U_{ном}$	0,4 кВ	0,4 кВ
$I_{рн} \geq I_{расч}$	154,6 А	240 А
$\Delta U \leq \Delta U_{дон}$	1,52%	5 %

Выбираем кабель марки АВВГ-3х95-1х50 [21].

Таблица 4.3 – Выбор рубильников

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_p \geq U_{ном}$	10 кВ	12 кВ
$I_{рн} \geq I_{расч}$	808 А	1000 А

Выбираем рубильник типа РПБ-1000 [21].

Таблица 4.4 – Выбор автоматических выключателей

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_p \geq U_{ном}$	10 кВ	12 кВ
$I_{рн} \geq I_{расч}$	808 А	1000 А

Выбираем автоматический выключатель ВА-СЭЩ - S [19].

Таблица 4.4 – Выбор трансформаторов тока

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_p \geq U_{ном}$	10 кВ	12 кВ
$I_{рн} \geq I_{расч}$	808 А	1000 А

Выбираем ТШН-0,66-0,5-1000/5 [19].

Для проверки электрооборудования схемы электроснабжения больницы выполнен расчет токов короткого замыкания. Расчет выполнен в соответствии с требованиями [5,6,14]. Расчетная схема и схема замещения для расчета токов КЗ на стороне 10 кВ (точка К1) приведены на рисунке 4.1.

Исходные данные для расчета:

Т: трансформатор ТМГ-630/10/0,4:  $U_K=6\%$ .

Л1: воздушная линия ВЛ 10 кВ марки АС-50;

Л2: СИП 10 кВ марки СИП-3х50.

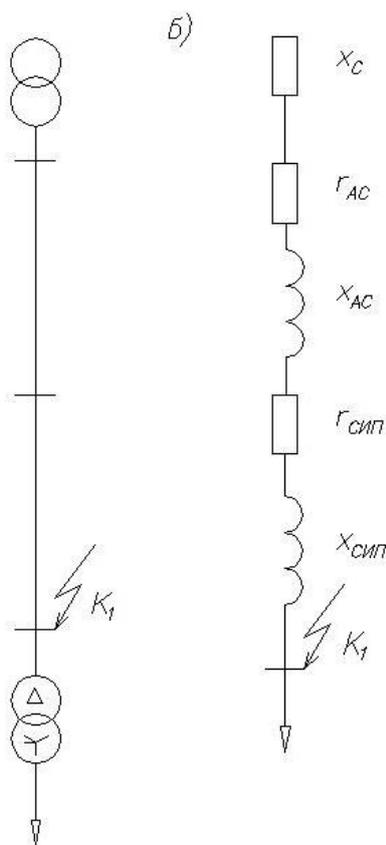


Рисунок 4.1 - Расчетная схема (а) и схема замещения (б)

В таблице 4.5 приведены удельные сопротивления жил в зависимости от напряжения и сечения кабеля.

Таблица 4.5 – Удельные сопротивления кабельных линий

Марка питающей линии	$r_0, Ом/км$	$x_0, Ом/км$
АС-50	0,65	0,395
СИП-3х50	0,72	0,299

Сопротивление системы:

$$x_c = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot I_{\max \kappa.3}^{(3)}} \quad (4.2)$$

$$x_c = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 4244} = 1,428 \text{ Ом}$$

Сопротивление питающей линии ВЛ 10 кВ:

$$r_{AC} = r_{0AC} \cdot l_{AC} \quad (4.3)$$

$$r_{AC} = 0,65 \cdot 0,942 = 0,593 \text{ Ом},$$

$$x_{AC} = x_{0AC} \cdot l_{AC}, \quad (4.4)$$

$$x_{AC} = 0,392 \cdot 0,942 = 0,369 \text{ Ом}$$

Сопротивление СИП по формулам (4.3) и (4.4):

$$r_{СИП2} = 0,72 \cdot 0,035 = 0,025 \text{ Ом},$$

$$x_{СИП2} = 0,299 \cdot 0,035 = 0,01 \text{ Ом},$$

Эквивалентное сопротивление в точке К1

$$z_{\kappa.1} = \sqrt{(r_{AC} + r_{СИП})^2 + (x_{AC} + x_{СИП} + x_c)^2} \quad (4.5)$$

$$z_{\kappa.1} = \sqrt{(0,593 + 0,025)^2 + (0,369 + 0,01 + 1,428)^2} = 1,91 \text{ Ом}.$$

Расчетный ток КЗ в точке К1:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma, K1}} \quad (4.6)$$

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 1,91} = 3,174 \text{ кА.}$$

Ударный ток КЗ в точке К1:

$$i_{y\delta}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot I_{\kappa}^{(3)} \cdot K_{y\delta}, \quad (4.7)$$

$$i_{y\delta}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 3,174 \cdot 1,45 = 6,5 \text{ кА}$$

где  $K_{y\delta}$  – ударный коэффициент,  $K_{y\delta} = 1,45$  [14].

Мощность короткого замыкания системы в точке К1:

$$S_{\kappa 3, c}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot I_{\kappa, K1}^{(3)} \cdot U_{BH} \quad (4.8)$$

$$S_{\kappa 3, c}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 6,5 \cdot 10,5 = 57,7 \text{ МВА.}$$

Для расчета токов КЗ на стороне 0,4 кВ составлены расчетная схема и схема замещения (рисунок 4.2).

Сопротивление системы, приведенное к ступени 0,4кВ:

$$x_c = \frac{U_{BH}^2}{S_{\kappa 3, c}^{(3)}} \cdot \left( \frac{U_{HH}}{U_{BH}} \right)^2; \quad (4.9)$$

$$x_c = \frac{400^2}{57,7 \cdot 10^6} = 2,77 \text{ МОм}$$

Сопротивление трансформатора БКТП:

$$r_T = \frac{\Delta P_{\kappa} \cdot U_n^2}{S_n^2} \quad (4.10)$$

$$r_T = \frac{5,5 \cdot 0,4^2}{400^2} = 0,0055 \text{ МОм,}$$

где  $\Delta P_{\kappa} = 5,5$  кВт;

$$z_T = \frac{U_{к\%} \cdot U_H^2}{100 \cdot S_H} \quad (4.11)$$

$$z_T = \frac{4,5 \cdot 0,4^2}{100 \cdot 400} = 0,018 \text{ мОм};$$

$$x_T = \sqrt{z^2 - r^2} \quad (4.12)$$

$$x_T = \sqrt{0,018^2 - 0,0055^2} = 0,017 \text{ мОм}.$$

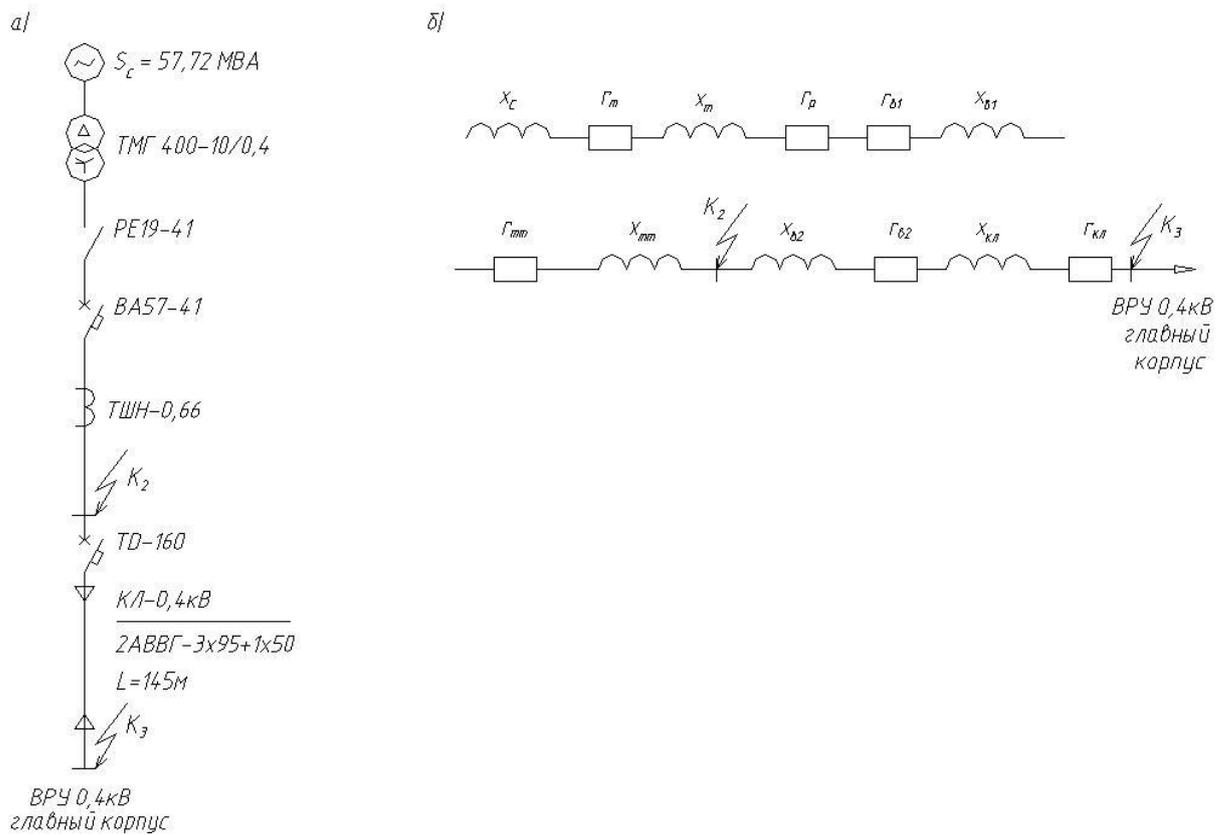


Рисунок 4.2 - Расчетная схема (а) и схема замещения (б)

$$r_{mn} = 0,05 \text{ мОм}, x_{mn} = 0,07 \text{ мОм}.$$

Сопротивление ВА1:

$$r_{\delta 1} = 0,65 \text{ мОм}, x_{\delta 1} = 0,17 \text{ мОм}.$$

Сопротивление ВА 2:

$$r_{\epsilon 2} = 1,3 \text{ мОм}, x_{\epsilon 2} = 0,7 \text{ мОм}.$$

Сопротивление рубильника:

$$r_p = 0,15 \text{ мОм}.$$

Сопротивления контактов:

$$r_{\text{доб}} = 15 \text{ мОм} \text{ и } r_{\text{дод}} = 20 \text{ мОм}.$$

Сопротивление КЛ 0,4 кВ по формулам (4.3) и (4.4):

$$r_{\text{кл}} = \frac{r_0 \cdot l_{\text{кл}}}{2} = \frac{0,326 \cdot 0,145}{2} = 0,023 \text{ Ом} = 23 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{кл}} = \frac{x_0 \cdot l}{2} = \frac{0,0602 \cdot 0,145}{2} = 0,004 \text{ Ом} = 4 \text{ мОм}.$$

Результирующее сопротивление до точки К2 составит:

$$x_{\Sigma \text{к}2} = x_c + x_m + x_{mm} + x_{\epsilon 1} \quad (4.13)$$

$$x_{\Sigma \text{к}2} = 2,77 + 0,017 + 0,07 + 0,17 = 3,03 \text{ мОм};$$

$$r_{\Sigma \text{к}2} = r_m + r_p + r_{mm} + r_{\epsilon 1} + r_{\text{доб}} \quad (4.14)$$

$$r_{\Sigma \text{к}2} = 0,15 + 0,05 + 0,65 = 15,86 \text{ мОм}$$

$$z_{\Sigma \text{к}2} = \sqrt{r_{\Sigma \text{к}2}^2 + x_{\Sigma \text{к}2}^2}. \quad (4.15)$$

$$z_{\Sigma \text{к}2} = \sqrt{15,86^2 + 3,03^2} = 16,14 \text{ мОм}.$$

Расчетный ток трехфазного КЗ в точке К2:

$$I_{к.к2}^{(3)} = \frac{U_{ср.н}}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma к2}} \quad (4.16)$$

$$I_{к.к2}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 16,14 \cdot 10^{-3}} = 14,31 \text{ кА}$$

Ударный ток в точке К2 составит:

$$i_{y\theta.к2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot I_{к.к2}^{(3)} \cdot \kappa_{y\theta} \quad (4.17)$$

$$i_{y\theta.к2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 14,31 \cdot 1,23 = 25,03 \text{ кА},$$

где  $\kappa_{y\theta} = 1,01$ .

Результирующее сопротивление до точки К3 составит:

$$r_{\Sigma к3} = r_{\Sigma r2} + r_{\theta 2} + r_{кл} + r_{доб}; \quad (4.18)$$

$$r_{\Sigma к3} = 15,86 + 1,3 + 23 + 20 = 60,2 \text{ мОм}$$

$$x_{\Sigma к3} = x_{\Sigma к2} + x_{\theta 2} + x_{кл}; \quad (4.19)$$

$$x_{\Sigma к3} = 3,03 + 0,72 + 0,7 + 4 = 8,02 \text{ мОм}$$

$$z_{\Sigma к3} = \sqrt{r_{\Sigma к3}^2 + x_{\Sigma к3}^2} \quad (4.20)$$

$$z_{\Sigma к3} = \sqrt{60,16^2 + 8,02^2} = 60,69 \text{ мОм.}$$

Ток трехфазного КЗ в точке К3:

$$I_{к.к3}^{(3)} = \frac{U_{ср.л}}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma к3}},$$

$$I_{к.к3}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 60,69} = 3,81 \text{ кА}.$$

Ударный ток в точке К2 составит:

$$i_{уд.к3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot I_{к.к3}^{(3)} \cdot K_{уд}, \quad (4.21)$$

$$i_{уд.к3}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 3,81 \cdot 1 = 6,6 \text{ кА}$$

где  $K_{уд} = 1$ .

Расчетные значения токов КЗ сведены в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Расчетные значения токов КЗ

Вид КЗ	Расчетная точка КЗ	Напряжение, кВ	Ударный коэффициент	Трехфазный ток КЗ, кА	Ударный ток КЗ, кА
Металл.	К1	10	1,45	3,17	6,5
	К2	0,4	1,01	14,31	25,03
	К3	0,4	1,0	3,81	6,6
Дуговое	К1	10			
	К2	0,4	1,01	9,16	12,7
	К3	0,4	1,0	3,24	4,15

## 5 Выбор и проверка электрооборудования 10 кВ и 0,4 кВ схемы электроснабжения больницы

### 5.1 Выбор и проверка электрооборудования 10 кВ

В ходе реконструкции устанавливаем комплектную трансформаторную КТП типа БКТП с трансформаторами ТМГ-630/10/0,4 производства «БалЭнергоМаш» [21].

Выбор и проверка выключателя нагрузки защиты трансформатора приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Выбор и проверка выключателя нагрузки

Наименование величины	Расчетные данные	Каталожные данные	Единица измерения
Номинальное напряжение	10	12	кВ
Номинальный ток	31	1000	А
Номинальный ток отключения	3,2	20	кА
Динамическая стойкость	7,97	51	кА
Термическая стойкость	3,72	128	кА <sup>2</sup> ·с

К установке распределительное устройство РУВН-10 БКТП принимаем выключатель нагрузки ВНА-10/630 предохранителями ПКТ -10.

В распределительное устройство РУВН-10 БКТП встроены трансформаторы тока типа ТОЛ-10

Выбор трансформатора тока приведен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Выбор трансформатора тока

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_p \geq U_{ном}$	10 кВ	10 кВ
$I_{рн} \geq I_{расч}$	31 А	63 А
$I_{н.т.о} \geq I_{к'}$	3,2 кА	10 кА
$I_{пр.тер}^2 \cdot t_{тер.} \geq I_{\infty}^2 \cdot t_{\phi}$	3,72 кА <sup>2</sup> ·с	18 кА <sup>2</sup> ·с
$i_y < i_{пр.с,}$	7,97 кА	20 кА
$Z_2 \leq Z_{2ном}$	8,8	10

## 5.2 Выбор и проверка электрооборудования 0,4 кВ

На стороне 0,4 кВ БКТП 10/0,4 кВ к установке принимаем комплектное распределительное устройство типа РУНН производства «БалтЭнергоМаш» [21], который представляет собой каркас, собранный с помощью болтовых соединений из металлических узлов и профилей.

Выбор и проверка автоматического выключателя на вводе на стороне 0,4 кВ для БКТП приведен в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Выбор и проверка вводного автоматического выключателя

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_p \geq U_{ном}$	0,4 кВ	0,4 кВ
$I_{рн} \geq I_{расч}$	808 А	1000 А
$I_{н.т.о} \geq I_{к'}$	14,31 кА	170 кА
$i_y < i_{пр.с,}$	25,31 кА	200 кА
$I_{пр.тер}^2 \cdot t_{тер.} \geq I_{\infty}^2 \cdot t_{\phi}$	1750 кА <sup>2</sup> ·с	86700 кА <sup>2</sup> ·с

К установке принимаем автоматические выключатели типа ВА-СЭЩ – S, встроенные в РУНН 0,4 кВ БКТП [25].

На отходящих фидерах 0,4 кВ принимаем к установке:

- главный корпус ВА-СЭЩ-S-400 с  $I_{рн} = 400 \text{ А}$ ;
- котельная ВА-СЭЩ-D-100 с  $I_{рн} = 100 \text{ А}$ ;
- наружное освещение ВА-СЭЩ-D-100 с  $I_{рн} = 100 \text{ А}$ ;
- ДГУ ВА-СЭЩ-D-100 с  $I_{рн} = 100 \text{ А}$ ;
- родильное отделение ВА-СЭЩ-S-400 с  $I_{рн} = 400 \text{ А}$ ;
- поликлиника ВА-СЭЩ-S-400 с  $I_{рн} = 400 \text{ А}$ .

Выбор и проверка рубильника на вводе на отходящих фидерах РП 0,4 кВ приведен в таблице 5.4.

Таблица 5.4 - Выбор и проверка рубильника на отходящих фидерах РП 0,4 кВ

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_p \geq U_{ном}$	0,4 кВ	0,4 кВ
$I_{рн} \geq I_{расч}$	808 А	1000 А
$I_{н.т.о} \geq I_{к'}$	14,31 кА	80 кА
$i_y < i_{пр.с,}$	25,31 кА	120 кА
$I_{пр.тер}^2 \cdot t_{тер.} \geq I_{\infty}^2 \cdot t_{ф}$	1750 кА <sup>2</sup> ·С	9500 кА <sup>2</sup> ·С

К установке принимаем рубильник типа РПБ-1000.

Выбор и проверка рубильника на вводе на отходящих фидерах ЩО 0,4 кВ приведен в таблице 5.4.

Таблица 5.4 - Выбор и проверка рубильника на отходящих фидерах ЩО 0,4 кВ

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_p \geq U_{ном}$	0,4 кВ	0,4 кВ
$I_{рн} \geq I_{расч}$	76 А	100 А
$I_{н.т.о} \geq I_{к'}$	3,81 кА	12 кА
$i_y < i_{пр.с,}$	6,6 кА	20 кА
$I_{пр.тер}^2 \cdot t_{тер.} \geq I_{\infty}^2 \cdot t_{ф}$	143 кА <sup>2</sup> ·С	450 кА <sup>2</sup> ·С

К установке принимаем рубильник типа РПБ-100.

### 5.3 Выбор кабельных линий 0,4 кВ

Наружные сети электроснабжения корпусов больницы выполнены кабелем марки АББГ, проложенным в земле.

Выбраны следующие сечения кабелей:

КЛ1 БКТП – Главный корпус кабель АББГ (3x95+1x50); L=150 м

КЛ2 БКТП – Главный корпус кабель АББГ (3x95+1x50); L=140 м

КЛ3 БКТП – котельная кабель АББГ (4x25); L=160 м

КЛ4 БКТП – главный корпус кабель АББГ (3x95+1x50); L=130 м

КЛ5 БКТП – ДГУ кабель АББГ (3x6); L=190 м

КЛ6 БКТП – родильное отделение кабель АББГ (3x70+1x25); L=150 м

КЛ7 ДГУ- котельная кабель АББГ (4x35); L=150 м

КЛ8 ДГУ- Главный корпус кабель АББГ (3x70+1x25); L=245 м

КЛ8 ДГУ- родильное отделение кабель АББГ (3x70+1x25); L=220 м.

Выбор сечений кабелей  $F$  произведен по экономической плотности тока (принимаем  $j_{эк}=1,6 [1]$ ), а проверка по длительно допустимому току

$$I_{доп} \geq I_{расч\ max} \quad (5.1)$$

и потерям напряжения:

$$\Delta U = \frac{P_P R_0 L + Q_P X_0 L}{n_K U_H^2} \cdot 100\% \leq \Delta U_{ДОП} = 5\% \quad (5.2)$$

Все выбранные сечения кабелей условиям выбора удовлетворяют.

## **6 Выбор резервного источника питания**

Потребители районной Ставропольской больницы по степени надежности электроснабжения в соответствии с требованиями [1,9] отнесены к потребителям 1 особой, 1 и 2 категории надежности: (операционная, послеоперационные палаты, палаты интенсивной терапии, приемно-смотровая, аварийное освещение, пожарная сигнализация, вентиляция, пассажирские лифты, устройства дымоудаления и т.д.).

Для обеспечения надежности потребителей районной Ставропольской больницы СБЭ на основе источников бесперебойного питания. Большой безопасностью обладает система параллельно включенных источников бесперебойного питания на основе дизель-генераторных установок и устройства АВР. Так как выполнена реконструкция схемы внешнего электроснабжения с переводом питания на подстанции «Ставропольская» ф. Ст-12 на Ст-16, к установке принимаем одну дизель-генераторную установку.

Генераторная установка состоит из двигателя и генератора, соединенных между собой. В качестве привода используется двигатель - бензиновый, дизельный.

Выбираем дизельную электростанцию ДЭС, т.к. все без исключения электростанции индустриального и полуиндустриального класса – дизельные [12,13]. Для ДГУ выбираем дизельный двигатель с жидкостным охлаждением с числом оборотов 1500 об/мин, генератор - инверторного типа.

Для выбора мощности ДГУ определим суммарную мощность потребителей электрической энергии, которые будут или могут эксплуатироваться одновременно в рабочем и аварийном режимах.

Режимы потребления корпусами больницы с итоговой мощностью приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Режимы потребления мощности корпусами

Корпуса нуждающиеся в резервном питании	$P_{\text{раб.}}$ кВт	$P_{\text{авр.}}$ кВт
Поликлиника главного корпуса и операционный блок	264	75
Родильное отделение	120	75
Котельная	93	65
Итого по корпусам:	477	215

Запас 30% мощности генератора:

$$P_{\text{зап}} = P_{\Sigma} \cdot 0,3 \quad (6.1)$$

$$P_{\text{зап}} = 215 \cdot 0,3 = 64,5 \text{ кВт}$$

Полная расчетная мощность генератора:

$$P_{\text{генер.}} = P_{\Sigma} + P_{\text{зап.}} \quad (6.2)$$

$$P_{\text{генер.}} = 215 + 64,5 = 279,5 \text{ кВт}$$

Примем установку с генератором мощностью не менее 300 кВт.

Дизельные электростанции могут оборудоваться системами автоматического запуска в случае внезапного отключения стационарного источника питания [13]. Эти системы необходимы, если не предусмотрено постоянное пребывание кого-либо, кто мог бы запустить электростанцию. Такая система самостоятельно запустит электростанцию в случае отсутствия напряжения в сети в течение расчетного промежутка времени (обычно 0,5-1,0 минуты). Эта же система отключит электростанцию, как только восстановится централизованная подача электроэнергии. Системы

автоматического запуска решает вопросы надежности электроснабжения, но, конечно, удорожает оборудование и, кроме того, требует периодического опробования для поддержания в постоянной готовности.

При ручном запуске электростанции требуется установка на электрическом вводе в здание так называемого перекидного рубильника, имеющего два независимых положения: «от сети» и «от ДЭС» с механической блокировкой, препятствующей одновременному включению обоих источников энергии.

Предпочтение отдаем генераторной установке с автоматическим запуском дизеля. Выбираем дизель-генераторную установку контейнерного исполнения типа фирмы Катерпилар мощностью 300 кВт[21]. Технические характеристики ДГУ приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Технические характеристики ДГУ фирмы Катерпилар

Параметры	Оборудование
Мощность двигателя, кВт	300
Тип двигателя	Дизельный
Число оборотов двигателя об/мин.	1500
Тип генератора	Инверторный
Номинальная мощность генератора, кВт/кВА	270/300
Напряжение генератора, В	220/380
Масса сухого дизель-генератора, кг	2500
Габариты дизель-генератора с контейнером, мм	29000x13000x16800
Тип соединения обмоток генератора	Звезда с выведенным нулем
Система запуска установки	автоматическая
Система утилизации тепла	В контейнере

Внешний вид ДГУ изображен на рисунке 6.1.



Рисунок 6.1 - Внешний вид ДГУ Катерпилар

## 7 Выбор релейной защиты и автоматики БКТП 10/0,4 кВ

Для релейной защиты питающих линий 10 кВ примем к установке трансформаторы тока типа ТПЛК-10 [17], включенные по схеме «неполная звезда». Основной защитой питающих линий является МТЗ, расчет уставок МТЗ выполнен по методике [16].

Результаты расчета МТЗ для защиты питающей ВЛ 10 кВ сведены в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Результаты расчета МТЗ для линий 10 кВ

Защищаемая линия	Тип ТТ	$I_n$ , А	$I_{с.з.}$ , А	$I_{с.р.}$ , А	$t_{ср}$ , с	$k_{ч}$
Фидер Ст-1	ТПЛК-10	300	486	8,1/9	1,5	42,59
Фидер Ст-12	ТПЛК-10	300	414	6,9/7	1,5	32,19

По требованиям ПУЭ [1]  $k_{ч} \geq 1,5$ .

На БКТП 10/0,4 предусмотрена следующая автоматика: автоматический ввод резерва для взаимного резервирования секций 1 и 2 РУНН 0,4 кВ подстанции.

Спецификация элементов шкафов АВР 0,4 РУНН 0,4 кВ БКТП приведена в таблице 7.2.

Таблица 7.2 - Спецификация элементов шкафов автоматического ввода резерва 0,4 кВ

Обозначение на схеме вторичных цепей	Вид оборудования	Тип элементов защиты	Кол-во, шт
AB1, AB2	Автоматический выключатель	ВА-СЭЦ-S-400	2
AB3	Автоматический выключатель	ВА-СЭЦ-S-400	1
AB4, AB5	Автоматический выключатель	ВА-СЭЦ-D-100	2
AB6, AB7	Автоматический выключатель	ВА-СЭЦ-D-100	2
PT1, PT2	Реле времени	РЭВ-201	2
ПВ	Переключатель		1
РП1, РП2, РП3	Реле промежуточное	РЭК 93/32	4
	Разъем	РРМ9/78/4	4
Р	Рубильник	РПБ-100	1
X1, X2	Зажим	Кабель сечением 6мм <sup>2</sup>	30

## 8 Расчет защитного заземления БКТП 10/0,4 кВ и ДГУ

### 8.1 Расчет защитного заземления БКТП 10/0,4 кВ

Полученное сопротивление меньше 4 Ом, т.е. рассчитанный контур заземления БКТП удовлетворяет требованиям ПУЭ [1].

Исходные данные для БКТП даны в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Исходные данные

Наименование данного	Значения
Длина стержней для вертикального заземлителя	$l = 2$ м
Диаметр стержней для вертикального заземлителя	$d = 16$ мм
Расстояние между стержнями	$a = 10$ м
Сопротивление заземлителя [1]	$R_3 = 4$ Ом
Размеры горизонтального заземлителя	40 x 4 мм
Глубина заложения горизонтальной полосы	$h = 0,5$ м
Периметр ТП	16 м
Удельное сопротивление грунта	$\rho = 100$ Ом·м

Расчет по методике [3] приведен в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Расчет заземления БКТП

Расчетный показатель	Значение
$R_{свз} = \frac{0,366\rho_{расч}}{l} \left( \lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4h_p + l}{4h_p - l} \right)$	17,1 Ом
$N_{свз} = \frac{R_{СВВ}}{R_3 \cdot \eta}$	7 шт.
$R_{гор} = \frac{0,366\rho_{расч}}{L} \lg \frac{L^2}{b \cdot h}$	2,9 Ом
$R_c = \frac{R_{гор}}{\eta_r}$	9 Ом
$R = \frac{R_c R_{свз}}{R_c + R_{свз}}$	2,76 Ом
$N_{уточн} = \frac{N}{R \cdot \eta}$	9 шт.

Контур заземления БКТП представлен на рисунке 8.1.

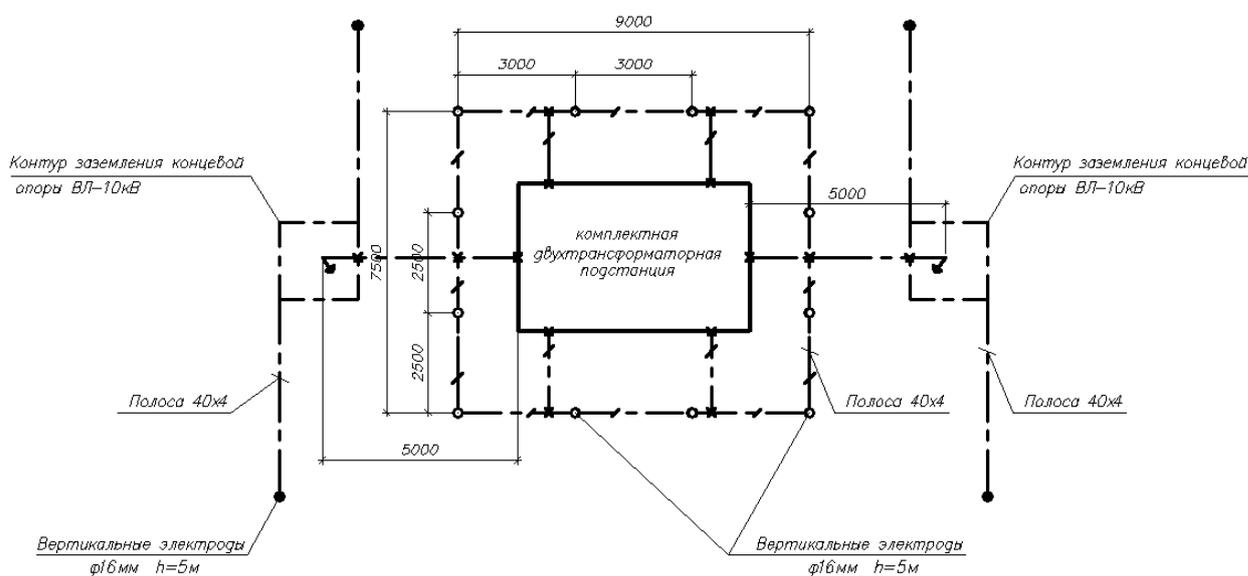


Рисунок 8.1 - Контур заземления БКТП

## 8.2 Расчет защитного заземления ДГУ

Заземление ДГУ выполнено в соответствии с требованиями [1, 2, 5, 10].

Заземление ДГУ осуществляется с общим контуром заземления БКТП 10/0,4 кВ.

Контур заземления ДГУ представлен на рисунке 8.2.

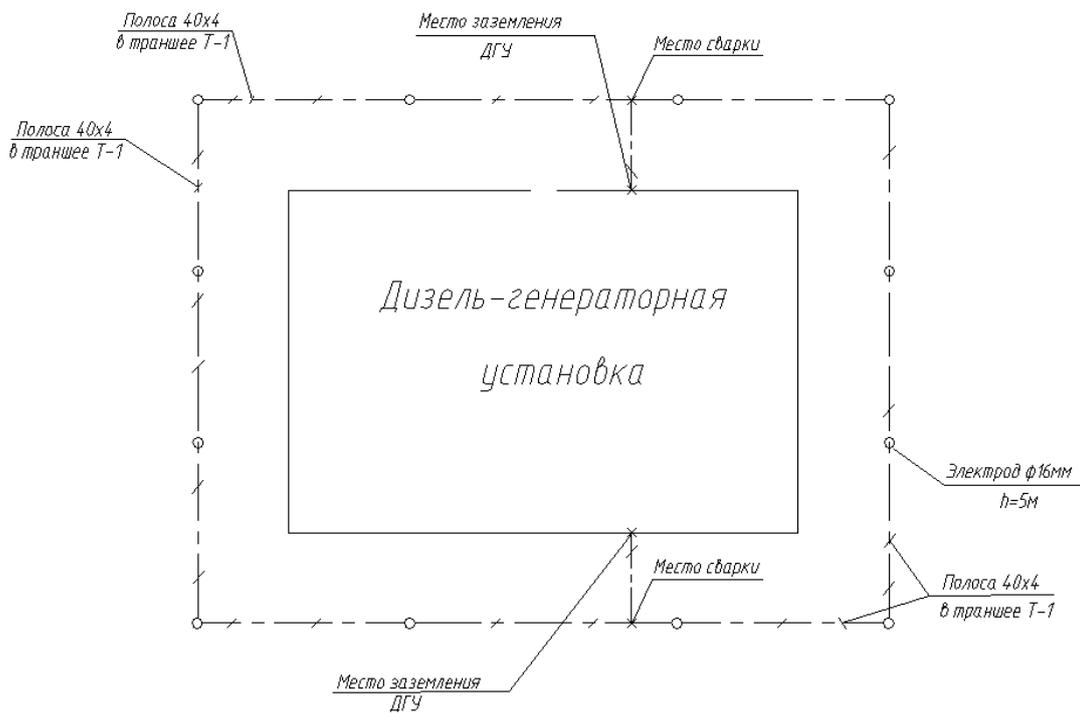


Рисунок 8.2 - Контур заземления ДГУ

На рисунке 8.3 приведен генплан с заземлением главного корпуса больницы.

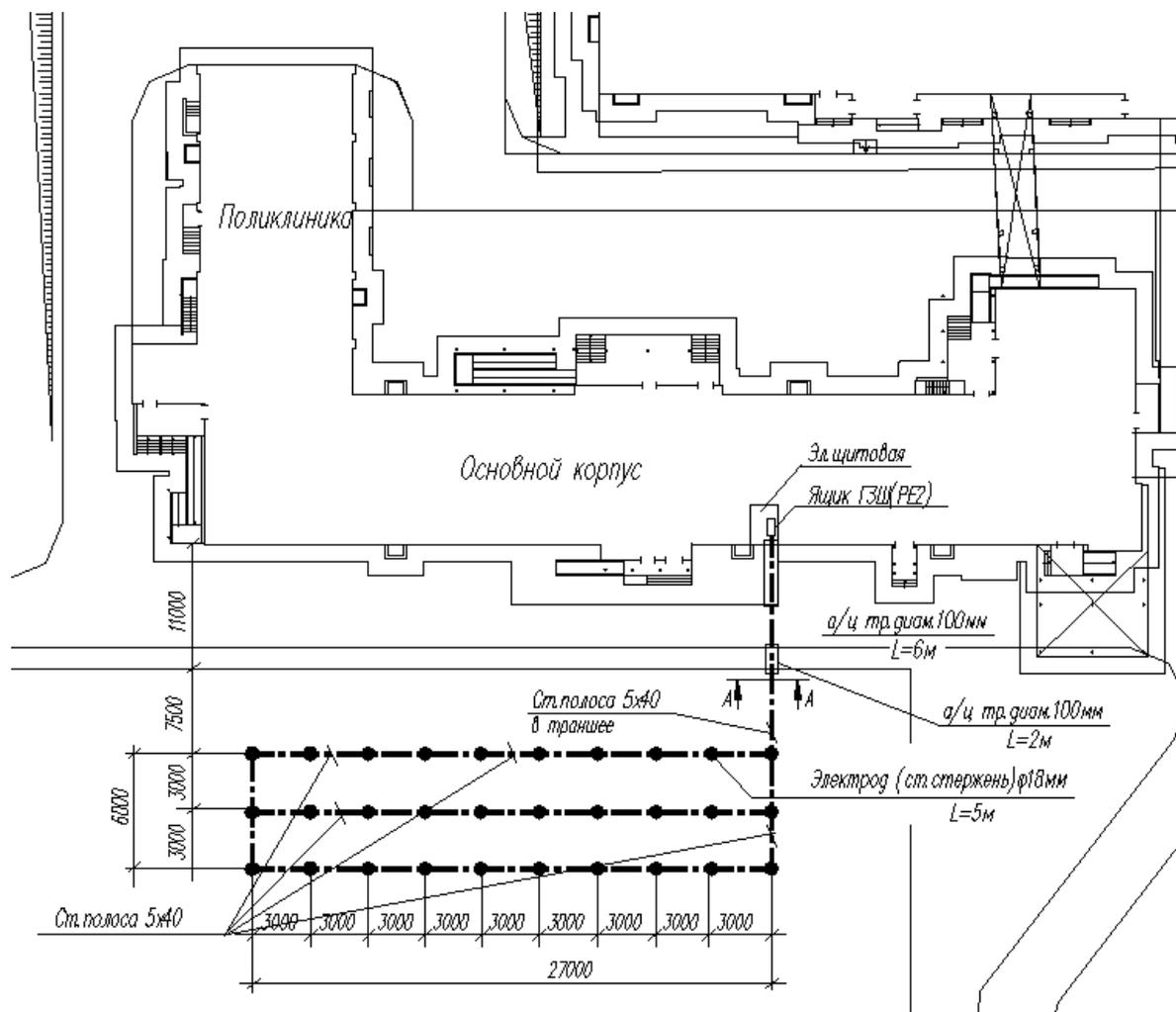


Рисунок 8.3 - Генплан с заземлением главного корпуса больницы

## 9 Экономическая эффективность работы

Данные по капитальным затратам на реконструкцию электроснабжения больницы приведены в таблице 11.1.

Таблица 11.1 - Капитальные затраты на реконструкцию электроснабжения больницы

Наименование элементов ЦТП	Кол-во	Сметная стоимость с учетом строительно-монтажных работ, тыс. руб.	
		За единицу	Общая стоимость
БКТП 6/0,4кВ 630 кВА	1	1490	1490
ДГУ 300 кВА	1	1810	1810
СИП 10 кВ	-	63	126
Провод АС 10 кВ	-	725	725
ВРУ 10 кВ	2	7,5	15
Кабели сетей 0,4 кВ	-	2128	2128
РП 0,4 кВ (силовые сети)	2	1500	3000
ЩО (внутреннее освещение)	5	600	3000
ЩО (наружное освещение)	1	835	835
Итого:			12294

Укрупненный расчет годовых эксплуатационных расходов на схему электроснабжения [11]:

Амортизационные отчисления - 940,2 тыс. руб.

Фонд оплаты труда – 596,78 тыс. руб.

Ремонтный фонд – 1698,17 тыс. руб.

Затраты на охрану труда и технику безопасности – 8 тыс. руб.

Стоимость потерь электроэнергии в линии и трансформаторах – 39,59 тыс. руб.

Суммарные затраты – 3345,94 тыс. руб.

## **Заключение**

В работе выполнен анализ характерных для многопрофильных медицинских учреждений электроприемников. Высокотехнологичное оборудование предъявляет высокие требования к системе электроснабжения в отношении надежности и безопасности, качества электрической энергии.

Для обеспечения надежности потребителей многопрофильных лечебных учреждений необходимо запроектировать СБЭ на основе источников бесперебойного питания. Большой безопасностью обладает система параллельно включенных источников бесперебойного питания на основе дизель-генераторных установок и устройства АВР.

При анализе системы внешнего электроснабжения районной Ставропольской больницы выявлено, что больница, питаемая по двум ВЛ 10 кВ, фактически имеет один источник питания, т.к. ф. Ст-1 и Ст-12 запитаны от одной секции сборных шин 10 кВ подстанции «Ставропольская». Поэтому предложено перенести нагрузку с ф. 10 кВ «Ст-12» на ф. 10 кВ «Ст-16» подстанции «Ставропольская».

При реконструкции системы электроснабжения также предусмотрено установка двухтрансформаторной БКТП контейнерного типа с трансформаторами ТМГ-630/10/0,4 производства «БалтЭнергоМаш». Для компенсации реактивной мощности на стороне 0,4 кВ предложена установка двух управляемых ККУ.

Для питания потребителей 1 особой, 1 и 2 категорий на время перерыва электроснабжения предложена установка ДГУ контейнерного исполнения типа фирмы Катерпилар мощностью 300 кВт.

Выполнено технико-экономическое обоснование принятых решений по реконструкции системы электроснабжения районной Ставропольской больницы.

## Список использованных источников

1. Правила устройств электроустановок (ПУЭ). – СПб.: Энергоатомиздат, 2009.
2. Об утверждении Стратегии развития медицинской науки в Российской Федерации на период до 2025 года. Распоряжение Правительства РФ от 28 декабря 2012 г. №2850-р.
3. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. - Постановление Госстроя РФ от 26 ноября 2003 г. № 194.
4. ГОСТ Р 50571.28 - 2006. Электроустановки зданий. Часть 7-710. Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки медицинских помещений. – М.: Издательство стандартов, 2006.
5. ГОСТ Р 52735 - 2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением выше 1 кВ. – М.: Издательство стандартов, 2007.
6. ГОСТ 28249 – 93. Короткие замыкания в электроустановках переменного напряжения до 1 кВ. - М.: Издательство межгосударственных стандартов, 1994.
7. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. - М.: Изд-во ЭНАС, 2003.
8. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. - М.: Изд-во ЭНАС, 2011.
9. Пособие по проектированию учреждений здравоохранения (к СНиП 2.08.02-89). - М.: Изд-во ЭНАС, 2011.
10. Антипов, М.А. ДЭС-ИБП. Согласование совместной работы / М.А. Антипов, В.Д. Пожидаев // Экспресс-электроника. – 2014.-№9.
11. Зайцев, Н.Л. Экономика промышленного предприятия : учебное пособие для вузов / Н.Л. Зайцев. - М.: ИНФРА-М, 2013.

12.Жохов, Б.Д. Особенности электроснабжения медицинских учреждений в современных условиях / Б.Д. Жохов. Инструктивные информации материалы Минздрава РФ. – М.: 2016.

13.Гильдинер, А.Я. Увеличение времени работы дизель-генераторных установок на минимальных нагрузках / А.Я. Гильдинер // Электросистемы. – 2013. - №2.

14.Короткие замыкания и выбор электрооборудования : учебное пособие для вузов / И.П. Крючков, В.А. Старшинов, Ю.П. Гусев и др.; под ред. И.П. Крючкова, В.А. Старшинова. – М. : Изд. дом МЭИ, 2012.

15.Кудрин, Б.И. Электроснабжение потребителей и режимы/ Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, Ю.В. Матюнина. – М. : Изд. дом МЭИ, 2013.

16.Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов / В.А. Андреев. - М.: Высш. шк., 2014.

17.Справочник по электроснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий / под ред. С.И. Гамазина, Б.И. Кудрина, С.А. Цырука. - М. : Изд. дом МЭИ, 2014.

18.Каталог продукции Schneider Electric [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.pro-schneider.ru/technical\\_support/technical\\_collection](http://www.pro-schneider.ru/technical_support/technical_collection) (25.05.17).

19.Каталог продукции и услуг компании Энергопром-Инжиниринг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://enp-e.ru/catalog> (25.05.17).

20.Каталог продукции «БалтЭнергоМаш» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://baltenergomash.ru> (25.05.17).

21.Каталог электротехнической продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.enzs.ru/catalog> (25.05.17).