

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения поликлиники Самарской области

Обучающийся

А.А. Улихин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.п.н., доцент, М.Н. Третьякова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

Темой ВКР является «Проектирование системы электроснабжения поликлиники Самарской области».

В работе рассчитаны электрические нагрузки:

- технологического оборудования (климатическое, обеспечения связи, видеонаблюдения, пожарной сигнализации и тушения пожара, водоснабжения, водоотведения, ИТП лифтовое, вентиляционное);
- освещения (рабочее, аварийное, наружное);
- бытового электрооборудования и розеточной сети;
- помещений медицинского персонала и кабинеты.

Расчет нагрузок помог определить подходящие силовые трансформаторы. После их выбора были рассчитаны токи короткого замыкания (КЗ) выбранных точек электросети поликлиники.

На основе результатов расчетов токов КЗ, а также термической и электродинамической стойкости, было выбрано электрооборудование для ТП. Затем были рассчитаны токи для выбора кабельных линий (КЛ) и автоматических выключателей (АВ).

На заключительном этапе рассчитано заземление и молниезащита поликлиники.

Содержание

Введение.....	4
1 Расчет электрических нагрузок и выбор числа и мощности трансформаторов	6
1.1 Описание здания	6
1.2 Расчет электрических нагрузок	6
1.3 Расчет освещения	12
2 Выбор компенсирующих устройств, кабельных линий и автоматических выключателей и силовых трансформаторов	26
2.1 Выбор компенсирующих устройств	26
2.2 Выбор кабелей	26
2.3 Выбор числа и мощности трансформаторов	35
3 Расчет токов КЗ и выбор силового электрооборудования.....	36
3.1 Расчет токов КЗ	36
3.2 Проверочный расчет силовых выключателей, разъединителей и трансформаторов тока	41
4 Заземление и молниезащита	44
Заключение	46
Список используемых источников.....	47

Введение

Строительство поликлиник сегодня более актуально, чем когда-либо. Растущее население, особенно в городах, создает повышенную нагрузку на существующие медицинские учреждения. Кроме того, старение населения приводит к увеличению потребности в плановой медицинской помощи и лечении хронических заболеваний. Новые поликлиники позволяют сделать медицинскую помощь более доступной для всех, сокращая время ожидания приема и облегчая доступ к квалифицированным специалистам. Современные поликлиники, оснащенные новейшим оборудованием, способствуют ранней диагностике и эффективному лечению заболеваний. Развитие сети поликлиник является важным шагом к укреплению здоровья нации и повышению качества жизни.

Проектирование электроснабжения поликлиник имеет первостепенное значение, поскольку от надежности и безопасности электросети напрямую зависит функционирование всего медицинского учреждения. В поликлиниках используется множество чувствительного и жизненно важного оборудования: аппараты диагностики, операционные столы, системы жизнеобеспечения, а также компьютеры и системы связи. Любые перебои в электроснабжении могут привести к остановке работы оборудования, срыву важных процедур, а в критических случаях – даже к угрозе жизни пациентов. Тщательно разработанный проект электроснабжения учитывает все нагрузки, предусматривает резервные источники питания, обеспечивает стабильное напряжение и защиту от перегрузок и коротких замыканий. Это гарантирует бесперебойную работу поликлиники, позволяет оказывать качественную медицинскую помощь и обеспечивает безопасность как пациентов, так и персонала.

Целью ВКР является получение надежной и эффективной схемы электроснабжения поликлиники.

Поставленная цель достигается путем решения задач таких как:

- рассчитать суммарную электрическую нагрузку поликлиники, учитывая технологическое оборудование (климатическое, обеспечения связи, видеонаблюдения, пожарной сигнализации и тушения пожара, водоснабжения, водоотведения, ИТП лифтовое, вентиляционное), освещение (рабочее, аварийное, наружное), бытовое электрооборудование и розеточная сеть, нагрузку помещений медицинского персонала и кабинеты;
- по проведенному расчету электрических нагрузок необходимо подобрать соответствующие силовые трансформаторы для обеспечения надежного и экономичного электроснабжения;
- провести расчет токов КЗ в различных точках электрической сети поликлиники;
- определив результирующие токи КЗ, рассчитать термическую и электродинамическую стойкость;
- выбрать электрооборудование, необходимого для электроснабжения поликлиники, тип КЛ;
- определить сечения и допустимые токи, потери напряжения КЛ;
- разработать систему заземления и молниезащиты, соответствующую требованиям нормативных документов.

1 Расчет электрических нагрузок и выбор числа и мощности трансформаторов

1.1 Описание здания

Поликлиника представляет собой трехэтажное здание Г-образной формы.

Области потребления электроэнергии поликлиники:

- технологическое оборудование (климатическое, обеспечения связи, видеонаблюдения, пожарной сигнализации и тушения пожара, водоснабжения, водоотведения, ИТП лифтовое, вентиляционное);
- освещение (рабочее, аварийное, наружное);
- бытовое электрооборудование и розеточная сеть;
- нагрузка помещений медицинского персонала и кабинеты.

1.2 Расчет электрических нагрузок

«Активная расчетная мощность группы электроприемников (ГЭ) поликлиники:

$$P_{н\Sigma} = P_n \cdot K_c, \quad (1)$$

где K_c – коэффициент спроса;

P_n – установленная мощность группы электроприемников, кВт» [18].

«Реактивная расчетная мощность ГЭ поликлиники:

$$Q_p = P_p \cdot tg\varphi, \quad (2)$$

где $tg\varphi$ – коэффициент реактивной мощности ГЭ» [18].

«Полная расчетная мощность ГЭ поликлиники:

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

Максимальный расчетный ток ГЭ поликлиники:

$$I_p = \frac{S_p}{U \cdot \sqrt{3}} \quad (4)$$

Для потребителей общественных и административных зданий компенсация реактивной нагрузки, как правило, не требуется. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Для местных и центральных тепловых пунктов, насосных, котельных и других потребителей, предназначенных для обслуживания жилых и общественных зданий, расположенных в микрорайонах (школы, детские ясли-сады, предприятия торговли и общественного питания и другие потребители), компенсация реактивной нагрузки, как правило, не требуется, если в нормальном режиме работы расчетная мощность компенсирующего устройства на каждом рабочем вводе не превышает 50 квар. Это соответствует суммарной расчетной нагрузке указанных потребителей 250 кВт» [18].

Поскольку нагрузка превышает 250 кВт, а именно 588,18 кВт, необходимо провести расчет компенсации реактивной мощности (PM).

Таблица 1 – Расчет нагрузок поликлиники

Электрический щит	Потребитель	P_n	n	$P_{n\Sigma}$	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p	Q_p	S_p	I_p
		кВт		кВт				кВт	квар	кВА	А
Рабочее освещение			7	26,1	0,91	0,95	0,31	23,75	7,83	25,01	36,1
ЩО1.1-ЩО1.3	Рабочее освещение первого этажа	4,1	3	12,3	0,91	0,95	0,33	11,19	3,69	11,78	17
ЩО2.1-ЩО2.3	Рабочее освещение второго этажа	3,4	3	10,2	0,91	0,95	0,33	9,28	3,06	9,77	14,1
ЩО3.1	Рабочее освещение третьего этажа	3,6	1	3,6	0,91	0,95	0,33	3,28	1,08	3,45	4,98
Наружное освещение			1	7,6	0,8	0,95	0,31	6,08	2,01	6,4	9,24
ЩНО	Паркинг и улица	7,6	1	7,6	0,8	0,95	0,33	6,08	2,01	6,4	9,24
Помещения медицинских работников			7	33,2	0,71	0,86	0,51	23,57	13,91	27,37	39,51
ЩС1.1-ЩС1.3	Помещения медицинских работников первого этажа	4,1	3	12,3	0,71	0,86	0,59	8,73	5,15	10,14	14,64
ЩС2.1-ЩС2.3	Помещения медицинских работников второго этажа	3,6	3	10,8	0,71	0,86	0,59	7,67	4,53	8,91	12,86
ЩС3.1	Помещения медицинских работников третьего этажа	10,1	1	10,1	0,71	0,86	0,59	7,17	4,23	8,32	12,01

Продолжение таблицы 1

Электрический щит	Потребитель	P_n	n	$P_{n\Sigma}$	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p	Q_p	S_p	I_p
		кВт		кВт				кВт	квар	кВА	А
Водоснабжение и водоподготовка			3	13,8	0,9	0,84	0,54	12,42	8,07	14,81	21,38
ШСН1-3	Насосная и фильтрующая установка	4,6	3	13,8	0,9	0,84	0,65	12,42	8,07	14,81	21,38
Вентляционная система			5	78,5	0,86	0,82	0,57	67,88	46,67	82,38	118,91
ЩВ1.1	Электроприводы вентиляции первого этажа	12,1	1	12,1	0,88	0,84	0,65	10,65	6,92	12,7	18,33
ЩВ2.1	Электроприводы вентиляции второго этажа	12,1	1	12,1	0,87	0,83	0,67	10,53	7,06	12,68	18,3
ЩВ3.2- ЩВ3.3	Электроприводы вентиляции третьего этажа	18,1	3	54,3	0,86	0,82	0,7	46,7	32,69	57	82,27
Система кондиционирования			5	146,5	0,86	0,87	0,49	126,05	71,69	145,01	209,3
ЩК2.1	Климатические системы второго этажа	6,1	1	6,1	0,87	0,88	0,54	5,31	2,87	6,04	8,72
ЩК3.1- ЩК3.3	Климатические системы третьего этажа	35,1	4	140,4	0,86	0,87	0,57	120,74	68,82	138,98	200,6

Продолжение таблицы 1

Электрический щит	Потребитель	P_n	n	$P_{n\Sigma}$	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p	Q_p	S_p	I_p
		кВт		кВт				кВт	квар	кВА	А
Отделение пищепоготовки			8	48,8	0,42	0,72	0,7	20,73	20,23	28,97	41,81
ТХ	Техника кухонных помещений	9,1	4	36,4	0,43	0,71	0,99	15,65	15,49	22,02	31,78
ЩР1.1	Отделение подготовки пищи первого этажа	3,1	1	3,1	0,41	0,73	0,94	1,27	1,19	1,74	2,51
ЩР2.1	Отделение подготовки пищи второго этажа	3,1	2	6,2	0,41	0,73	0,94	2,54	2,39	3,49	5,04
ЩР3.1	Отделение подготовки пищи третьего этажа	3,1	1	3,1	0,41	0,74	0,91	1,27	1,16	1,72	2,48
Пожарная вентиляция			22	93,5	0,95	0,82	0,58	88,83	63,11	108,97	157,28
ПВ1-ПВ9,Л,Б	Приточная	4,4	11	48,4	0,95	0,81	0,72	45,98	33,11	56,66	81,78
ВД1-ВД11	Вытяжная	4,1	11	45,1	0,95	0,82	0,7	42,85	30	52,31	75,5
Эвакуационное освещение			3	4,5	0,79	0,59	0,81	3,55	4,89	6,04	8,72
ЩАО1.1	Эвакуационное освещение первого этажа	2,4	1	2,4	0,82	0,61	1,3	1,97	2,56	3,23	4,66
ЩАО2.1	Эвакуационное освещение второго этажа	0,8	1	0,8	0,82	0,61	1,3	0,66	0,86	1,08	1,56

Продолжение таблицы 1

Электрический щит	Потребитель	P_n	n	$P_{н\Sigma}$	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p	Q_p	S_p	I_p
		кВт		кВт				кВт	квар	кВА	А
ЩАОЗ.1	Эвакуационное освещение третьего этажа	1,3	1	1,3	0,71	0,53	1,6	0,92	1,47	1,73	2,5
Уличное электрооборудование			28	227,5	0,94	0,8	0,6	213,82	162,05	268,29	387,24
ИТП1	Электрооборудование индивидуального теплового пункта	6,2	5	31	0,95	0,82	0,7	29,45	20,62	35,95	51,89
ШСН1-ШСН2	Насосные установки тушения пожара	6,4	8	51,2	0,89	0,81	0,72	45,57	32,81	56,15	81,05
ОС1	Установка водоотведения	11,2	8	89,6	0,95	0,84	0,65	85,12	55,33	101,52	146,53
ЩОС1, ЩПС1	Охранная, пожарная сигнализация и видеонаблюдение	5,1	3	15,3	1	0,64	1,2	15,3	18,36	23,9	34,5
ШХВС1	Установка водоснабжения	10,1	4	40,4	0,95	0,74	0,91	38,38	34,93	51,9	74,91
ША	Защитная аппаратура и автоматика			1,5	1	0,93	0,4	1,5	0,6	1,62	2,34
Итого на шинах НН без УКРМ				–	–	0,83	0,67	588,18	401,06	711,9	1027,54
Итого на шинах НН с УКРМ				–	–	1,00	0	588,18	41,06	589,61	851,03
Потери Tr НН				–	–	–	–	11,79	58,96	60,13	86,79
Итого				–	–	0,99	0,14	599,97	100,02	608,25	877,93

Согласно ПУЭ-7, потребители электроэнергии поликлиники преимущественно первой и второй категорий, поэтому требуется установка ИБП.

Для поликлиники в целом принимается категория надежности электроснабжения – первая, поскольку в здании имеются пациенты. Наиболее ответственные электроприемники – щит теплового узла, видеонаблюдение, аварийное освещение, охранная и пожарная сигнализация – необходимо запитать через устройство ИБП (первой категории). Остальные электроприемники отнесены к электроприемникам второй категории.

1.3 Расчет освещения

Для внутреннего освещения рассмотрим отечественные светильники типа «CSVТ» [11].

Эвакуационное освещение работает с использованием ИБП [20].

Монтаж выключателей и розеток предусматривается в помещениях на отметке 1,1 м от уровня пола [8]. Нормативная освещенность $E_{\text{норм}}$ представлена СП52.13330.2016.

«Используя исходные параметры помещений, рассчитаем индекс каждого помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (a+b)} \quad (5)$$

где a , b – длина и ширина помещения соответственно, м;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

h – высота установки светильника от уровня земли, м» [20].

Высота потолков – 2,8 м.

Коэффициенты отражения помещений поликлиники установим 70/50/30 (потолок/стены/пол), коэффициенты неравномерности помещений для всех

помещений $t = 1,1$, а коэффициенты запаса для помещений поликлиники $K_3 = 1$.

Определенные индексы помещений i поликлиники позволяют получить коэффициент использования светового потока δ .

Занесем в таблицу 2 значения освещенности согласно каталогам и проведем расчет количества светильников с косинусной КСС по помещениям поликлиники.

Число светильников на каждое помещение поликлиники (таблица 2):

$$N_{\text{св}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot t}{\Phi_{\text{св}} \cdot \delta} \quad (6)$$

Так как поликлиника включает в помещения с повышенным уровнем влажности (санузлы, душевые), светильники принимаем класса защиты минимум IP54 [14]. По каталогу CSVТ принимаем IP65 с цветовой температурой – 4000К.

Таблица 2 – Расчет освещения поликлиники

Помещение		a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
101	Лестничная клетка №1	3,01	9,76	29,40	2,80	0,82	47	250	1100	CSVТ NOTА	17	16	0,272
102	Палаты для пациентов	14,57	47,21	688,00	2,80	3,98	91	150	4150	CSVТ AVRORA	34	30	1,02
103	Лестничная клетка №2	2,23	7,22	16,10	2,80	0,61	38	250	1100	CSVТ NOTА	17	11	0,187
104	Палаты для пациентов	8,33	26,98	224,68	2,80	2,27	75	150	4150	CSVТ AVRORA	34	12	0,408
105	Палаты для пациентов	7,21	23,35	168,30	2,80	1,97	71	250	4150	CSVТ AVRORA	34	16	0,544
106	Коридор	8,11	26,28	213,10	2,80	2,21	75	350	2150	CSVТ CUBO	18	52	0,936
107	Коридор	2,99	9,69	29,00	2,80	0,82	47	250	2150	CSVТ CUBO	18	8	0,144
108	Лестничная клетка №3	2,71	8,78	23,78	2,80	0,74	44	150	1100	CSVТ NOTА	17	9	0,153
109	Тамбур	2,09	6,76	14,10	2,80	0,57	37	150	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
110	Загрузочная	2,80	9,09	25,49	2,80	0,77	45	200	4150	CSVТ AVRORA	34	4	0,136
111	С/у мужской	2,15	6,96	14,93	2,80	0,59	37	350	2600	CSVТ CLIO	25	6	0,15
112	С/у женский	2,29	7,42	17,00	2,80	0,63	39	250	2600	CSVТ CLIO	25	5	0,125
113	С/у для МГН	1,03	3,32	3,41	2,80	0,28	17	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
114	Комната уборочного инвентаря	1,94	6,29	12,23	2,80	0,53	35	250	4150	CSVТ AVRORA	34	3	0,102
115	Лестничная клетка №4	3,28	10,64	34,94	2,80	0,90	49	250	1100	CSVТ NOTА	17	18	0,306
116	Помещение охраны	2,07	6,70	13,86	2,80	0,56	36	250	4150	CSVТ AVRORA	34	3	0,102
117	Душевая	0,75	2,41	1,80	2,80	0,20	8	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075

Продолжение таблицы 1

Помещение		a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
118	С/у	0,75	2,41	1,80	2,80	0,20	8	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
119	Гардеробная	1,02	3,30	3,37	2,80	0,28	16	250	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
120	Коридор	1,36	4,41	6,00	2,80	0,37	25	250	2150	CSVТ CUBO	18	4	0,072
121	Электрощитовая	2,43	7,87	19,14	2,80	0,66	41	250	4150	CSVТ AVRORA	34	4	0,136
122	Загрузочная	1,93	6,26	12,09	2,80	0,53	34	150	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
123	Моечная	1,11	3,60	4,00	2,80	0,30	19	150	2600	CSVТ CLIO	25	2	0,05
124	Временное хранение отходов	1,32	4,27	5,62	2,80	0,36	24	200	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
125	Кладовая инвентаря	1,44	4,67	6,73	2,80	0,39	26	200	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
126	Тамбур подъемника	0,98	3,18	3,12	2,80	0,27	15	150	4150	CSVТ AVRORA	34	1	0,034
127	Тепловой пункт	3,67	11,88	43,54	2,80	1,00	52	150	4150	CSVТ AVRORA	34	4	0,136
128	Палаты для пациентов	6,23	20,17	125,60	2,80	1,70	67	250	4150	CSVТ AVRORA	34	13	0,442
129	Лестничная клетка №5	3,28	10,64	34,94	2,80	0,90	49	350	1100	CSVТ NOTA	17	25	0,425
130	Загрузочная	3,19	10,34	33,00	2,80	0,87	48	250	4150	CSVТ AVRORA	34	5	0,17
131	Палаты для пациентов	1,43	4,63	6,62	2,80	0,39	26	250	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
132	Тамбур	2,47	7,99	19,70	2,80	0,67	41	250	4150	CSVТ AVRORA	34	4	0,136
133	Палаты для пациентов	1,43	4,63	6,62	2,80	0,39	26	250	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068

Продолжение таблицы 1

Помещение		a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
134	Вестибюль с примыкающими коридорами	10,03	32,50	326,07	2,80	2,74	81	250	4150	CSVТ AVRORA	34	27	0,918
135	Палаты для пациентов	4,13	13,38	55,27	2,80	1,13	56	250	4150	CSVТ AVRORA	34	7	0,238
136	Палаты для пациентов	7,37	23,88	176,00	2,80	2,01	72	250	4150	CSVТ AVRORA	34	17	0,578
137	Палаты для пациентов	5,49	17,78	97,56	2,80	1,50	64	250	4150	CSVТ AVRORA	34	11	0,374
138	Палаты для пациентов	7,60	24,61	187,00	2,80	2,07	73	250	4150	CSVТ AVRORA	34	17	0,578
139	Палаты для пациентов	8,16	26,45	216,00	2,80	2,23	75	250	4150	CSVТ AVRORA	34	20	0,68
140	Коридор	5,49	17,80	97,80	2,80	1,50	64	250	2150	CSVТ CUBO	18	20	0,36
141	Палаты для пациентов	10,84	35,13	381,00	2,80	2,96	83	250	4150	CSVТ AVRORA	34	31	1,054
142	Лестничная клетка №6	2,99	9,69	29,00	2,80	0,82	47	250	1100	CSVТ NOTA	17	16	0,272
201	Лестничная клетка №1	3,01	9,76	29,40	2,80	0,82	47	150	1100	CSVТ NOTA	17	10	0,17
202	Палаты для пациентов	11,16	36,14	403,20	2,80	3,04	84	150	4150	CSVТ AVRORA	34	20	0,68
203	Лестничная клетка №2	2,23	7,22	16,10	2,80	0,61	38	150	1100	CSVТ NOTA	17	7	0,119
204	Коридор	2,58	8,37	21,60	2,80	0,70	43	250	2150	CSVТ CUBO	18	7	0,126
205	Палаты для пациентов	8,47	27,43	232,20	2,80	2,31	76	250	4150	CSVТ AVRORA	34	21	0,714
206	Палаты для пациентов	12,41	40,19	498,60	2,80	3,39	87	250	4150	CSVТ AVRORA	34	39	1,326
207	Коридор	7,99	25,89	206,92	2,80	2,18	74	250	2150	CSVТ CUBO	18	36	0,648

Продолжение таблицы 1

Помещение		a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
208	Коридор	2,99	9,69	29,00	2,80	0,82	47	250	2150	CSVТ CUBO	18	8	0,144
209	Лестничная клетка №3	2,71	8,78	23,78	2,80	0,74	44	250	1100	CSVТ NOTA	17	14	0,238
210	Тамбур	1,31	4,25	5,58	2,80	0,36	24	250	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
211	Лифтовой холл	3,65	11,82	43,09	2,80	1,00	52	250	4150	CSVТ AVRORA	34	6	0,204
212	Служебное помещение	1,38	4,48	6,20	2,80	0,38	25	250	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
213	С/у мужской	2,15	6,96	14,93	2,80	0,59	37	250	2600	CSVТ CLIO	25	5	0,125
214	С/у женский	2,29	7,42	17,00	2,80	0,63	39	250	2600	CSVТ CLIO	25	5	0,125
215	С/у для МГН	1,03	3,32	3,41	2,80	0,28	17	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
216	Комната уборочного инвентаря	1,94	6,29	12,23	2,80	0,53	35	250	4150	CSVТ AVRORA	34	3	0,102
217	Лестничная клетка №4	3,28	10,64	34,94	2,80	0,90	49	250	1100	CSVТ NOTA	17	18	0,306
218	Раздевалка (женская)	1,74	5,63	9,80	2,80	0,47	31	250	4150	CSVТ AVRORA	34	3	0,102
219	Душевая	0,75	2,41	1,80	2,80	0,20	8	350	2600	CSVТ CLIO	25	4	0,1
220	Душевая	0,75	2,41	1,80	2,80	0,20	8	100	2600	CSVТ CLIO	25	2	0,05
221	Раздевалка (мужская)	1,14	3,69	4,20	2,80	0,31	20	250	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
222	С/у	0,75	2,41	1,80	2,80	0,20	8	250	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
223	Комната уборочного инвентаря	1,02	3,30	3,37	2,80	0,28	10	250	4150	CSVТ AVRORA	34	3	0,102

Продолжение таблицы 1

Помещение		a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
224	Коридор	1,77	5,73	10,15	2,80	0,48	32	250	2150	CSVТ CUBO	18	5	0,09
225	Кабинет администратора	1,67	5,40	9,00	2,80	0,45	30	250	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
226	Коридор	3,17	10,28	32,64	2,80	0,87	48	250	2150	CSVТ CUBO	18	9	0,162
227	Овощной цех	1,84	5,97	11,00	2,80	0,50	33	150	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
228	Мясной цех	2,00	6,49	13,00	2,80	0,55	35	250	4150	CSVТ AVRORA	34	3	0,102
229	Доготовочная	3,56	11,54	41,07	2,80	0,97	52	250	4150	CSVТ AVRORA	34	6	0,204
230	Моечная столовой посуды	1,77	5,73	10,15	2,80	0,48	32	250	4150	CSVТ AVRORA	34	3	0,102
231	Кладовая напитков	1,36	4,41	6,00	2,80	0,37	25	250	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
232	Тамбур подъемника	1,20	3,87	4,63	2,80	0,33	21	250	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
233	Кладовая сухих продуктов	1,64	5,31	8,70	2,80	0,45	30	250	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
234	Обеденный зал на 48 посадочных мест	6,23	20,17	125,60	2,80	1,70	67	150	4150	CSVТ AVRORA	34	8	0,272
235	Лестничная клетка №5	3,28	10,64	34,94	2,80	0,90	49	150	1100	CSVТ NOTA	17	11	0,187
236	Палаты для пациентов	8,34	27,02	225,40	2,80	2,28	76	250	4150	CSVТ AVRORA	34	20	0,68
237	Палаты для пациентов	5,50	17,82	98,00	2,80	1,50	64	150	4150	CSVТ AVRORA	34	7	0,238
238	Палаты для пациентов	6,35	20,56	130,50	2,80	1,73	68	250	4150	CSVТ AVRORA	34	13	0,442
239	Палаты для пациентов	4,13	13,38	55,27	2,80	1,13	56	250	4150	CSVТ AVRORA	34	7	0,238

Продолжение таблицы 1

Помещение		a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
240	Коридоры, холлы	10,52	34,08	358,40	2,80	2,87	82	350	2150	CSVТ CUBO	18	79	1,422
241	Палаты для пациентов	6,40	20,74	132,75	2,80	1,75	68	250	4150	CSVТ AVRORA	34	13	0,442
242	Палаты для пациентов	10,56	34,20	361,00	2,80	2,88	82	150	4150	CSVТ AVRORA	34	18	0,612
243	Коридор	6,02	19,49	117,30	2,80	1,64	66	100	2150	CSVТ CUBO	18	10	0,18
244	Палаты для пациентов	8,98	29,08	261,00	2,80	2,45	78	150	4150	CSVТ AVRORA	34	14	0,476
245	Лестничная клетка №6	3,01	9,76	29,40	2,80	0,82	47	150	1100	CSVТ NOTA	17	10	0,17
301	Венткамера	6,30	20,42	128,70	2,80	1,72	68	250	4150	CSVТ AVRORA	34	13	0,442
302	Коридор	3,45	11,18	38,56	2,80	0,94	51	150	2150	CSVТ CUBO	18	6	0,108
303	Лестничная клетка №3	2,71	8,78	23,78	2,80	0,74	44	250	1100	CSVТ NOTA	17	14	0,238
304	Техническое помещение	4,64	15,03	69,70	2,80	1,27	59	100	4150	CSVТ AVRORA	34	4	0,136
305	С/у мужской	2,15	6,96	14,93	2,80	0,59	37	150	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
306	С/у женский	2,29	7,42	17,00	2,80	0,63	39	150	2600	CSVТ CLIO	25	3	0,075
307	С/у для МГН	1,03	3,32	3,41	2,80	0,28	17	350	2600	CSVТ CLIO	25	4	0,1
308	Комната уборочного инвентаря	1,94	6,29	12,23	2,80	0,53	35	150	4150	CSVТ AVRORA	34	2	0,068
309	Лестничная клетка №4	3,28	10,64	34,94	2,80	0,90	49	150	1100	CSVТ NOTA	17	11	0,187
310	Административные помещения	10,01	32,44	324,88	2,80	2,73	81	150	4150	CSVТ AVRORA	34	17	0,578

Продолжение таблицы 1

Помещение		a , м	b , м	S , м ²	h , м	i	δ	E_n , Лк	$\Phi_{св}$, Лм	Светильник	P_y , Вт	$N_{св}$, шт	P_n , кВт
311	Лестничная клетка №5	3,28	10,64	34,94	2,80	0,90	49	350	1100	CSVТ NOTА	17	25	0,425
312	Административные помещения	6,87	22,26	153,00	2,80	1,88	70	750	4150	CSVТ AVRORA	34	44	1,496
313	Коридор	2,60	8,41	21,83	2,80	0,71	43	150	2150	CSVТ CUBO	18	4	0,072
314	Административные помещения	10,49	34,00	356,70	2,80	2,86	82	250	4150	CSVТ AVRORA	34	29	0,986
315	Коридор	8,20	26,58	217,99	2,80	2,24	75	250	2150	CSVТ CUBO	18	38	0,684
316	Переговорная	7,10	23,01	163,40	2,80	1,94	71	250	4150	CSVТ AVRORA	34	16	0,544
317	Серверная	2,09	6,78	14,20	2,80	0,57	37	250	4150	CSVТ AVRORA	34	3	0,102
318	Венткамера	5,80	18,80	109,10	2,80	1,58	65	150	4150	CSVТ AVRORA	34	7	0,238
–	Аварийное и рабочее освещение	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	30,6
–	Наружное освещение	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7,6
–	Итоговая нагрузка освещения	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	38,2

Диаграммы освещенности поликлиники представим на рисунках 1-3.

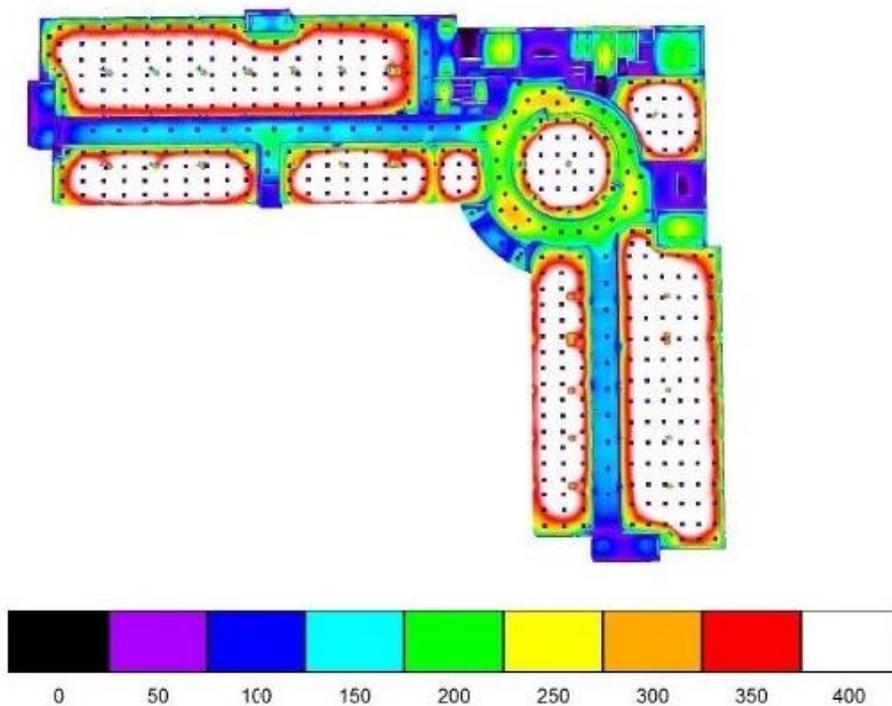


Рисунок 1 – Диаграмма освещенности первого этажа

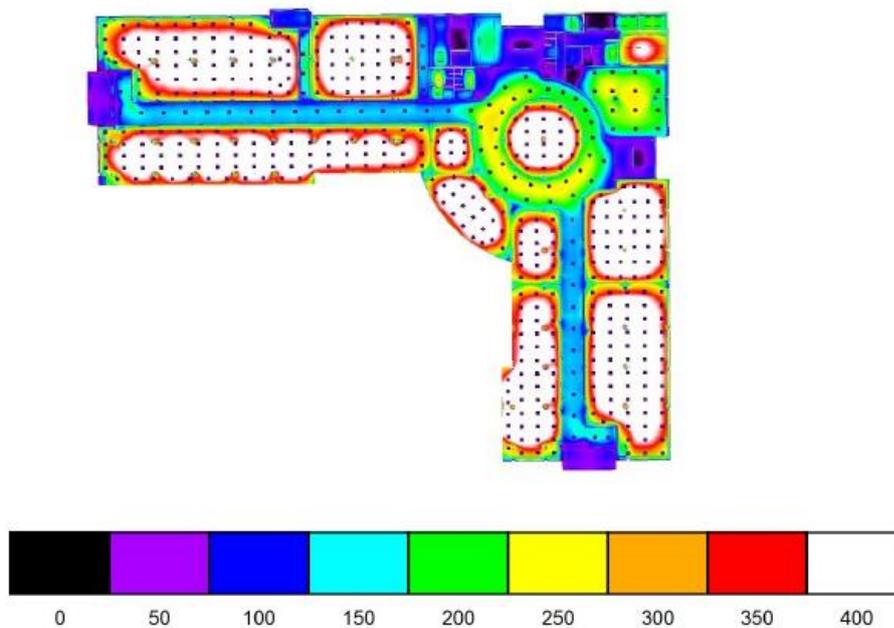


Рисунок 2 – Диаграмма освещенности второго этажа

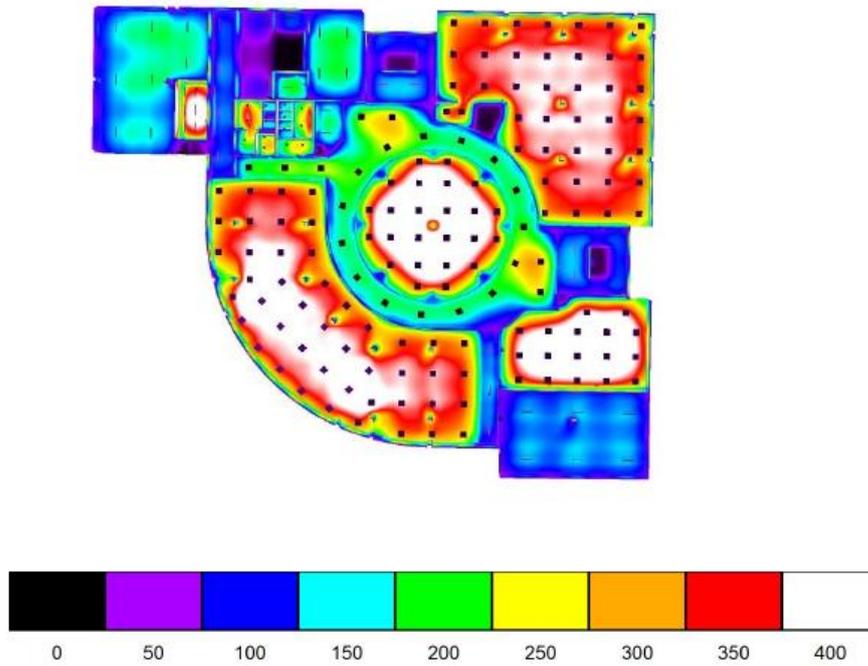
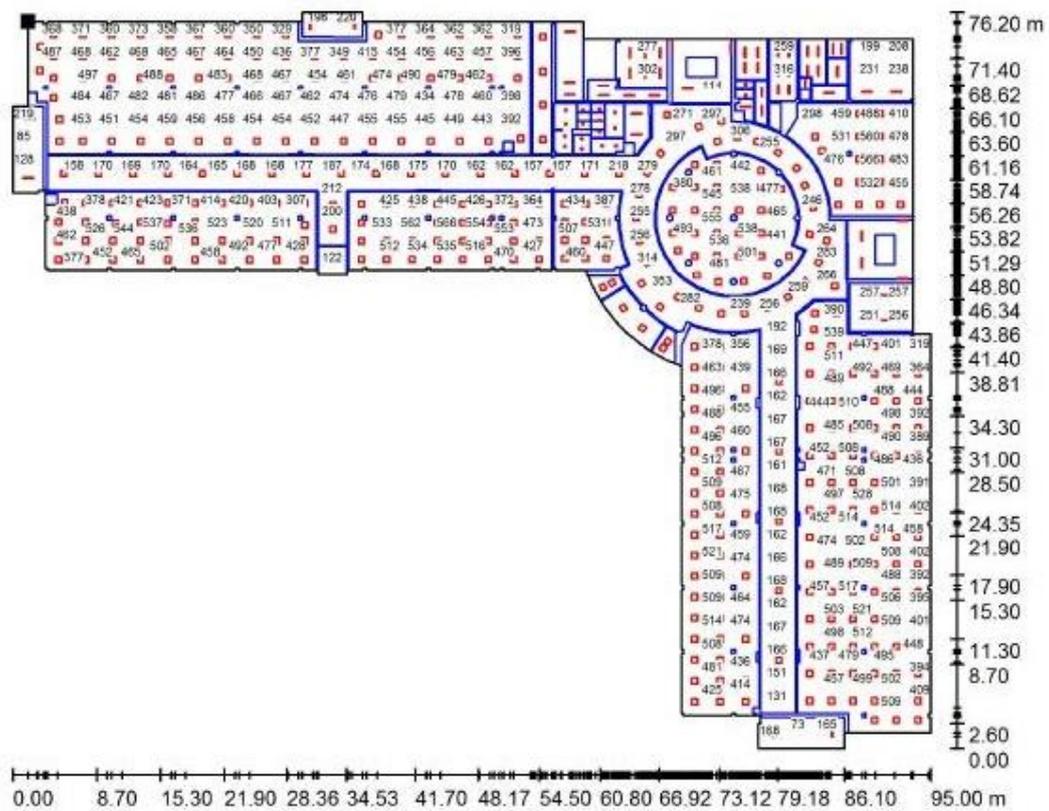


Рисунок 3 – Диаграмма освещенности третьего этажа

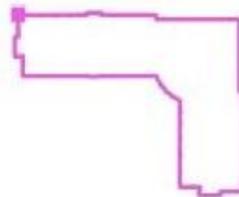
С помощью программы Dialux определим расстановку светильников (рисунки 4-6).



Значения в Lux, Масштаб 1 : 680

Не все расчетные данные могут быть представлены.

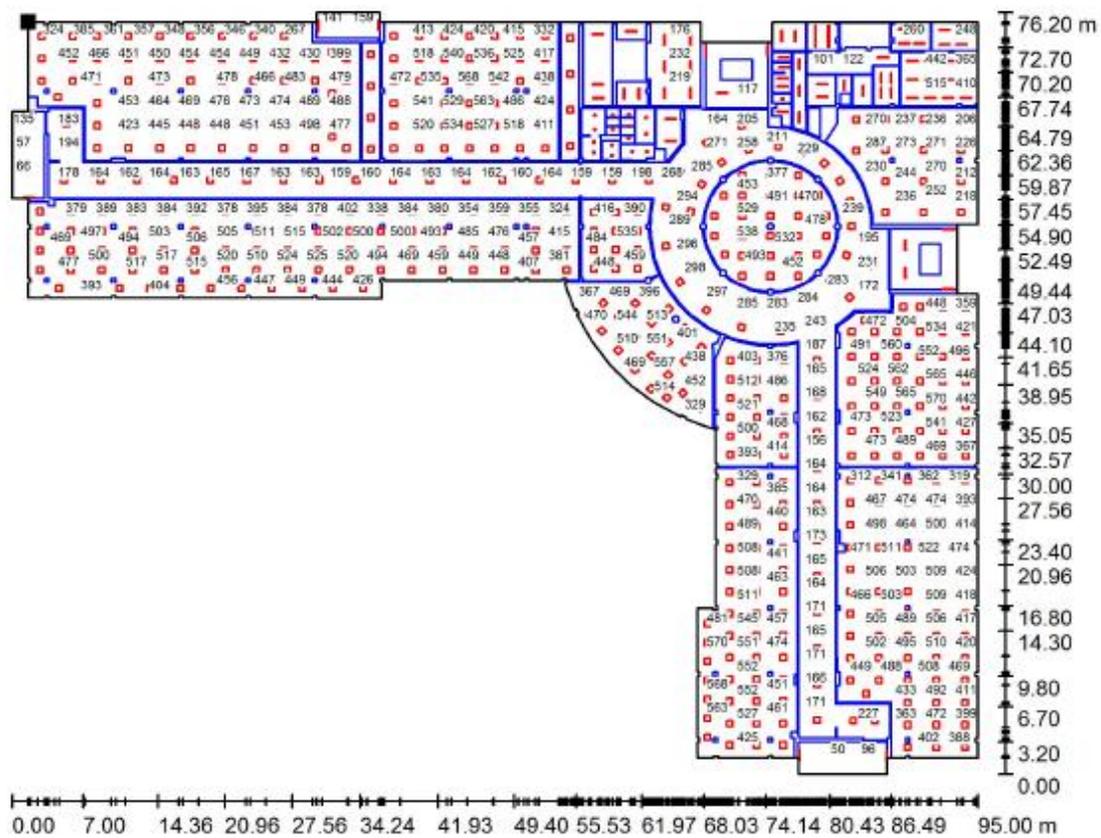
Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка:
(445.054 m, 368.258 m, 0.800 m)



Растр: 128 x 128 Точки

E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
347	21	583	0.060	0.036

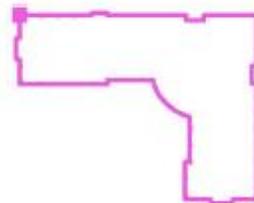
Рисунок 1 – Расстановка светильников первого этажа поликлиники



Значения в Lux, Масштаб 1 : 680

Не все расчетные данные могут быть представлены.

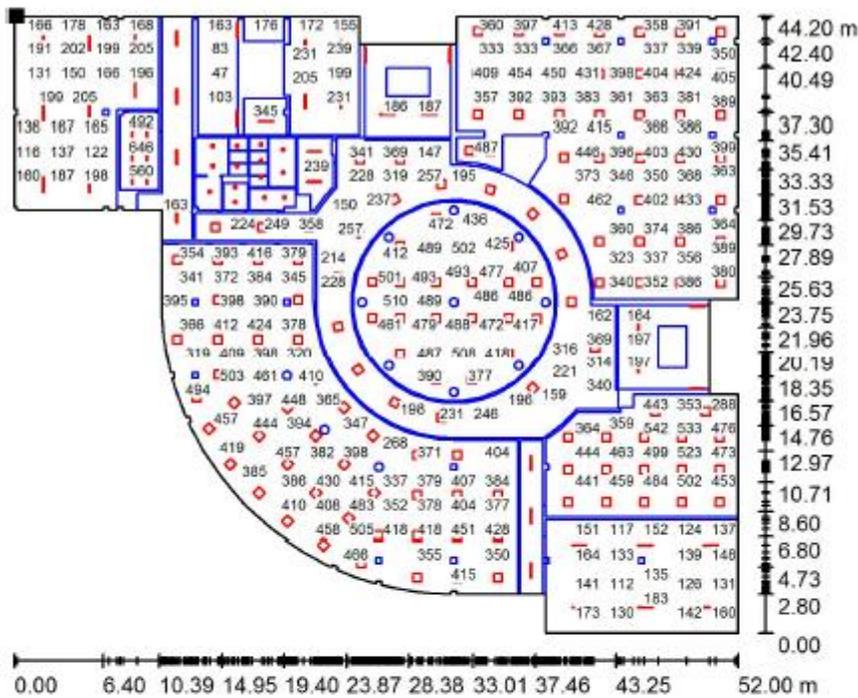
Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка:
(445.054 m, 252.536 m, 0.800 m)



Растр: 128 x 128 Точки

E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
343	15	598	0.043	0.025

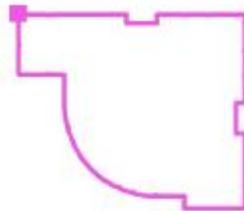
Рисунок 2 – Расстановка светильников второго этажа поликлиники



Значения в Lux, Масштаб 1 : 500

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка:
(486.654 m, 133.879 m, 0.800 m)



Растр: 128 x 128 Точки

E_{cp} [lx]
300

E_{min} [lx]
26

E_{max} [lx]
653

$E_{\text{min}} / E_{\text{cp}}$
0.087

$E_{\text{min}} / E_{\text{max}}$
0.040

Рисунок 3 – Расстановка светильников третьего этажа поликлиники

В помещениях с повышенной влажностью используется светильник типа CSVТ CLIO и имеет степень защиты IP65 [3].

Вывод по разделу.

Для поликлиники общая силовая нагрузка составляет 588,18 кВт, а освещения – 38,2 кВт.

2 Выбор компенсирующих устройств, кабельных линий и автоматических выключателей и силовых трансформаторов

2.1 Выбор компенсирующих устройств

«Расчетная мощность УКРМ:

$$Q_{\text{КУ}} = \theta \cdot P_p \cdot (tg\varphi_1 - tg\varphi_2) \quad (7)$$

$$Q_{\text{КУ}} = 0,9 \cdot 588,18 \cdot (0,67 - 0,33) = 179,98 \text{ квар}$$

где θ – коэффициент, учитывающий повышение коэффициента мощности;

$tg\varphi_1$ – значение коэффициента до компенсации;

$tg\varphi_2$ – значение коэффициента после компенсации.

Установим 2×УКРМ 0,4-180-10. Результирующие нагрузки занесем в таблицу 1» [18].

2.2 Выбор кабелей

Кабели для прокладки в помещениях выберем типа ВВГнг(А)-FRLS для соблюдения требований пожаробезопасности [4].

Схема прокладки КЛ распределительной сети проведем с учетом действующих нормативов и правил [5]. АВ выбираем исходя из сечений кабелей [1]. В таблице 5 приведены результирующие площади сечения КЛ и АВ.

Таблица 5 – Расчет площадей сечения КЛ, потерь напряжения и выбор АВ осветительной сети

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
101	Лестничная клетка №1	0,272	0,44	0,40	1,5	21	12,62	0,129	33	0,078%	С6
102	Палаты для пациентов	1,02	1,63	1,48	1,5	21	12,62	0,129	157	1,417%	С6
103	Лестничная клетка №2	0,187	0,30	0,27	1,5	21	12,62	0,129	24	0,040%	С6
104	Палаты для пациентов	0,408	0,65	0,59	1,5	21	12,62	0,129	90	0,324%	С6
105	Палаты для пациентов	0,544	0,87	0,79	1,5	21	12,62	0,129	78	0,374%	С6
106	Коридор	0,936	1,50	1,36	1,5	21	12,62	0,129	88	0,724%	С6
107	Коридор	0,144	0,23	0,21	1,5	21	12,62	0,129	32	0,041%	С6
108	Лестничная клетка №3	0,153	0,24	0,22	1,5	21	12,62	0,129	29	0,040%	С6
109	Тамбур	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	23	0,014%	С6
110	Загрузочная	0,136	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	30	0,036%	С6
111	С/у мужской	0,15	0,24	0,22	1,5	21	12,62	0,129	23	0,031%	С6
112	С/у женский	0,125	0,20	0,18	1,5	21	12,62	0,129	25	0,027%	С6
113	С/у для МГН	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	11	0,007%	С6
114	Комната уборочного инвентаря	0,102	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	21	0,019%	С6
115	Лестничная клетка №4	0,306	0,49	0,44	1,5	21	12,62	0,129	35	0,096%	С6
116	Помещение охраны	0,102	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	22	0,020%	С6
117	Душевая	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	8	0,005%	С6
118	С/у	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	8	0,005%	С6

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
119	Гардеробная	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	11	0,007%	С6
120	Коридор	0,072	0,12	0,10	1,5	21	12,62	0,129	15	0,009%	С6
121	Электрощитовая	0,136	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	26	0,032%	С6
122	Загрузочная	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	21	0,013%	С6
123	Моечная	0,05	0,08	0,07	1,5	21	12,62	0,129	12	0,005%	С6
124	Временное хранение отходов	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	14	0,009%	С6
125	Кладовая инвентаря	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	16	0,009%	С6
126	Тамбур подъемника	0,034	0,05	0,05	1,5	21	12,62	0,129	11	0,003%	С6
127	Тепловой пункт	0,136	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	40	0,048%	С6
128	Палаты для пациентов	0,442	0,71	0,64	1,5	21	12,62	0,129	67	0,262%	С6
129	Лестничная клетка №5	0,425	0,68	0,62	1,5	21	12,62	0,129	35	0,133%	С6
130	Загрузочная	0,17	0,27	0,25	1,5	21	12,62	0,129	34	0,052%	С6
131	Палаты для пациентов	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	15	0,009%	С6
132	Тамбур	0,136	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	27	0,032%	С6
133	Палаты для пациентов	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	15	0,009%	С6
134	Вестибюль с примыкающими коридорами	0,918	1,47	1,33	1,5	21	12,62	0,129	108	0,878%	С6
135	Палаты для пациентов	0,238	0,38	0,35	1,5	21	12,62	0,129	45	0,094%	С6
136	Палаты для пациентов	0,578	0,92	0,84	1,5	21	12,62	0,129	80	0,406%	С6

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
137	Палаты для пациентов	0,374	0,60	0,54	1,5	21	12,62	0,129	59	0,196%	С6
138	Палаты для пациентов	0,578	0,92	0,84	1,5	21	12,62	0,129	82	0,419%	С6
139	Палаты для пациентов	0,68	1,09	0,99	1,5	21	12,62	0,129	88	0,529%	С6
140	Коридор	0,36	0,58	0,52	1,5	21	12,62	0,129	59	0,189%	С6
141	Палаты для пациентов	1,054	1,69	1,53	1,5	21	12,62	0,129	117	1,090%	С6
142	Лестничная клетка №6	0,272	0,44	0,40	1,5	21	12,62	0,129	32	0,078%	С6
201	Лестничная клетка №1	0,17	0,27	0,25	1,5	21	12,62	0,129	33	0,049%	С6
202	Палаты для пациентов	0,68	1,09	0,99	1,5	21	12,62	0,129	120	0,723%	С6
203	Лестничная клетка №2	0,119	0,19	0,17	1,5	21	12,62	0,129	24	0,025%	С6
204	Коридор	0,126	0,20	0,18	1,5	21	12,62	0,129	28	0,031%	С6
205	Палаты для пациентов	0,714	1,14	1,04	1,5	21	12,62	0,129	91	0,576%	С6
206	Палаты для пациентов	1,326	2,12	1,93	1,5	21	12,62	0,129	134	1,568%	С6
207	Коридор	0,648	1,04	0,94	1,5	21	12,62	0,129	86	0,494%	С6
208	Коридор	0,144	0,23	0,21	1,5	21	12,62	0,129	32	0,041%	С6
209	Лестничная клетка №3	0,238	0,38	0,35	1,5	21	12,62	0,129	29	0,061%	С6
210	Тамбур	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	14	0,009%	С6
211	Лифтовой холл	0,204	0,33	0,30	1,5	21	12,62	0,129	39	0,071%	С6
212	Служебное помещение	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	15	0,009%	С6

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
213	С/у мужской	0,125	0,20	0,18	1,5	21	12,62	0,129	23	0,026%	С6
214	С/у женский	0,125	0,20	0,18	1,5	21	12,62	0,129	25	0,027%	С6
215	С/у для МГН	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	11	0,007%	С6
216	Комната уборочного инвентаря	0,102	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	21	0,019%	С6
217	Лестничная клетка №4	0,306	0,49	0,44	1,5	21	12,62	0,129	35	0,096%	С6
218	Раздевалка (женская)	0,102	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	19	0,017%	С6
219	Душевая	0,1	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	8	0,007%	С6
220	Душевая	0,05	0,08	0,07	1,5	21	12,62	0,129	8	0,004%	С6
221	Раздевалка (мужская)	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	12	0,007%	С6
222	С/у	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	8	0,005%	С6
223	Комната уборочного инвентаря	0,102	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	11	0,010%	С6
224	Коридор	0,09	0,14	0,13	1,5	21	12,62	0,129	19	0,015%	С6
225	Кабинет администратора	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	18	0,011%	С6
226	Коридор	0,162	0,26	0,24	1,5	21	12,62	0,129	34	0,049%	С6
227	Овощной цех	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	20	0,012%	С6
228	Мясной цех	0,102	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	22	0,019%	С6
229	Доготовочная	0,204	0,33	0,30	1,5	21	12,62	0,129	38	0,069%	С6
230	Моечная столовой посуды	0,102	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	19	0,017%	С6

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
231	Кладовая напитков	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	15	0,009%	С6
232	Тамбур подъемника	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	13	0,008%	С6
233	Кладовая сухих продуктов	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	18	0,011%	С6
234	Обеденный зал на 48 посадочных мест	0,272	0,44	0,40	1,5	21	12,62	0,129	67	0,161%	С6
235	Лестничная клетка №5	0,187	0,30	0,27	1,5	21	12,62	0,129	35	0,059%	С6
236	Палаты для пациентов	0,68	1,09	0,99	1,5	21	12,62	0,129	90	0,541%	С6
237	Палаты для пациентов	0,238	0,38	0,35	1,5	21	12,62	0,129	59	0,125%	С6
238	Палаты для пациентов	0,442	0,71	0,64	1,5	21	12,62	0,129	69	0,267%	С6
239	Палаты для пациентов	0,238	0,38	0,35	1,5	21	12,62	0,129	45	0,094%	С6
240	Коридоры, холлы	1,422	2,27	2,07	2,5	28	7,51	0,112	114	0,852%	С10
241	Палаты для пациентов	0,442	0,71	0,64	1,5	21	12,62	0,129	69	0,270%	С6
242	Палаты для пациентов	0,612	0,98	0,89	1,5	21	12,62	0,129	114	0,616%	С6
243	Коридор	0,18	0,29	0,26	1,5	21	12,62	0,129	65	0,103%	С6
244	Палаты для пациентов	0,476	0,76	0,69	1,5	21	12,62	0,129	97	0,407%	С6
245	Лестничная клетка №6	0,17	0,27	0,25	1,5	21	12,62	0,129	33	0,049%	С6
301	Венткамера	0,442	0,71	0,64	1,5	21	12,62	0,129	68	0,266%	С6
302	Коридор	0,108	0,17	0,16	1,5	21	12,62	0,129	37	0,036%	С6
303	Лестничная клетка №3	0,238	0,38	0,35	1,5	21	12,62	0,129	29	0,061%	С6

Продолжение таблицы 5

№	Помещение	P_o , кВт	I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
303	Лестничная клетка №3	0,238	0,38	0,35	1,5	21	12,62	0,129	29	0,061%	С6
304	Техническое помещение	0,136	0,22	0,20	1,5	21	12,62	0,129	50	0,060%	С6
305	С/у мужской	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	23	0,015%	С6
306	С/у женский	0,075	0,12	0,11	1,5	21	12,62	0,129	25	0,016%	С6
307	С/у для МГН	0,1	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	11	0,010%	С6
308	Комната уборочного инвентаря	0,068	0,11	0,10	1,5	21	12,62	0,129	21	0,013%	С6
309	Лестничная клетка №4	0,187	0,30	0,27	1,5	21	12,62	0,129	35	0,059%	С6
310	Административные помещения	0,578	0,92	0,84	1,5	21	12,62	0,129	108	0,552%	С6
311	Лестничная клетка №5	0,425	0,68	0,62	1,5	21	12,62	0,129	35	0,133%	С6
312	Административные помещения	1,496	2,39	2,18	1,5	21	12,62	0,129	74	0,980%	С6
313	Коридор	0,072	0,12	0,10	1,5	21	12,62	0,129	28	0,018%	С6
314	Административные помещения	0,986	1,58	1,43	1,5	21	12,62	0,129	113	0,986%	С6
315	Коридор	0,684	1,09	0,99	1,5	21	12,62	0,129	89	0,535%	С6
316	Переговорная	0,544	0,87	0,79	1,5	21	12,62	0,129	77	0,368%	С6
317	Серверная	0,102	0,16	0,15	1,5	21	12,62	0,129	23	0,020%	С6
318	Венткамера	0,238	0,38	0,35	1,5	21	12,62	0,129	63	0,132%	С6

Таблица 6 – Расчет площадей сечения КЛ, потерь напряжения и выбор АВ силовых установок

Наименование электроустановки		I_p , А	F_p , мм ²	$F_{н,2}$, мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
ЩО1.1-ЩО1.3	Рабочее освещение первого этажа	17,0	15,5	16	82	1,14	0,065	54	0,48	С25
ЩО2.1-ЩО2.3	Рабочее освещение второго этажа	14,1	12,8	10	62	1,83	0,075	51	0,61	С16
ЩО3.1	Рабочее освещение третьего этажа	5,0	4,5	6	46	3,08	0,087	58	0,41	С10
ЩНО	Паркинг и улица	9,2	8,4	10	62	1,83	0,075	39	0,31	С16
ЩС1.1-ЩС1.3	Помещения медицинских работников первого этажа	14,6	13,3	16	82	1,14	0,065	53	0,38	С25
ЩС2.1-ЩС2.3	Помещения медицинских работников второго этажа	12,9	11,7	10	62	1,83	0,075	20	0,20	С16
ЩС3.1	Помещения медицинских работников третьего этажа	12,0	10,9	10	62	1,83	0,075	47	0,44	С16
ШСН1-3	Насосная и фильтрующая установка	21,4	19,4	25	106	0,72	0,058	37	0,24	С32
ЩВ1.1	Электроприводы вентиляции первого этажа	18,3	16,7	16	82	1,14	0,065	33	0,29	С25
ЩВ2.1	Электроприводы вентиляции второго этажа	18,3	16,6	16	82	1,14	0,065	55	0,47	С25
ЩВ3.2-ЩВ3.3	Электроприводы вентиляции третьего этажа	82,3	74,8	70	194	0,25	0,043	28	0,26	С10 0

Продолжение таблицы 6

Наименование электроустановки		I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кл}$, Ом/км	$x_{кл}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
ЩК2.1	Климатические системы второго этажа	8,7	7,9	10	62	1,83	0,075	32	0,22	С16
ЩК3.1-ЩК3.3	Климатические системы третьего этажа	200,6	182,4	180	336	0,10	0,033	51	0,49	С250
ТХ	Техника кухонных помещений	31,8	28,9	25	106	0,72	0,058	32	0,27	С32
ЩР1.1	Отделение подготовки пищи первого этажа	2,5	2,3	2,5	28	7,51	0,112	50	0,33	С6
ЩР2.1	Отделение подготовки пищи второго этажа	5,0	4,6	4	36	4,66	0,098	29	0,24	С6
ЩР3.1	Отделение подготовки пищи третьего этажа	2,5	2,3	2,5	28	7,51	0,112	45	0,30	С6
ПВ1-ПВ9,Л,Б	Приточная	81,8	74,3	70	194	0,25	0,043	47	0,43	С100
ВД1-ВД11	Вытяжная	75,5	68,6	70	194	0,25	0,043	53	0,45	С100
ЩАО1.1	Эвакуационное освещение первого этажа	4,7	4,2	4	36	4,66	0,098	40	0,26	С6
ЩАО2.1	Эвакуационное освещение второго этажа	1,6	1,4	2,5	28	7,51	0,112	22	0,08	С6
ЩАО3.1	Эвакуационное освещение третьего этажа	2,5	2,3	2,5	28	7,51	0,112	30	0,15	С6
ИТП1	Электрооборудование индивидуального теплового пункта	51,9	47,2	50	159	0,36	0,047	31	0,25	С63
ШСН1-ШСН2	Насосные установки тушения пожара	81,1	73,7	70	194	0,25	0,043	51	0,46	С100

Продолжение таблицы 6

Наименование электроустановки		I_p , А	F_p , мм ²	F_n , мм ²	$I_{спр}$, А	$r_{кЛ}$, Ом/км	$x_{кЛ}$, Ом/км	l , м	ΔU_p , %	АВ
ОС1	Установка водоотведения	146,5	133,2	120	265	0,15	0,037	54	0,54	С160
ЩОС1, ЩПС1	Охранная, пожарная сигнализация и видеонаблюдение	34,5	31,4	35	129	0,51	0,052	43	0,26	С40
ШХВС1	Установка водоснабжения	74,9	68,1	70	194	0,25	0,043	23	0,18	С100
ША	Защитная аппаратура и автоматика	2,3	2,1	2,5	28	7,51	0,112	24	0,19	С6

Потери в КЛ являются допустимыми.

2.3 Выбор числа и мощности трансформаторов

Поликлиника получает электроэнергию от внешней сети 10 кВ. Система заземления комплекса – типа TN-C-S [21],[22]. Ранее принято, что здание имеет первую категорию надежности электроснабжения.

Полная мощность трансформатора:

$$S_{p.т} = \frac{S_{p.Σ}}{k_{з.т} \cdot N_t} \quad (8)$$

$$S_{p.т} = \frac{608,25}{0,7 \cdot 2} = 434,46 \text{ кВА}$$

Исходя из расчета, принимаем два трансформатора ТМГ-630/10/0,4. Коэффициент загрузки на трансформатор составляет 0,48.

Вывод по разделу.

Для поликлиники полная мощность составила 608,25 кВА. С учетом установки 2×УКРМ 0,4-180-10 принимаем 2×ТМГ-630/10/0,4.

3 Расчет токов КЗ и выбор силового электрооборудования

3.1 Расчет токов КЗ

Токи КЗ рекомендуется рассчитывать в относительных единицах (о.е.).
Схема замещения отражена на рисунке 2.

«Мощность трехфазного короткого замыкания сети с $S_c=500$ МВА, $U_6=10,5$ кВ, $S_6=1000$ МВА» [7].

Ток от системы до ТП:

$$I_{c-т} = \frac{S_{н.т}}{\sqrt{3} \cdot U'} \quad (9)$$
$$I_{c-т} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,99 \text{ А.}$$

«Для электроснабжения комплекса проложим в траншее кабельную линию с поясной бумажной изоляцией (пропитанная вязким изоляционным составом) и алюминиевыми жилами» [10].

«Число часов использования максимума нагрузки в год составляет от 3000 до 5000. Сечение по экономической плотности тока $J_{эк}=1,1$ А/мм²» [13]:

$$S_{c-т} = \frac{I_{c-т}}{J_{эк}}, \quad (10)$$
$$S_{c-т} = \frac{54,99}{1,1} = 49,99 \text{ мм}^2.$$

Для кабеля ААБл 3×50-10 допустимый ток составляет 132 А по каталогу, поэтому принимаем именно его [9],[16].

«Активное сопротивление кабеля $r_{уд-1}=0,62$ Ом/км и индуктивное сопротивление кабеля $x_{уд-1}=0,09$ Ом/км» [10]. Длина КЛ от точки подключения до ТП составляет $l_{кл-1}=750$ м [17].

«Суммарное активное и индуктивное сопротивление до точки К-1: $x_{K-1}=288$ мОм; $r_{K-1}=465$ мОм» [2].

Сопротивления катушек и контактов автоматических выключателей (АВ), трансформаторов тока (ТТ) занесем в таблицу 7 далее.

«Пересчитанное сопротивление к ступени НН:

$$x_{стНН} = x_{стВН} \cdot \frac{U_{НН}^2}{U_{ВН}^2} \quad (11)$$

Реактивное сопротивление ТМГ-630/10/0,4» [6]:

$$x_T = \sqrt{u_{КЗ.Т}^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{КЗ.Т}}{S_{Н.Т}}\right)^2} \cdot \frac{U_{НН}^2}{S_{Н.Т}} \cdot 10^4 \quad (12)$$

$$x_T = \sqrt{5,4^2 - \left(\frac{100 \cdot 10,7}{630}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{630} \cdot 10^4 = 8,47 \text{ мОм}$$

«Активное сопротивление ТМГ-630/10/0,4:

$$r_T = \frac{P_{КЗ} \cdot U_{НН}^2}{S_T^2} \cdot 10^6 \quad (13)$$

$$r_T = \frac{10,7 \cdot 0,4^2}{630^2} \cdot 10^6 = 1,71 \text{ мОм}$$

Активное и индуктивное сопротивления от системы до точки К-2:

$$r_{K-2} = r_{K-1} + r_{КЛ-2} + r_{Тр} + r_{АВ} + r_{КВ-2} + r_{ТТ-2} \quad (14)$$

$$x_{K-2} = x_{K-1} + x_{КЛ-2} + x_{Тр} + x_{КВ-2} + x_{ТТ-2} \quad (15)$$

Суммарное активное и индуктивное сопротивление до точки К-2: $x_{K-2} = 20,79$ мОм, $r_{K-2} = 22,73$ мОм» [2].

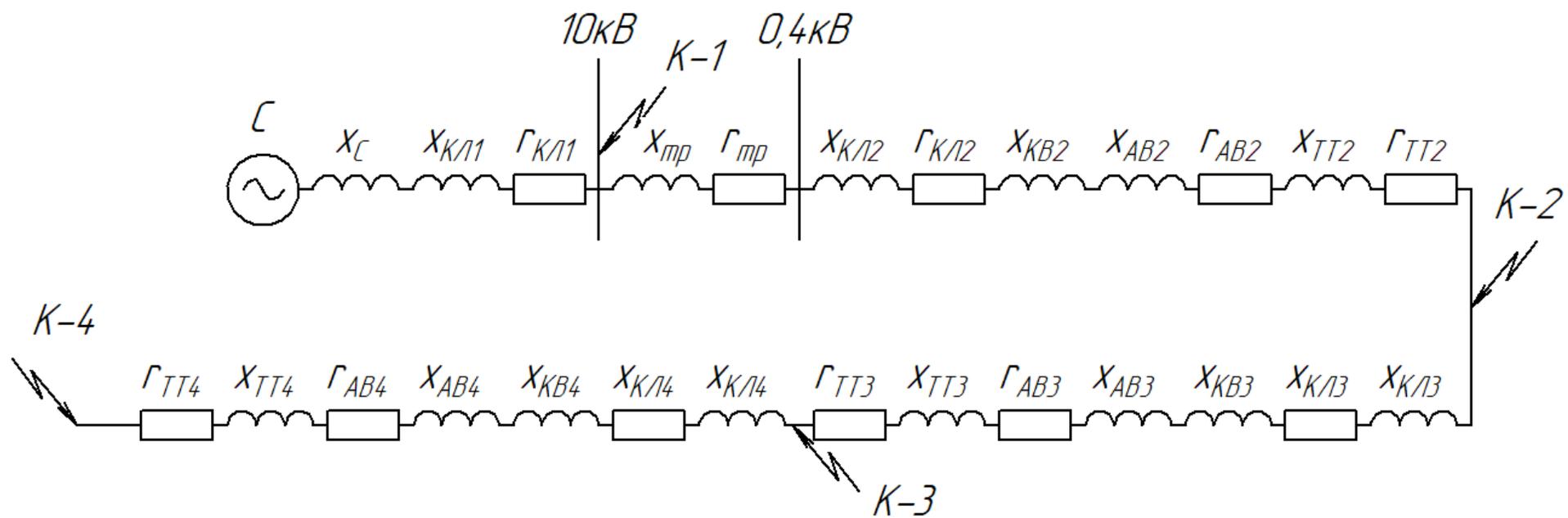


Рисунок 2 – Схема замещения

«Начальное действующее значение периодической составляющей трехфазного тока КЗ без учета подпитки от электродвигателей» [2]:

$$I_{n0.K-i} = \frac{U_H}{\sqrt{3 \cdot (r_{K-i}^2 + x_{K-i}^2)}} \quad (16)$$

$$I_{n0.K-i} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot (23,43^2 + 21,19^2)}} = 7,31 \text{ кА}$$

«Угол сдвига по фазе напряжения (ЭДС источника) и периодической составляющей тока КЗ» [2]:

$$\delta_i = \arctg\left(\frac{x_{K-i}}{r_{K-i}}\right) \quad (17)$$

$$\delta_i = \arctg\left(\frac{21,19}{23,43}\right) = 0,74$$

«Время от начала КЗ до появления ударного тока:

$$\chi_i = 0,01 \cdot \frac{\frac{\pi}{2} + \delta_i}{\pi} \quad (18)$$

$$\chi_i = 0,01 \cdot \frac{\frac{\pi}{2} + 0,74}{\pi} = 7,36 \text{ мс}$$

«Постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ» [2]:

$$T_{n.K-i} = \frac{x_{K-i}}{r_{K-i} \cdot \omega} \quad (19)$$

$$T_{n.K-i} = \frac{21,19}{23,43 \cdot 314} = 2,88 \text{ мс}$$

«Ударный коэффициент:

$$K_{уд.К-i} = 1 + \sin\delta_i \cdot e^{\frac{-\chi_i}{T_{н.К-i}}} \quad (20)$$

$$K_{уд.К-i} = 1 + \sin(0,74) \cdot e^{\frac{-7,36}{2,88}} = 1,05$$

Ударный ток:

$$i_{уд.К-i} = \sqrt{2} \cdot I_{н0.К-i} \cdot K_{уд.К-i} \quad (21)$$

$$i_{уд.К-i} = \sqrt{2} \cdot 7,31 \cdot 1,05 = 10,88 \text{ кА}$$

Токи КЗ точек К-3 и К-4 проведем аналогично и внесем результаты в таблицу 7» [2].

Таблица 7 – Расчет трехфазных КЗ поликлиники

Точка	Элемент цепи	$r_{К-i}$	$x_{К-i}$	$I_{н0.К-i}$	δ_i	χ_i	$T_{н.К-i}$	$K_{уд.К-i}$	$i_{уд.К-i}$
		МОм		кА	рад	10^{-3} с	мс	–	кА
К-1	С	–	220,50	–					
	КЛ-1	465,00	67,5	–					
	Σ -1	465,00	288,00	11,08	–	–	–	1,4	21,94
К-2	К-1 приведенное к НН	0,67	0,42	–					
	Тр	1,71	8,47	–					
	КЛ-2	20,15	11,94	–					
	КВ-2	0,11	–	–					
	АВ-2	0,66	0,18	–					
	ТТ-2	0,12	0,18	–					
	Σ -2	23,43	21,19	7,31	0,74	7,36	2,88	1,05	10,88
К-3	КЛ-3	14,3	8,47	–					
	КВ-3	0,14	–	–					
	АВ-3	1,21	0,61	–					
	ТТ-3	0,34	0,69	–					
	Σ -3	39,42	30,96	4,61	0,67	7,13	2,50	1,04	6,75

Продолжение таблицы 7

Точка	Элемент цепи	r_{K-i}	x_{K-i}	$I_{n0.K-i}$	δ_i	χ_i	$T_{n.K-i}$	$K_{уд.K-i}$	$i_{уд.K-i}$
		МОм		кА	рад	10^{-3} с	мс	–	кА
К-1	С	–	220,50	–					
	КЛ-1	465,00	67,5	–					
	Σ -1	465,00	288,00	11,08	–	–	–	1,4	21,94
К-2	К-1 приведенное к НН	0,67	0,42	–					
	Тр	1,71	8,47	–					
	КЛ-2	20,15	11,94	–					
	КВ-2	0,11	–	–					
	АВ-2	0,66	0,18	–					
	ТТ-2	0,12	0,18	–					
	Σ -2	23,43	21,19	7,31	0,74	7,36	2,88	1,05	10,88
К-3	КЛ-3	14,3	8,47	–					
	КВ-3	0,14	–	–					
	АВ-3	1,21	0,61	–					
	ТТ-3	0,34	0,69	–					
	Σ -3	39,42	30,96	4,61	0,67	7,13	2,50	1,04	6,75
К-4	КЛ-4	6,5	3,85	–					
	КВ-4	0,12	–	–					
	АВ-4	1,32	0,72	–					
	ТТ-4	0,75	1,2	–					
	Σ -4	48,11	36,73	3,82	0,65	7,07	2,43	1,03	5,58

Используя полученные данные, проведем выбор силового электрооборудования.

3.2 Проверочный расчет силовых выключателей, разъединителей и трансформаторов тока

Проверяя электрооборудование КТП-630/10/0,4 [12] рассчитаем термическую и электродинамическую стойкости. Используем для расчета точку К-2 с наибольшими значениями токов.

Ток термической стойкости:

$$B_{K-2} = I_{n0.K-2}^2 (T_{n.K-2} + t_{п.в}) \quad (22)$$
$$B_{K-2} = 7,31^2 \cdot (2,88 + 30) \cdot 10^{-3} = 1,76 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

«Время действия релейной защиты:

$$\gamma = t_{рз} + t_{сво} \quad (23)$$
$$\gamma = 0,01 + 0,04 = 0,05 \text{ с}$$

где $t_{рз}$ – время срабатывания релейной защиты с;

$t_{сво}$ – время срабатывания выключателя на отключение, с» [19].

«Максимальное значение аperiodической составляющей тока КЗ» [19]:

$$i_{ay.K-2} = \sqrt{2} \cdot I_{n0.K-2} \cdot e^{\frac{-\gamma}{T_{n.K-2}}} \quad (24)$$
$$i_{ay.K-2} = \sqrt{2} \cdot 7,31 \cdot 2,72^{\frac{-0,05}{2,88}} = 3,79 \text{ кА}$$

«Номинальное значение аperiodической составляющей» [19]:

$$i_{ан} = \sqrt{2} \cdot I_{\delta} \cdot (1 + e^{-22,5 \cdot \gamma}) \quad (25)$$
$$i_{ан} = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot (1 + 2,72^{-22,5 \cdot 0,05}) = 37,46 \text{ кА}$$

где I_{δ} – ток отключения выключателя, кА.

Результаты расчета представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Проверка параметров

Расчетный параметр	Сравниваемый параметр	Автоматический выключатель	Трансформатор тока	Разъединитель
$I_{\max}=1519 \text{ А}$	$I_{\text{раб}}$	1600 А	1600 А	1600 А
$I_{n.0}=7,31 \text{ кА}$	I_{δ}	20 кА	–	–
$i_{\text{ог}}=3,79 \text{ кА}$	$i_{\text{а..н}}$	37,46 кА	–	–
$i_{\text{уд}}=10,88 \text{ кА}$	$i_{\text{пр.с}}$	52 кА	50 кА	50 кА
$B_K=1,76 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{K.\text{ном}}$	20 кА ² ·с	20 кА ² ·с	20 кА ² ·с

Проверка пройдена.

Выводы по разделу.

Наибольшее значение ударного тока, зафиксировано в сети выше 1 кВ – 21,94 кА, а в сети до 1 кВ – 10,88 кА.

Выбранное электрооборудование в составе КТП прошло требуемые проверки.

4 Заземление и молниезащита

«PEN и PE-проводники многожильных кабелей питающей и распределительной сети являются защитными проводниками» [23].

«Тип системы заземления на вводе в здание – TN-C-S, а в распределительных и групповых сетях – TN-S» [13].

«Данные системы заземления построены с применением глухозаземленной нейтрали. Характеризуются подключением нулевого проводника (N) к контуру заземления. При этом первый тип, на вводе в здания, характеризуется объединением защитного проводника PE и нулевого N в один комбинированный нуль (PEN) с подстанции, подключенного к глухозаземленной нейтрали. На входе в здание PEN проводник разделяется на N и PE проводники. Система заземления в распределительных и групповых сетях является более безопасной, имеет разделенные защитные проводники PE и нулевые N» [24].

«Для расчета заземления применим общеизвестные формулы.

Сопротивление вертикально расположенного заземлителя:

$$R_{в.з} = \frac{\rho_{э.г}}{2\pi L_{в.з}} \left(\ln \frac{2L_{в.з}}{d_{в.з}} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot T_{в.з} + L_{в.з}}{4 \cdot T_{в.з} - L_{в.з}} \right), \quad (26)$$
$$R_{в.з} = \frac{95}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,8} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,8}{0,017} + 0,5 \cdot \ln \frac{8+2,8}{8-2,8} \right) = 33,3 \text{ Ом},$$

где $\rho_{э.г}$ – величина удельного сопротивления земли, Ом · м;

$L_{в.з}$ – длина вертикально расположенного заземлителя, м;

$d_{в.з}$ – диаметр вертикально расположенного заземлителя, м;

$T_{в.з}$ – заглубление, м» [13].

«Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_{г.з} = \frac{\rho_{э}}{2 \cdot \pi \cdot L_{г.з}} \cdot \ln \frac{2L_{г.з}^2}{b_{г.з} \cdot h_{г.з}}, \quad (27)$$

$$R_{гз} = \frac{95}{2\pi \cdot 19,8} \cdot \ln \frac{2 \cdot 19,8^2}{0,06 \cdot 0,4} = 7,94 \text{ Ом},$$

где $b_{гз}$ – ширина горизонтально расположенного заземлителя, м;

$h_{гз}$ – заглубление горизонтальных заземлителей, м;

$L_{гз}$ – длина горизонтально расположенного заземлителя, м» [13].

«Полное сопротивление заземляющего устройства (ЗУ):

$$R_{з.у} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\frac{k_{иi} n_i}{R_i}}, \quad (28)$$

$$R_{з.у} = \frac{1}{\frac{15 \cdot 0,68}{33,3} + \frac{10 \cdot 0,68}{7,94}} = 0,86 \text{ Ом},$$

где n_i – число комплектов;

$k_{иi}$ – коэффициент использования» [13].

«Сопротивление заземляющего устройства является допустимым, поскольку полученное значение составляет менее 4 Ом» [13].

«Здание относится к обычным объектам по опасности ударов молнии для самого объекта и его окружения (к III категории по устройству молниезащиты). Кровля здания выполнена плоской. В качестве молниеприемника применяется молниеприемная сетка из полосовой стали 25×4, которая располагается на кровле. Молниеприемная сетка укладывается под слоем утеплителя (несгораемого) и гидроизоляции. Шаг ячеек сетки не должен превышать 10×10 м. Узлы стальной сетки соединяются посредством сварки. Полосы сетки проходят по краю крыши» [15].

Вывод по разделу.

Расчетные параметры заземления и молниезащиты соответствуют нормативным требованиям, не превышая предельно допустимых значений. Сопротивление заземляющего контура составляет менее 4 Ом, что соответствует требованиям ПУЭ.

Заключение

В данной ВКР разработан проект системы электроснабжения поликлиники.

Начальный этап расчетов состоял в анализе нагрузок электроприемников поликлиники, на основании которого были определены суммарные нагрузки и подобраны трансформаторы. Выбор был сделан в пользу двух трансформаторов ТМГ-630/10/0,4, устанавливаемых в КТП киоскового типа выбранной с использованием каталожных данных. Использование готового решения КТП позволяет минимизировать затраты на электромонтажные работы.

Далее рассчитаны токи КЗ для четырех точек. На стороне 10 кВ периодическая составляющая тока КЗ составила 11,08 кА, ударный ток – 21,94 кА. На стороне 0,4 кВ максимальные значения периодической составляющей и ударного тока составили 7,31 кА и 10,88 кА соответственно. Значения рассчитанных токов КЗ уменьшались по мере отдаления точки КЗ от энергосистемы.

По результатам расчета токов КЗ было проверено соответствие оборудования, входящего в состав КТП, требованиям термической и электродинамической стойкости. Оборудование проверку прошло успешно. Далее, на стороне НН были подобраны КЛ и АВ с учетом расчетных токов. Потери в КЛ являются допустимыми.

И наконец произведен расчет заземления и молниезащиты поликлиники, отнесенной к III категории по устройству молниезащиты. Предприняты меры защиты от поражения электрическим током с учетом нормативных документов. Молниезащита выполнена в виде молниеприемной сетки. Расчет заземления включал определение сопротивления заземляющего устройства с учетом сопротивлений горизонтальных и вертикальных заземлителей. Итоговое сопротивление заземляющего устройства составило 0,86 Ом, что соответствует нормативным требованиям.

Список используемых источников

1. Выбор автомата по мощности нагрузки и сечению провода [Электронный ресурс] : интернет-сайт. URL: <https://volgaproekt.ru/stati/vybor-avtomata-po-moshchnosti-nagruzki.html> (дата обращения: 19.02.2025).

2. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением ниже 1 кВ [Электронный ресурс] : утв. приказом от 21.10.1993. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-28249-93> (дата обращения: 19.02.2025).

3. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Электронный ресурс] : Межгосударственный стандарт утв. приказом №191-ст от 12.07.2012. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011> (дата обращения: 19.02.2025).

4. ГОСТ 31565-2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Межгосударственный стандарт утв. приказом №1097-ст от 22.11.2012. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения: 19.02.2025).

5. ГОСТ Р 50571.5.52-2011. Электроустановки низковольтные. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки [Электронный ресурс] : Национальный стандарт РФ утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 13.12.2011 N 925-ст. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092622> (дата обращения: 19.02.2025).

6. ГОСТ Р 52719-2007. Трансформаторы силовые. Общие технические условия [Электронный ресурс] : Национальный стандарт РФ утв. приказом №60-ст от 09.04.2007. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200050072> (дата обращения: 19.02.2025).

7. ГОСТ Р 52735-2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением выше 1 кВ [Электронный ресурс] : утв. Приказом №173-ст от 12.12.2007. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200052838> (дата обращения: 19.02.2025).

8. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий [Электронный ресурс] : Национальный стандарт РФ утв. приказом №1364-ст от 08.11.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200105707> (дата обращения: 19.02.2025).

9. Кабель ААБл [Электронный ресурс] : Официальный сайт ЭлектроКомплект-Сервис. URL: <https://e-кc.ru/> (дата обращения: 19.02.2025).

10. Кабель АПВ [Электронный ресурс] : Официальный сайт поставщика кабельной продукции. URL: <https://k-ps.ru/> (дата обращения: 19.02.2025).

11. Каталог светильников «CSVT» [Электронный ресурс] : Официальный сайт ЗАО «Центрстройсвет». URL: <https://csvt.ru/production/> (дата обращения: 19.02.2025).

12. Комплектные трансформаторные подстанции [Электронный ресурс] : Официальный сайт акционерного общества «Группа компаний «Электрощит»-ТМ Самара». URL: <https://www.electroshield.ru/catalog/komplektnie-transformatornie-podstancii/ktp-pilot/> (дата обращения: 19.02.2025).

13. Правила устройства электроустановок [Электронный ресурс] : введен Министерством топлива и энергетики РФ от 01.07.2000. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98464/ (дата обращения: 18.03.2025).

14. РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей [Электронный ресурс] : Руководящий документ утв. приказом №213 от 07.07.1994. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004921> (дата обращения: 19.02.2025).

15. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций [Электронный ресурс] : Инструкция утв. приказом №280 от 30.06.2003. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034368> (дата обращения: 19.02.2025).

16. СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения [Электронный ресурс] : Свод правил утв. Приказом Минрегиона России от

29.12.2011 N 635/10) (ред. от 19.12.2019). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092705> (дата обращения: 19.02.2025).

17. СП 256.1325800.2016. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа [Электронный ресурс] : Свод правил утв. Приказом Минстроя России от 29.08.2016 N 602/пр. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139957> (дата обращения: 19.02.2025).

18. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [Электронный ресурс] : Свод правил по проектированию и строительству утв. приказом №194 от 26.10.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035252> (дата обращения: 19.02.2025).

19. Требования к релейной защите [Электронный ресурс] : интернет-сайт. URL: <https://pue8.ru/relejnaya-zashchita/238-trebovaniya-k-relejnoj-zashchite.html> (дата обращения: 19.02.2025).

20. Benthaus M. A Coupled technological-sociological model for national electrical energy supply systems including sustainability. *Energy, Sustainability and Society* Vol. 9, №1. 2019. p.1-16.

21. Donoso P., Schurch R., Ardila J., Orellana L. Analysis of Partial Discharges in Electrical Tree Growth Under Very Low Frequency (VLF) Excitation Through Pulse Sequence and Nonlinear Time Series Analysis. *IEEE Access* Vol. 8. 2020. p.673-684.

22. Escrivá-Escrivá G., Roldán-Blay C., Roldán-Porta C., Serrano-Guerrero X. Occasional Energy Reviews from an External Expert Help to Reduce Building Energy Consumption at a Reduced Cost. *Energies* Vol. 12, №15. 2019. 14 p.

23. Shabdin N.H., Padfield R. Sustainable Energy Transition, Gender and Modernisation in Rural Sarawak. *Chemical Engineering Transactions* vol.56, 2018. p.259-264.

24. Xiao Han, Jing Qiu, Lingling Sun, Wei Shen, Yuan Ma, Dong Yuan. Low-carbon energy policy analysis based on power energy system modeling. *Energy Conversion and Economics*. 2020. p.34-44.