ВВЕДЕНИЕ

Развитие народного хозяйства страны должно обеспечиваться опережающим развитием энергетики. Рост выработки электроэнергии, в свою очередь, требует рациональной организации передачи энергии и ее распределения, где значительная роль отводится городским электрическим сетям.

Увеличение потребности в электрической энергии вызвано не только ростом населения в существующих городах и появлением новых городов, но и качественным переменам, происходящим на промышленных предприятиях и быту городского населения.

Актуальность темы заключается в том, что электроустановки современных зданий представляющие собой сложные системы, предъявляют постепенно повышающиеся требования к надежности электроснабжения, и должны отвечать требованиям наименьших затрат на их сооружение, удобство эксплуатации. В данной работе наглядно показан пример расчета поселка Анисимово.

Объектом исследования является реконструкция ТП10/0,4 поселка_Анисимово.

Предметом исследования является выбор схем, электрооборудования и других параметров электроснабжения.

Цель работы заключается в реконструкции ТП10/0,4 с учетом современных требований электробезопасности и энергоэффективности.

Практическая значимость работы заключается в том, что согласно данному проекту, возможно провести реальную реконструкцию ТП10/0,4 поселка, что позволит обеспечить необходимой электроэнергией потребителей.

Теоретическая и методологическая основа работы заключается в анализе современной литературы и методик проектирования и расчета систем

электроснабжения жилых районов.

Тема работы является достаточно изученной. Использовались работы Федорова А.А., Старковой Л.Е., Князевского Б.А., Барыбина Ю.Г., Неклепаева Б.И. и других авторов.

Вопросы, нуждающиеся в дальнейшем изучении: необходимо изучать современные методики расчетов электросетей жилых микрорайонов и учитывать появления нового электрооборудования с более высокими технико-экономическими показателями.

СОДЕРЖАНИЕ.

ВВЕДЕНИЕ……..2
1. РАСЧЕТ СХЕМЫ ПИТАНИЯ ……..5
1.1 Характеристика местности и потребностей электроэнергии……...9
1.2 Выбор структуры системы электроснабжения…….11
1.3 Выбор величины питающего напряжения……20
1.4 Надежность электроснабжения потребителей…….….22
1.5 Выбор напряжения системы электроснабжения…….….23
1.6 Выбор схемы распределения сети напряжения 10 кВ…….…23
1.7 Выбор схемы распределительной сети низкого напряжения…….24
2. СХЕМЫ И КОНСТРУКЦИИ ТП…….…32
3. РАСЧЕТ ТОКОВ КЗ.……...…...37
4. ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ……42
4.1 Выбор и проверка шин 10 кВ.……...….42
4.2 Выбор и проверка выключателей.…….....45
4.3 Выбор и проверка разъединителей……48
4.4 Выбор и проверка трансформаторов тока…….……49
4.5 Выбор и проверка трансформаторов напряжения……52
4.6 Выбор и проверка устройств защиты от перенапряжений…….……53
5. РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ПОДСТАНЦИИ……...……...…56
6.ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ…….
7. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА…….
7.1 Безопасность технологических процессов……..
7.2 Технические мероприятия обеспечивающие безопасность работ……..
7.3.Производство отключений
7.4. Противопожарные мероприятия при эксплуатации электроустановок…
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….…59
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ……

1. РАСЧЕТ СХЕМЫ ПИТАНИЯ

1.1 Характеристика местности и потребителей электроэнергии

По климатическому районированию Юсьвинский район относится к зоне умеренных широт, входя в состав умеренно - континентальной области. Юсьвинский район относится к самому благоприятному району в почвенно климатическом соотношении и может быть охарактеризован как самый теплый. Сумма средних суточных температур выше 10 градусов составляет 1700-1900 градусов.

Переход средних суточных температур воздуха через 10 градусов весной в среднем приходится на вторую декаду мая, осенью на конец первой - начало второй декады сентября. Длительность периода с температурой выше 10 градусов соответствует периоду активной вегетации и в среднем составляет 115 дней. С температурой выше 15 градусов 60 дней. Заморозки прекращаются в средней декаде мая. В отдельные годы в конце апреля или начале июня. Средняя продолжительность беззаморозкового периода 115 дней. Данный агроклиматический район относится к зоне достаточного увлажнения.

Осадков за год выпадает 475-500 мм (табл. 1), ГТК составляет 1,6. запасы продуктивной влаги в почве ко времени сева ранних яровых культур достаточны - около 150 мм в метровом слое. Минимальных значений влага достигает в июле. Условия перезимовки озимых культур и многолетних трав благоприятны.

Устойчивый снежный покров устанавливается в первой декаде ноября и к концу в среднем достигает высоты в 50-65 см. Разрушается 20 апреля. Запас воды в снеге за год около 126 мм. Средняя продолжительность снеготаяния 20 дней.

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план проектируемого района (рис.1.1).
2. Характеристика потребителей (табл.1.1).

Таблица 1.1- Характеристика потребителей объекта проектирования

N п/п	Наименование	Площадь/ кол-во кв,	Этажность	Количество
1	Частный дом	S=70 кв.м.	1	9
2	Магазин	S=150 кв.м.	1	1
3	Жилой дом	40	3	2
4	Жилой дом	60	3	2
5	Гаражи и автостоянка	S=320 кв.м.	1	1
6	Кафе "Фиеста"	S=95 кв.м.	1	1
7	Детский сад №1	S=220 кв.м.	2	1
8	АЗС	S=250 кв.м.	1	1
9	Школа №1	S=350 кв.м.	2	1
10	Администрация	S=500 кв.м.	2	1

В таблице 1.1 перечислены потребители проектируемого района, их основные параметры. Действующая распределительная сеть 0,4 кВ выполнена кабельными линиями в связи с наличием многоквартирных жилых домов этажностью 3 этажа, а также объектов с повышенными требованиями к электробезопасности (детский сад, школа, АЗС). На рисунке 1.1 представлен генеральный план района, показано расположение потребителей. В связи с тем,

что действующее оборудование и кабельные линии находятся в эксплуатации более 30 лет, имеют высокую степень износа и недостаточным для комфорта и безопасности уличным освещением, в работе производится реконструкция ТП 10/0,4 кВ с конструктивной разработкой схемы автономного уличного освещения.

1.2 Выбор структуры системы электроснабжения

Определение расчетных электрических нагрузок.

Расчет нагрузок необходим для дальнейшего выбора числа и мощности трансформаторных подстанций, кабелей схемы электроснабжения, расчета токов короткого замыкания и уставок релейной защиты, выбора электрических аппаратов на подстанциях, питающих район, т.е. для всей дальнейшей работы над проектом. Расчет ведется методом коэффициента спроса. Этот метод применяется для расчета электроснабжения крупных предприятий, жилых массивов с большим количеством электроприемников, когда влиянием отдельного электроприемника на общую нагрузку можно пренебречь.

Электрические нагрузки жилых домов определяются по нормативным документам (ПУЭ 7.0 [13], СП52.13330.2011.[14], РД 34.20.185.2012 [15]).

За основную берется удельная нагрузка одного потребителя (квартиры). Расчетные нагрузки в зависимости от числа квартир в доме и типа применяемых кухонных плит.

$$P_{КВ} = P_{УД,КВ.} \cdot n \quad \text{(кВт)}, \qquad (1.1)$$

где $P_{УД,КВ.}$ - удельная нагрузка квартиры кВт.

n - количество квартир, присоединенных к элементу сети.

Полная нагрузка жилого дома складывается из нагрузки квартир и силовых приемников (лифтов, вентиляции, водяных насосов и др.) и находится:

$$P_C = P_{Р.Л} + k_{С.ДВ} \sum_{i=1}^{n} P_{ДВ.Н} \text{, кВт,} \quad (1.2)$$

$$P_{Р.Л.} = k_{С.Л} \sum_{1}^{nл} P_{n.i} \text{, кВт,} \quad (1.3)$$

$$P_{Р.} = \left(P_{КВ.} + P_{РЛ} * N_П + P_C * N_П \right) * K_Р \text{, кВт,} \quad (1.4)$$

где $P_{ДВ.Н}$ - номинальные мощности двигателей, насосов водоснабжения, вентиляции и других, равная 1,5 кВт из расчета на один этаж [13];

n-число двигателей;

$k_{С.ДВ}$ — коэффициент спроса этих двигателей, принимаемый равным 0,7 для многоэтажного дома в зависимости от числа этажей;

$k_{С.Л}$ — коэффициент спроса лифтовых установок ;

P_{ni} — установленная мощность электродвигателя i- го лифта

P_C — нагрузка силовых электроприемников дома,

$N_П$ — число подъездов,

$K_Р$ — расчетный коэффициент, в зависимости от параметров здания [13].

Реактивная нагрузка жилого дома

$$Q_{Ж.Д} = P_{Ж.Д} \cdot tg\phi \text{, квар} \quad (1.5)$$

где $tg\phi$ - тангенс угла, соответствующий $\cos\phi$ электроприемников квартир и силовых электроприемников.

Полная расчетная мощность жилого дома

$$S_{Ж.Д} = \sqrt{P^2_{Ж.Д} + Q^2_{Ж.Д}}, \text{ кВА} \quad (1.6)$$

1) Пример расчета нагрузки жилого дома № 3:

Данный объект односекционный, 3-х этажный, количество квартир 40.

Определим Руд. Согласно справочным данным [13] Руд.=1,95 кВт

$P_{КВ.} = P_{УД.} * N_{КВ} = 1,95 \cdot 40 = 78\ кВт,$

Лифты отсутствуют.

$$P_{Р.Л.}=0\ кВт,$$

$$P_С=k_{С.ДВ}\sum_{i=1}^{n}P_{ДВ.Н}*¿N_Э=0{,}7*1.5*3=3{,}15 кВт,¿$$

$$P_{Р.}=\left(P_{КВ.}+P_{РЛ}*N_П+P_С*N_П\right)*K_Р=\left(78+0+3{,}15*2\right)*1{,}02=$$
$$85{,}99\ кВт,$$

Нормативное значение $\cos\phi=0.94$ - для 3-этажного дома с электро-плитами, соответствующий $tg\phi=0.36$ [7]

$$S_Р=\sqrt{P_Р^2+Q_Р^2}=\sqrt{\left(85{,}99\right)^2+\left(31{,}21\right)^2}=91{,}47\ кВА.$$

2) Расчет нагрузки частных домов:

Для частных домов(№1 на генеральном плане района) принимаем Руд =15,5 кВт/дом согласно [13],

Тогда расчетная нагрузка частных домов составит:

$$P_{Р.}=P_{УД}*N*K_Р, \text{ кВт} \qquad (1.7)$$

где N – число домов

$$P_{Р.}=P_{УД}*N*K_Р=15{,}5*9*1=139{,}5 кВт$$

$$Q_Р=P_Р\cdot tg\phi=139{,}5\cdot 0{,}203=28{,}33\ кВар,$$

$$S_Р=\sqrt{P_Р^2+Q_Р^2}=\sqrt{\left(139{,}5\right)^2+\left(28{,}33\right)^2}=142{,}35\ кВА.$$

3) Расчет нагрузки по удельной мощности и площади:

В качестве примера рассчитаем нагрузку магазина (№2 на генеральном плане района).

Для магазина принимаем Руд =0,14 кВт/м^2 согласно [13],

Тогда расчетная нагрузка составит:

$$P_{P.}=\left(P_{M.}+P_{РЛ}*N_{П}+P_{C}*N_{П}\right)*K_{P}=\left(0,14*150+0+1,2*1\right)*1,03=$$
$22,87\ кВт,$

$$Q_{P}=P_{P}\cdot tg\phi=22,87\cdot 0,29=6,67\ кВар,$$

$$S_{P}=\sqrt{P_{P}^{2}+Q_{P}^{2}}=\sqrt{\left(22,87\right)^{2}+\left(6,67\right)^{2}}=23,82\ кВА.$$

Нагрузки остальных зданий рассчитываются аналогично и сведены в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 - Расчетные нагрузки района

N п/п	Наименование	Площадь/ кол-во кв,	Этаж-ность	Руд, кВт/кв	cos ф	tgф	Кс. дв	Рм	N	Рс	N п	Кр	Рр	Qр	Sр
1	Частный дом	S=70 кв.м.	1	15,5	0,98	0,2	0	139,5	9	0,00	1	1	139,50	28,33	142,35
2	Магазин	S=150 кв.м.	1	0,14	0,96	0,29	0,8	21	1	1,20	1	1,03	22,87	6,67	23,82
3	Жилой дом	40	3	1,95	0,94	0,36	0,7	78	1	3,15	2	1,02	85,99	31,21	91,47
3а	Жилой дом	40	3	1,95	0,94	0,36	0,7	78	1	3,15	2	1,02	85,99	31,21	91,47
3б	Жилой дом	60	3	1,7	0,94	0,36	0,7	102	1	3,15	3	1,02	113,68	41,26	120,94
3в	Жилой дом	60	3	1,7	0,94	0,36	0,7	102	1	3,15	3	1,02	113,68	41,26	120,94
4	Гаражи и авто-стоянка	S=320 кв.м.	1	0,25	0,98	0,2	0	80	1	0,00	1	1	80,00	16,24	81,63
5	Кафе "Фиеста"	S=95 кв.м.	1	0,2	0,96	0,29	0,8	19	1	1,20	1	1,03	20,81	6,07	21,67
6	Детский сад №1	S=220 кв.м.	2	0,14	0,95	0,33	0,8	30,8	1	2,40	1	1,1	36,52	12,00	38,44
8	АЗС	S=250 кв.м.	1	0,3	0,92	0,43	0,95	75	1	1,43	1	1,2	91,71	39,07	99,68
9	Школа №1	S=350 кв.м.	2	0,14	0,95	0,33	0,8	49	1	2,40	1	1,1	56,54	18,58	59,52
13	Администра-ция	S=500 кв.м.	2	0,16	0,96	0,29	0,8	80	1	2,40	1	1,1	90,64	26,44	94,42
	Итого							854,30		23,63			937,91	298,34	986,35

Итого общая полная нагрузка микрорайона без учета освещения составила 986,35 кВА.

Расчет нагрузки района с учетом освещения.

Осветительная нагрузка зданий определяется по удельной мощности на единицу площади P_0, площади этажа помещения $F_{эт}(м^2)$ без учета освещения квартир(в случае расчета для многоэтажных жилых домов), которое входит в уже рассчитанную расчетную нагрузку, общей площади проходных помещении $F_{ОБЩ}(м^2)$(в случае расчета для потребителей, не относящихся к многоэтажным жилым домам) и коэффициенту спроса освещения $K_{со}$:

$$P_{осв} = P_{ОБЩ} * K_{со} * F \cdot 10^{-3} \quad (1.8)$$

Значения $K_{со}$ принимаются равным от 0,7 до 1,0 для внутреннего освещения и для освещения территории равным – 1,0 согласно [13].Освещение улиц в данном случае не учитывается, так как предполагается разработка автономной системы уличного освещения.

Мощность освещения суммируется с расчетной мощностью.

В данном проекте приняты светодиодные светильники.

$\cos\phi$ =0,75 для светодиодных светильников, согласно [16];

$tg\phi$ =0,88 (соответствует $\cos\phi$ =0,75).

Расчёт осветительной нагрузки сведён в таблицу 1.3, ниже представлен пример расчётов для этой таблицы.

Жилой дом №3: $F_{общ}$=14*3=42м^2,

Удельная осветительная нагрузка для жилых домов Руд=4,4 Вт/м^2,

Рро=Руд*$F_{ОБЩ}$* $K_{со}$ =4,4*42*0,9=0,166 кВт.

Qро=Рро*tgφ =0.166*0.88=0,146 кВт.

Полная нагрузка, включая осветительную нагрузку проходных помещений будет равна:

ΣP = Рр+Ро=85,99+0,166= 86,152 кВт,

ΣQ = Qр+Ро=6,67+0,146= 31,355 кВт,

Sро=$\sqrt{(Pp+Po)^2+(Qp+Qo)^2}=\sqrt{86,155^2+31,355^2}$ = 91,681 кВА.

Для наглядности и анализа размещения нагрузок по территории на генплане строится картограмма нагрузок.

Таблица 1.3- Расчет нагрузки поселка с учетом освещения

N п/п	Потребитель	F эт	F общ	Ро	Кс о	Рро	Qро	Рр	Sро
1	Частный дом	70	70	4,4	0,9	0,277	0,244	139,777	142,667
2	Магазин	150	150	3,8	0,8	0,456	0,401	23,322	24,370
3	Жилой дом	14	42	4,4	0,9	0,166	0,146	86,152	91,681
3а	Жилой дом	14	42	4,4	0,9	0,166	0,146	86,152	91,681
3б	Жилой дом	14	42	4,4	0,9	0,166	0,146	113,845	121,141
3в	Жилой дом	14	42	4,4	0,9	0,166	0,146	113,845	121,141
4	Гаражи и авто-стоянка	320	320	2,2	0,7	0,493	0,434	80,493	82,203
5	Кафе "Фиеста"	95	95	3,8	0,8	0,289	0,254	21,095	22,022
6	Детский сад №1	220	440	4,4	1	1,936	1,704	38,456	40,826
8	АЗС	250	250	3,6	0,7	0,630	0,554	92,340	100,482
9	Школа №1	350	700	4,4	1	3,080	2,710	59,620	63,309
13	Администра-ция	500	1000	4,4	0,9	3,960	3,485	94,600	99,219
	Территория		90745	0,1	1	9,075	7,986	9,075	12,088
	Итого					20,86		958,77	1012,83

Картограмма электрических нагрузок.

Картограмма электрических нагрузок представляет собой размещенные на генеральном плане окружности, площади которых в принятом масштабе равны расчетным нагрузкам потребителей. Каждому потребителю и участку соответствует окружность, центр которой совмещают с центром нагрузок здания, т.е. символической точкой потребления ими электроэнергии. Поэтому расположение подстанций вблизи питаемых ими нагрузок позволяет приблизить высокое напряжение к центру потребления электроэнергии и сократить протяженность, как сетей высокого напряжения района, так и электрических сетей низкого напряжения. Это приводит к уменьшению расхода

проводникового материала и снижению потерь электроэнергии в системе электроснабжения.

$$r = \sqrt{\frac{S_p}{\pi m}}, \tag{1.9}$$

где S_p – расчетная нагрузка потребителя, кВт;

m – масштаб (определяется методом подбора с условием лучшей наглядности и компоновки чертежа: окружности не должны пересекаться и не быть слишком мелкими).

Центр электрических нагрузок по району определяется для нахождения местоположения ТП. При соблюдении прочих условий, ТП желательно располагать как можно ближе к центру электрических нагрузок. Центры активных и реактивных нагрузок могут иметь разные точки. Для нахождения центра на генплане наносятся временные оси координат. Тогда координаты центра электрических нагрузок можно определить

$$x_0 = \frac{\sum_1^n (S_p x_i)}{\sum_1^n S_p}; \quad y_0 = \frac{\sum_1^n (S_p y_i)}{\sum_1^n S_p}. \tag{1.10}$$

Расчёты по нахождению ЦЭН сведены в таблицу 1.4. Пример расчёта представлен ниже:

Жилой дом №3:

Sp=91,681 кВА, принимаем m=0,5; тогда

$$R = \sqrt{\frac{91{,}618}{0{,}5*\pi}} = 7{,}64 \text{ м}.$$

Доля осветительной нагрузки составит

$\alpha = 360^o * (0{,}28/142{,}667) = 0{,}7^o$

Таблица 1.4- Картограмма нагрузок

№	Наименование ЭП	Xi,м	Yi,м	Sм,кВА	Sм*Xi,кВА	Sм*Yi,кВА	R,м	m	α	Soc,кВт
1	Частный дом	207,6	21,6	142,667	29617,7	3081,6	9,53	0,5	0,7	0,28
2	Магазин	756,2	205,4	24,370	18428,8	5005,6	3,94	0,5	6,7	0,46
3	Жилой дом	450,2	157,4	91,681	41274,7	14430,6	7,64	0,5	0,7	0,17
3а	Жилой дом	450,2	132,1	91,681	41274,7	12111,0	7,64	0,5	0,7	0,17
3б	Жилой дом	544,6	109,2	121,141	65973,6	13228,6	8,78	0,5	0,5	0,17
3в	Жилой дом	720,6	156,8	121,141	87294,5	18995,0	8,78	0,5	0,5	0,17
4	Гаражи и автостоянка	44,6	69,6	82,203	3666,2	5721,3	7,24	0,5	2,2	0,49
5	Кафе "Фиеста"	370,4	93,6	22,022	8156,9	2061,3	3,75	0,5	4,7	0,29
6	Детский сад №1	560,4	37,2	40,826	22878,8	1518,7	5,10	0,5	17,1	1,94
8	АЗС	776,5	50,4	100,482	78024,3	5064,3	8,00	0,5	2,3	0,63
9	Школа №1	470,2	39,6	63,309	29767,7	2507,0	6,35	0,5	17,5	3,08
13	Администрация	140,5	57,6	99,219	13940,3	5715,0	7,95	0,5	14,4	3,96
	Итого	6807,2	1725,7	1000,742	440298,264	89440,074				
Координаты ЦЭН		X0, м	Y0, м							
		436,8	130,8							

Исходя из таблицы 1.4, определяем координаты ЦЭН. Планируем расположение подстанций около данной точки для обеспечения минимальной длины кабельных линий и потерь напряжения.

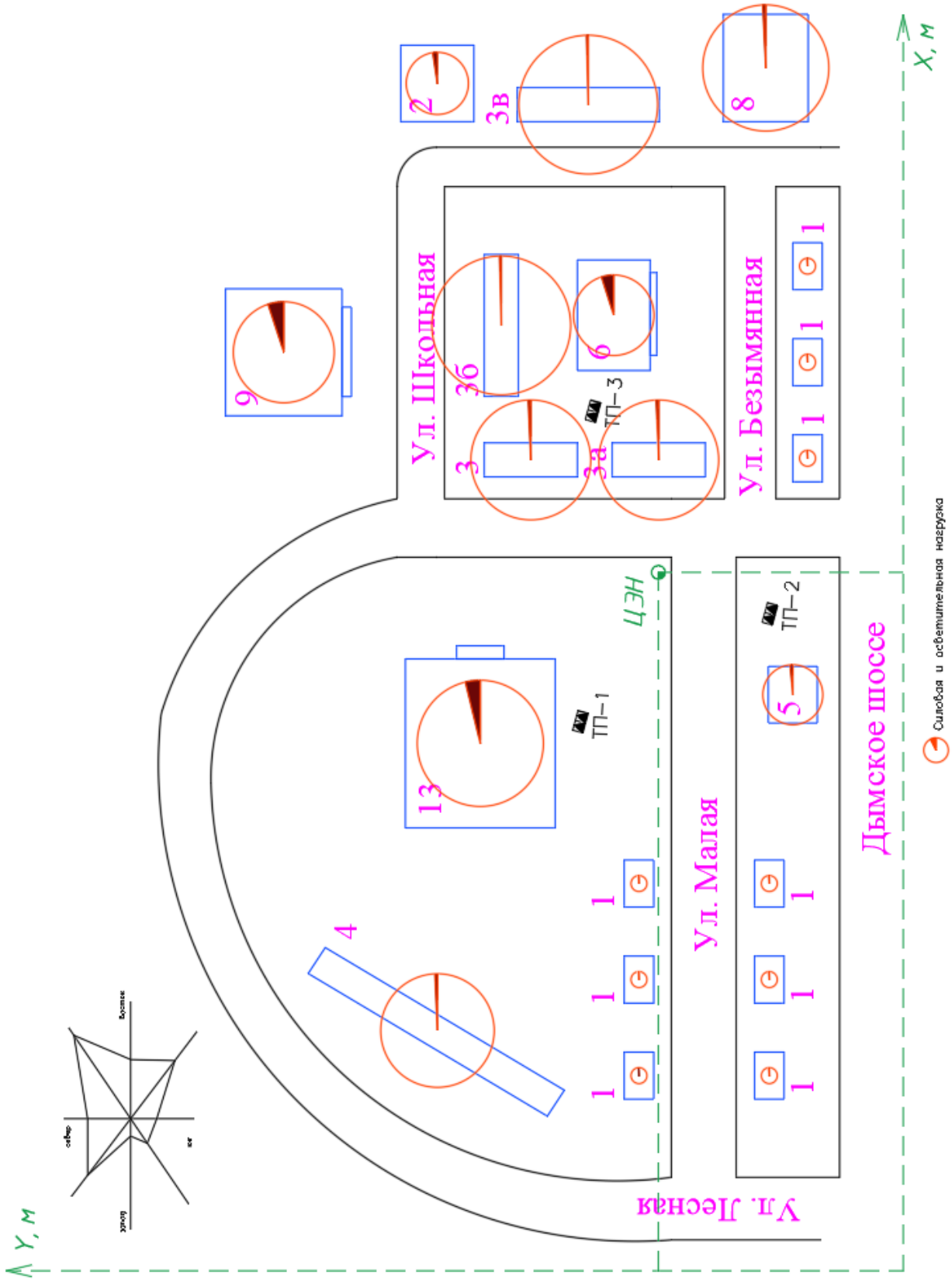

Рис.1.2- Картограмма нагрузок поселка

					ДП 35.02.08.00 00	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		

ь

1.3 Выбор величины питающего напряжения

Для выбора ступени стандартного напряжения питающей линии необходимо учитывать: расстояние передачи электроэнергии от системных центров питания (ЦП) до принятых ТП, величину передаваемой мощности, напряжения, которыми располагает ЦП, стоимость электроэнергии, а также напряжение, принятое для распределения электроэнергии между зданиями. Используя эти исходные данные, вопрос решается сравнением нескольких вариантов по приведенным затратам. Возможны два варианта выполнения:

1. Передача на напряжении 10 кВ по КЛ ;
2. Передача на напряжении 6 кВ по КЛ .

Получив мощность, которая будет передаваться и потребляться районом, находим сечение провода (или кабеля), по которому эта мощность будет передаваться от подстанции системы. Сечение провода находится через экономическую плотность сечения проводов.

Максимальный рабочий ток линии:

$$I_{MAX}=\frac{S_{пст}}{\sqrt{3}*U_{H}*n}, \quad (1.11)$$

где n – число цепей.

Экономическое сечение:

$$F_{ЭК}=I_{MAX}/J_{ЭК}, \quad (1.12)$$

где $J_{ЭК}=1.4$ – экономическая плотность тока, взятая из [12].

Полученное значение сечения округляют до ближайшего большего целого и проверяют превышает ли значение аварийного тока линии допустимый по нагреву ток этой линии.

$$I_{AB}=\frac{S_{пст}}{\sqrt{3}*U_{H}}, \quad (1.13)$$

Затем, для выбранных линий находятся потери напряжения

$$\Delta U = \frac{P \cdot R_0 \cdot L + Q \cdot X_0 \cdot L}{U^2} \cdot 100,$$

Потери мощности:

$$\Delta Рл=(Q^2+P^2)*R/U_Н, кВт \quad (1.15)$$

Потери электроэнергии:

$$\Delta Э_л= \Delta Рл*\tau, кВт*ч/год \quad (1.16)$$

где τ - время максимальных потерь, которое находится по формуле:

$$\tau =(0,124+Тмах*10^{-4})^2*8760, ч/год, \quad (1.17)$$

где Тмах - время использования максимальной нагрузки, для жилищных районов $Т_{мах}$ =3500 ч/год.

$\tau =(0,124+3500*10^{-4})^2*8760=2000$ ч/год.

Активное сопротивление находится по формуле:

$$R=r*L/n, Ом \quad (1.18)$$

где L – длина трассы линии.

n – число цепей.

Реактивное сопротивление находится по формуле:

$$X=x*L/n, Ом \quad (1.19)$$

1.4 Надежность электроснабжения потребителей

Согласно исходным данным на территории поселка находятся потребители III категории надежности электроснабжения. Кроме того, с учетом перспективы развития поселка, возможно присоединение новых электроприемников.

1.5 Выбор напряжения системы электроснабжения

Выбор класса напряжения сети НН обусловлен требованиями к классу напряжения потребителей. Согласно исходным данным, на рассчитываемом объекте все потребители требует запитки напряжением 0,4 кВ. Потребители,

высокого напряжения отсутствуют. Следовательно, принимаем класс напряжения сети НН 0,4 кВ. Таким образом, на ТП-1, ТП-2, ТП-3 принимаются трансформаторы 10/0,4 кВ. Передача электроэнергии к поселку производится от ПС 27 энергосистемы по КЛ-10 кВ до подстанций микрорайона ТП-3 и ТП-1. Далее происходит понижение напряжения до 0,4 кВ и производится распределение электроэнергии по конечным потребителям.

1.6 Выбор схемы распределения сети напряжения 10кВ

С учетом вышесказанного в пункте 1.4, принимаем кольцевую схему для сети питания ТП 10 кВ и двухцепную кабельную линию 10 кВ, питающую микрорайон. Потребители 0,4 кВ запитываются по одноцепным и двухцепным линиям.

Кольцевая схема (рис 1.3) обеспечивает наибольшую экономию кабельного материала ввиду наименьшей протяженности кабельных линий. Обеспечивается также достаточная надежность, так как при отключении одной из питающих линий 10 кВ ПС 27- ТП-3 или ПС 27- ТП-1 все подстанции могут быть запитаны от действующей линии.

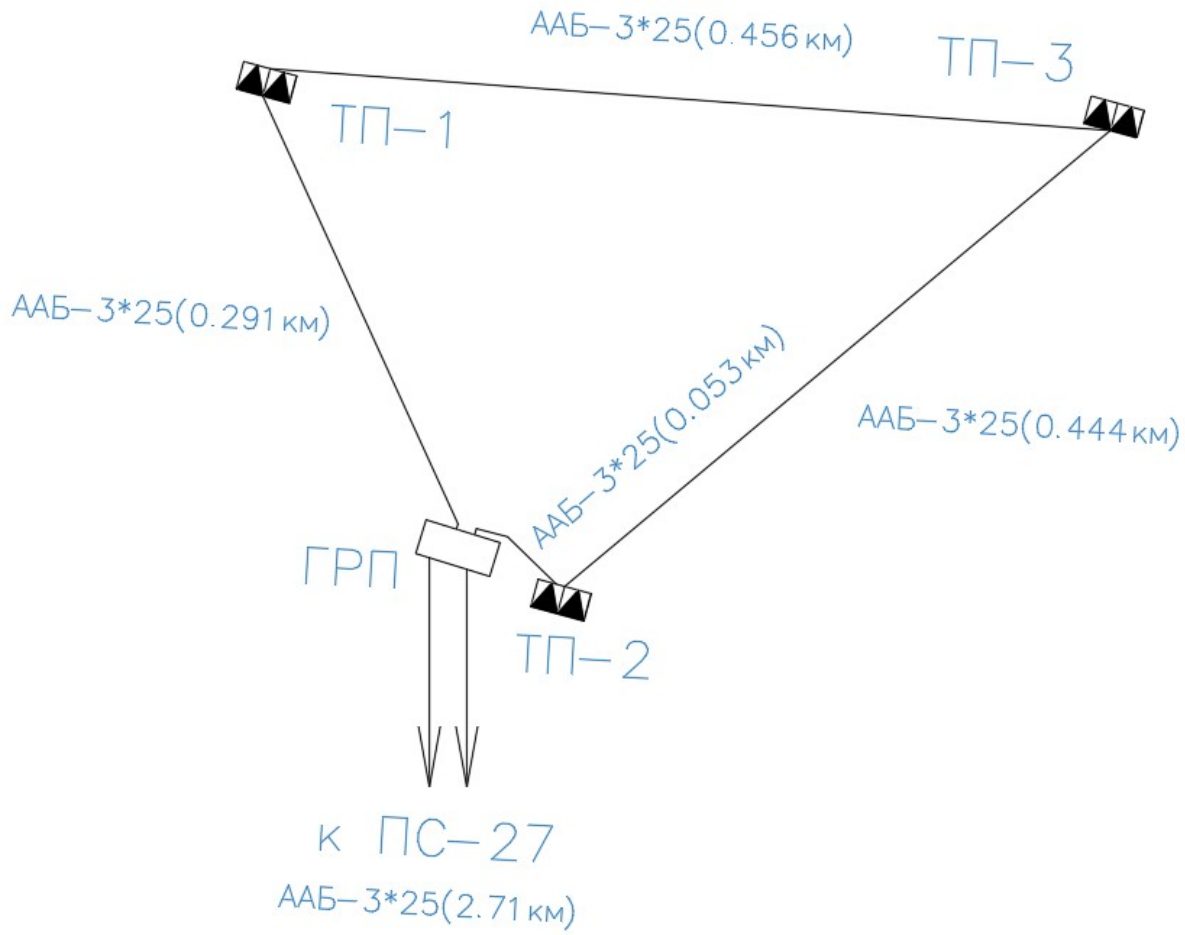

Рис.1.3 – Схема внешнего электроснабжения района

1.7 Выбор схемы распределительной сети низкого напряжения

Схема распределения сети 0,4 кВ выбирается согласно следующим основным критериям:

1) Подстанции микрорайона должны располагаться как можно ближе к центру электрических нагрузок. В то же время их расположение должно гармонично вписывать в инфраструктуру микрорайона и должно обеспечиваться оптимальное расположение по отношению к потребителям 0,4 кВ. Взаимная геометрия расположения подстанций также должна обеспечивать минимальную длину КЛ 10 кВ;

2) Должна обеспечивать требуемая надежность электроснабжения со-

гласно ПУЭ;

3) Необходимо обеспечить наименьшую протяженность КЛ 0,4 кВ с целью экономии кабельной продукции и строительно-монтажных работ. Также это обеспечит экономию электроэнергии в дальнейшем.

Внутреннее электроснабжение выполняется кабельными линиями 0,4 кВ для многоквартирных домов и других потребителей, и кабельными линиями 10 кВ для передачи электроэнергии между подстанциями. Кабельные линии выполняются кабелем ААБ, проложенным в траншеях.

Максимальный рабочий ток линии:

$$I_Р=\frac{S_{пст}}{\sqrt{3}*U_Н*n}, \quad (1.24)$$

где n – число кабелей

Экономическое сечение $F_{ЭК}=I_{МАХ}/J_{ЭК}$, где $J_{ЭК}=1,4$ – экономическая плотность тока для кабелей, взятая из [12], проложенных кабелей. Полученное значение сечения округляют до ближайшего большего целого и проверяют превышает ли значение аварийного тока линии $I_{АВ}$ допустимый по нагреву ток этой линии.

$$I_{АВ}=\frac{S_{пст}}{\sqrt{3}*U_Н}, \quad (1.25)$$

Затем, для выбранных линий находятся потери напряжения

$$\Delta Uл=(RP+QX)/Uн, \quad (1.26)$$

Потери мощности и электроэнергии:

$$\Delta Pл=(Q^2+P^2)*R/U^2_Н, \quad (1.27)$$

Потери электроэнергии:

$$\Delta Э_Л= \Delta Pл*\tau, \quad (1.28)$$

где τ - время максимальных потерь.

Сопротивление линии находится по удельному сопротивлению провода(кабеля):

$$R=r*L/n,\ X=x*L/n, \quad (1.29)$$

где L – длина трассы линии.

Электроприемники подключаются с помощью распределительных пунктов (РП). Результаты вычислений сведены в таблицу 1.7. Рассмотрим пример расчётов участка сети ТП-1—РП4 (Гаражи и автостоянка):

Для данного потребителя Sм=82,2 кВА (из таблицы 1.3), число цепей n=1, как для потребителя третьей категории, напряжение питающей линии U=0,4 кВ. По данному кабелю протекает ток равный

Iмах=(Sм)/($\sqrt{3}$*U*n)=(82,2)/$\sqrt{3}$*1*0,4= 118,65 А.

Принимаем кабель ААБ 4*35. Допустимый ток для данного кабеля равен 135 А [12].

Сопротивление линии:

$R=0,89*10^{-3}*$ 231= 0,206 Ом,

Индуктивным сопротивлением для сети 0,4 кВ пренебрегаем.

Потери мощности в кабеле:

$\Delta P=(Q^2+P^2)*R/U^2_н=(16,678^2+80,493^2)*0,206/0,4^2=8,682$ кВт,

Тогда потери энергии:

$\Delta Эл=\Delta Рл*\tau=0,076*2000=17365,31$ кВт*ч/год.

Остальные линии рассчитываются аналогично, результаты сведены в таблицу 1.7,

Схема внутреннего электроснабжения представлена на рис.1.4.

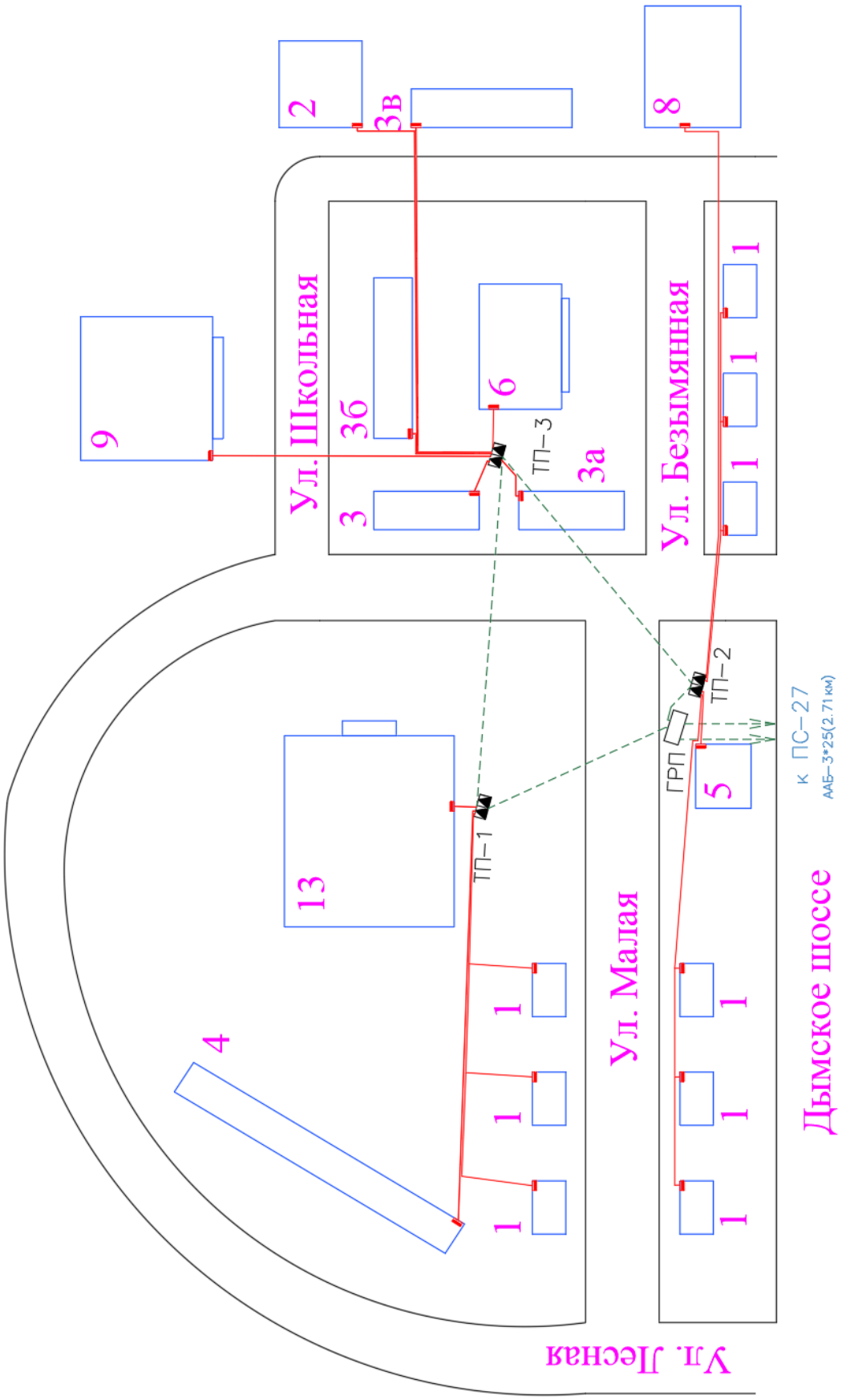

Рис.1.4 –Схема внутреннего электроснабжения

Таблица 1.7- Расчет схемы внутреннего электроснабжения

Участок	N	Sм, кВА	Iр,А	Fст, мм^2	Iдоп, А	ro, Ом/км	L, м	R,Ом	Куд, т.руб/км	Кл, т.руб	ΔЭкл, кВт*ч /год	ΔU,%	Икл, т.р./год	Зпотл, т.р./год
ТП1--1	1	47,70	68,85	16	90	1,94	233,0	0,452	366,6	85,42	12855,96	0,783	5,381	39,853
ТП1--4	1	82,20	118,65	35	135	0,89	231,0	0,206	622,2	143,73	17365,31	0,586	9,055	53,832
ТП1--13	2	96,64	69,75	16	90	1,94	13,0	0,013	366,6	4,77	1472,25	0,013	0,300	4,564
ТП2--1	1	95,40	137,70	50	165	0,62	250,0	0,155	725,7	181,43	17633,50	0,161	11,430	54,664
ТП2--5	1	22,02	31,79	6	40	4,25	30,0	0,128	185,6	5,57	772,91	0,133	0,351	2,396
ТП2--8	2	100,48	72,52	16	90	1,94	230,0	0,223	366,6	84,32	28156,99	0,232	5,312	87,287
ТП3--3	1	91,68	132,33	35	135	0,89	20,0	0,018	622,2	12,44	1870,19	0,055	0,784	5,798
ТП3--3а	1	91,68	132,33	35	135	0,89	25,0	0,022	622,2	15,56	2337,74	0,040	0,980	7,247
ТП3--3б	1	121,14	174,85	70	200	0,44	56,0	0,025	842,3	47,17	4550,79	0,300	2,972	14,107
ТП3--3в	1	121,14	174,85	70	200	0,44	223,0	0,099	842,3	187,83	18121,90	0,389	11,833	56,178
ТП3--6	2	40,83	29,46	6	40	4,25	22,0	0,047	185,6	4,08	974,01	0,900	0,257	3,019
ТП3--2	1	24,37	35,18	6	40	4,25	256,0	1,088	185,6	47,51	8077,15	2,244	2,993	25,039
ТП3--9	2	63,31	45,69	10	60	3,1	155,0	0,240	254,5	39,45	12036,49	0,000	2,485	37,313

В таблице 1.7 рассчитаны сечения кабелей внутренней схемы электроснабжения и произведена проверка по допустимой потере напряжения. По результатам, все линии проходят проверку.

2. СХЕМЫ И КОНСТРУКЦИИ ТП

Вопрос выбора числа и мощности устанавливаемых трансформаторов на них, выбора напряжения и компенсирующих устройств очень важен для эффективного, безопасного и надежного электроснабжения потребителей.

Для ТП с числом трансформаторов 1-2 определяется оптимальная мощность трансформаторов.

$$S_0 = \frac{S_P}{\beta N}; \quad (2.1)$$

где β - коэффициент загрузки трансформатора

N - количество трансформаторов;

S_P – расчетная нагрузка потребителя.

Для предварительного выбора мощности ТП принимаем значение β для двухтрансформаторных подстанций 0,7 [12]. Наибольшая реактивная мощность Q_1 которая может быть передана со стороны 6…10 кВ в сеть до 1000 В без увеличения принятого числа трансформаторов *N*, определяется

$$Q_1 = \sqrt{\left(N\beta S_{HT}\right)^2 - P_p^2}, \quad (2.2)$$

Из расчета электрических нагрузок известна величина реактивной мощности в сети 380 В Q_p, тогда мощность, подлежащая распределению по сети 380 В, определяется

$$Q_{0,4} = Q_p - Q_1 \quad (2.3)$$

Далее уточняется некомпенсированная реактивная мощность на стороне 0,4 кВ

$$Q_{HH} = Q_p - Q_{БК} \quad (2.4)$$

В нашем случае компенсация реактивной мощности не требуется, поэтому расчетная мощность трансформаторов остается неизменной (Sp=Sркомп.; $Q_{НН}=Q_p$). По данным расчетов составляется таблица 2.1. Пример выбора трансформаторов ТП-1:

Суммарные активные и реактивные нагрузки всех электроприемников Pp=219,2 кВт, Qp=45,9 кВар, таким образом полная нагрузка ТП-1:

$Sp=\sqrt{(219,2)^2+(45,9)^2}$=223,96 кВА.

Коэффициент загрузки для трансформатора двухтрансформаторной подстанции β=0,7, следовательно, мощность трансформаторов ТП должна быть:

Sр.т=223,96/(0,7*2)=159,97 кВА.

Выбираю трансформатор ТМ-160/10.

$Q1=\sqrt{(2*0.7*160)^2-219,2^2}=46,06$ квар.

$Q_к$=45,9-46,06 = - 0,18 квар.

Так как расчетное значение $Q_к$ отрицательно, то компенсация на стороне 10 кВ не требуется. Коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме работы

Кз=Sр/(n* Sном.т)=223,96/(2*160)=0,7≥0,55 [7],

что соответствует условию рационального выбора трансформаторов.

Тогда коэффициент аварийной перегрузки

Кп=Sр/Sном.т=223,96/160=1,39. Коэффициент Кп не должен превышать 1,4.

Таблица 2.1- Выбор трансформаторов

№ТП	В тр	n	Рр, кВт	Qр, квар	Sр, кВА	Sр.т, кВА	S.т, кВА	Q1, квар	Q0,4, квар	Sр.к., кВА	Кз	Кп
ТП-1	0,7	2	219,2	45,9	223,96	159,97	160	46,06	-0,18	223,96	0,7	1,39
ТП-2	0,7	2	206,6	45,9	211,67	151,19	160	86,51	-40,57	211,67	0,66	1,32
ТП-3	0,7	2	521,4	187,6	554,11	395,80	400	204,33	-16,73	554,11	0,69	1,39

Компенсация реактивной мощности на стороне 0,4 кВ.

На рассчитываемом районе, как уже говорилось, основной нагрузкой являются эл.печи и лампы накаливания, поэтому средний коэффициент мощности, в целом для района, равен 0,98. Такому коэффициенту мощности соответствует tgφ, равный 0,20, нормативным же является 0,33.

Значение компенсации реактивной мощности до нормативной величины составляет

$$tg(\varphi)_{комп.} = tg(\varphi)_{реал.} - tg(\varphi)_{норм}, \qquad (2.5)$$

где $tg(\varphi)_{комп.}$ – тангенс угла φ, который соответствует компенсируемой реак-

тивной мощности.

$tg(\varphi)_{реал.}$ – тангенс угла φ, который соответствует реактивной мощности, протекающей в сети до компенсации.

$tg(\varphi)_{норм}$ – нормативный тангенс угла φ.

По полученному тангенсу определяем реактивную мощность, которую необходимо компенсировать.

$$Q_{комп.} = P_р * tg(\varphi)_{комп.}, \quad (2.6)$$

где $P_р$ – расчётная активная мощность вводного распределительного устройства, кВт.

Суммируя полученные значения по потребителям, определяем итоговую реактивную мощность, подлежащую компенсации. Расчеты занесем в таблицу 2.2.

Таблица 2.2- Расчет компенсации реактивной мощности на стороне 0,4 кВ

N п/п	Наименование электроприемника	Pc, кВт	Qc, квар	Sc, кВА	tgф	tgф комп	Qкомп.р., кВА
1	Частный дом	139,78	28,57	142,67	0,203	-0,13	-17,74
2	Магазин	23,32	7,07	24,37	0,292	-0,04	-0,89
3	Жилой дом	86,15	31,36	91,68	0,363	0,03	2,84
3а	Жилой дом	86,15	31,36	91,68	0,363	0,03	2,84
3б	Жилой дом	113,85	41,41	121,14	0,363	0,03	3,75
3в	Жилой дом	113,85	41,41	121,14	0,363	0,03	3,75
4	Гаражи и автостоянка	80,49	16,68	82,20	0,203	-0,13	-10,22
5	Кафе "Фиеста"	21,09	6,32	22,02	0,292	-0,04	-0,81
6	Детский сад №1	38,46	13,71	40,83	0,329	0,00	-0,05
8	АЗС	92,34	39,62	100,48	0,426	0,10	8,86
9	Школа №1	59,62	21,29	63,31	0,329	0,00	-0,08
13	Администрация	92,13	29,20	96,64	0,292	-0,04	-3,53
	Итого	956,30	315,98	1010,26	0	-0,33	-315,58

Из проведенных расчетов видно, что компенсация реактивной мощности не требуется, так как суммарное расчетное значение отрицательное.

Выбираем подстанции серии КТПН с ячейками КСО как современный, доступный по цене, удобный для монтажа, энергоэффективный и электробезопасный вариант.

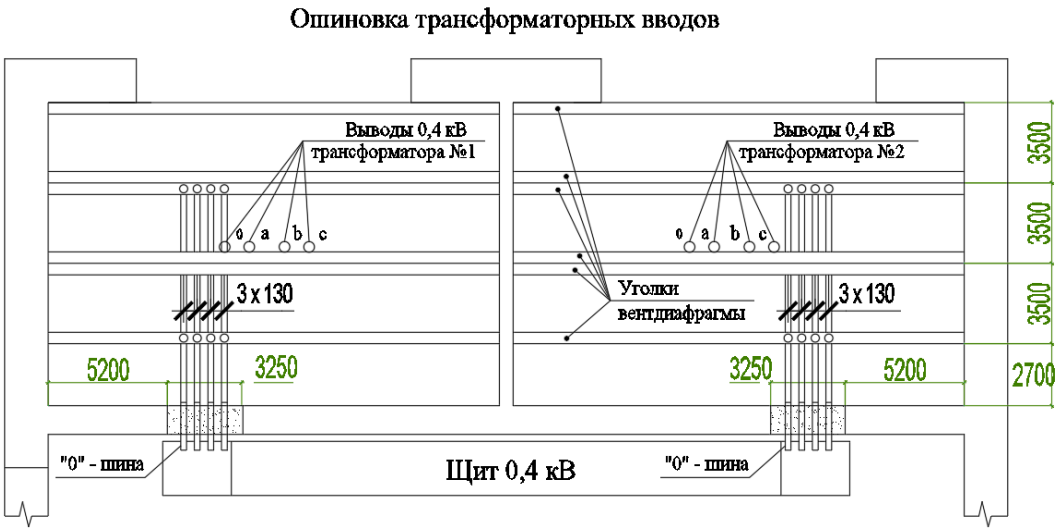

Рис. 2.1- Ошиновка трансформаторных вводов ТП-3

На рисунке 2.1 показана ошиновка трансформаторных вводов подстанции ТП-3. На рисунке 2.2 показана компоновка ТП-3 серии КТПН.

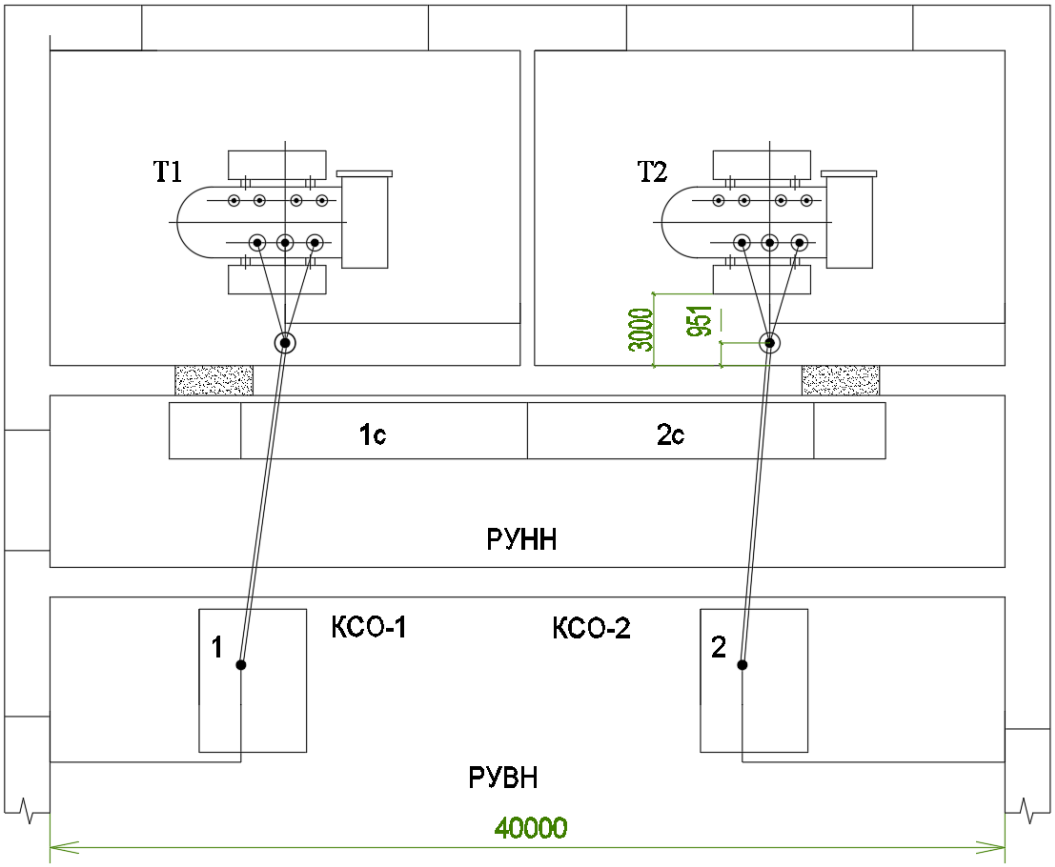

Рис. 2.2- Компоновка ТП-3 серии КТПН

3. РАСЧЕТ ТОКОВ КЗ.

Исходными для расчета являются принятый вариант схемы электроснабжения, выбранные к установке трансформаторы ТП, провода и кабели. Составляется эквивалентная схема замещения, куда вносятся только элементы сети, значимо влияющие на величину токов короткого замыкания, наносятся точки КЗ. Приводим расчетную схему к виду последовательно соединенных сопротивлений. После этого раздельно складываем активные и индуктивные сопротивления до точки короткого замыкания. Полное сопротивление находится

$$z = \sqrt{\left(\Sigma \overset{o}{r}\right)^2 + \left(\Sigma \overset{o}{x}\right)^2} \qquad (3.1)$$

На рис. 3.1 представлена схема замещения сети при для разных вычисляемых токов КЗ.

Следует иметь в виду, что короткозамкнутая цепь находится под различными номинальными напряжениями. В величины $\Sigma \overset{o}{r}$ и $\Sigma \overset{o}{x}$ входят приведенные значения сопротивлений.

Приведенное сопротивление будет

$$\overset{o}{x} = x\left(\frac{U_б}{U_н}\right)^2 \qquad (3.2)$$

где x – действительное сопротивление участка;

$U_б$ – среднее напряжение в точке кз (базисное);

$U_н$ – номинальное напряжение приводимого участка.

Для трансформатора

$$\overset{o}{x}_т = \frac{U_к\%}{100} \cdot \frac{U_б^2}{S_{нт}}; \qquad (3.3)$$

Приведенное сопротивление электрических линий определяется

$$\overset{o}{x}_л = x_0 l \cdot \left(\frac{U_б}{U_{ну}}\right)^2, \qquad (3.4)$$

где x_0 – удельное сопротивление провода, Ом/км; l – длина линии, км;

$U_{нл}$ – номинальное напряжение приводимого участка (линии).

Действующее значение периодической слагающей тока кз за первый период: (сверхпереходный ток):

¿ ¿ . (3.5)

Действующее значение полного тока кз за первый период (с учетом апериодической составляющей)

$$I_y = I^{}\} \sqrt{\{1+2 \left(\kappa_y - 1 \right)^{2}\}} \} \} \

$$\kappa_y = 1 + e^{-\frac{0,01}{Ta}}, \quad (3.7)$$

где *Та* – постоянная времени затухания апериодической слагающей тока кз.

$$\text{Та} = \sum R / 314 \sum X \quad (3.8)$$

В таблицы 3.1 и 3.2 сведены все расчёты по нахождению параметров элементов сети. Данные приведены к базисному напряжению 0,4 кВ.

Таблица 3.1- Приведенные сопротивления линий

Участок	n	L,м	R'(0,4),мОм	X'(0,4),мОм
ТП1--1	1	233,0	452,02	113,01
ТП1--4	1	231,0	205,59	51,40
ТП1--13	2	13,0	12,61	3,15
ТП2--1	1	250,0	155,00	38,75
ТП2--5	1	30,0	127,50	31,88
ТП2--8	2	230,0	223,10	55,78
ТП3--3	1	20,0	17,80	4,45
ТП3--3а	1	25,0	22,25	5,56
ТП3--3б	1	56,0	24,81	6,20
ТП3--3в	1	223,0	98,79	24,70
ТП3--6	2	22,0	46,75	11,69
ТП3--2	1	256,0	1088,00	272,00
ТП3--9	2	155,0	240,25	60,06

Таблица 3.2- Приведенные сопротивления трансформаторов

Место	Марка	Рк, Вт	Uкз,%	Sр, кВА	R'(10),мОм	X'(10), мОм	R'(0,4), мОм	X'(0,4),Ом
ТП-1	ТМ-160/10	2600	4,5	223,96	1,625	28,125	0,0026	0,045
ТП-2	ТМ-160/10	2600	4,5	211,67	1,625	28,125	0,0026	0,045
ТП-3	ТМ-400/10	5500	4,5	554,11	1,375	11,25	0,0022	0,018

В таблицу 3.3 сведены результаты расчётов токов КЗ. Переходное сопротивление в местах присоединения низковольтных проводов учитывалось добавкой активного сопротивления равной 15 мОм.

В качестве примера рассчитаем участок ТП-1--4:

R’(0.4)=205,59 (мОм), X’(0.4)=51,4 (мОм) – из расчета внутренней схемы электроснабжения.

С учетом переходного сопротивления 15 (мОм) для активного и 5 (мОм) для реактивного:

R_{Σ}=205,59+15= 220,59 (мОм),

X_{Σ}=51,4+5=56,4 (мОм),

$$z=\sqrt{(220,59)^2+(56,4)^2}=227,69(мОм)$$



¿ ¿

Ta=$\sum R/314\sum X$=227,69/(314*56,4)=0,0125

$$к_y=1+e^{-\frac{0,01}{Ta}}=1+e^{-\frac{0,01}{0.0125}}=1,45$$

I_y=I} } sqrt {1+2 left (к rSub { size 8{y} } - 1 right) rSup { size 8{2} } ={}} 1,014 sqrt {1+2 left (1,45 - 1 right) rSup { size 8{2} } ={}} 1,20 \(ital кA \) } {¿¿¿

$$I(2)_{кз}=I_y*\sqrt{3}/2=1,20*\sqrt{3}/2=1,04(кA)$$

Токи на остальных участках рассчитываются аналогично(табл. 3.3).

Таблица 3.3- Расчет токов КЗ

место КЗ	Zсум, мОм	Rсум, мОм	Xсум, мОм	I'', кА	Ta	Ку	Iy, кА	I(2)кз, кА
ТП1--1	481,70	467,02	118,01	0,479	0,0126	1,45	0,57	0,49
ТП1--4	227,69	220,59	56,40	1,014	0,0125	1,45	1,20	1,04
ТП1--13	28,79	27,61	8,15	8,022	0,0108	1,40	9,19	7,96
ТП2--1	175,54	170,00	43,75	1,316	0,0124	1,45	1,56	1,35
ТП2--5	147,19	142,50	36,88	1,569	0,0123	1,44	1,85	1,60
ТП2--8	245,73	238,10	60,78	0,940	0,0125	1,45	1,11	0,96
ТП3--3	34,13	32,80	9,45	6,766	0,0111	1,40	7,80	6,75
ТП3--3а	38,72	37,25	10,56	5,965	0,0112	1,41	6,90	5,97
ТП3--3б	41,35	39,81	11,20	5,585	0,0113	1,41	6,47	5,60
ТП3--3в	117,60	113,79	29,70	1,964	0,0122	1,44	2,31	2,00
ТП3--6	63,97	61,75	16,69	3,611	0,0118	1,43	4,22	3,66

ТП3--2	1137,25	1103,00	277,00	0,203	0,0127	1,45	0,24	0,21
ТП3--9	263,41	255,25	65,06	0,877	0,0125	1,45	1,04	0,90

В данной главе рассчитаны токи короткого замыкания, что необходимо для выбора и проверки оборудования.

4. ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ ТП

На основании проведенных расчетов необходимо выбрать электрооборудование проектируемой подстанции, которое должно проходить проверку по допустимым параметрам.

4.1 Выбор и проверка шин 10 кВ.

Так как сборные шины электроустановок и ошиновка в пределах открытых и закрытых распределительных устройств любых напряжений не выбираются по экономической плотности тока, то принимаем сечение по допустимому току при максимальной нагрузке на шинах, равной току наиболее мощного присоединения. На стороне 10 кВ наиболее мощным присоединением является присоединение питающей линии, отсюда рассчитаем максимальный рабочий ток шин 10 кВ

$$I_{норм} = \frac{S_{ном}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot ¿ U_{ном}}, A ¿ \quad (4.1)$$

$$I_{норм} = \frac{1012,83}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 29,161\, A$$

В режиме аварийной нагрузки:

$$I_{ав} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot ¿ U_{ном}}, A ¿ \quad (4.2)$$

$$I_{ав} = \frac{1012,83}{\sqrt{3} \cdot 10} = 58,322\, A$$

Сравним три возможных варианта исполнения гибких шин 10 кВ.

Таблица 4.1- Выбор провода для гибких шин

Марка провода	$I_{ав}$, А	$I_{доп}$, А	r_0, Ом/км
АС-25/4,2	58,322	142	1,146
А-25	58,322	135	1,199
АЖ-25	58,322	138	1,177

Как видно из таблицы 4.1 провод АС-25/4,2 подходит по длительно допустимому току. Кроме того он прочнее механически и имеет меньшее удельное

сопротивление, следовательно потери электроэнергии будут также меньше.

Проверка проводников на термическую стойкость при КЗ заключается в определении их температуры нагрева к моменту отключения КЗ и сравнении этой температуры с предельно допустимой температурой нагрева при КЗ. Проводник удовлетворяет условию термической стойкости, если температура нагрева проводника к моменту отключения КЗ $\upsilon_к$ не превышает предельно допустимую температуру нагрева соответствующего проводника при КЗ $\upsilon_{кдоп}$, т. е. если выполняется условие:

$$\upsilon_к \leq \upsilon_{кдоп} \tag{4.3}$$

Выбор целесообразно вести в следующей последовательности:

– выбирается справочная кривая, соответствующая материалу проверяемого проводника и по ней находится значение $A_{\upsilon_Н}$, соответствующее начальной температуре проводника. В качестве этой температуры используется значение продолжительно допустимой температуры нагрева данного проводника, приводимое в справочной литературы [11, 12]. Например, для проводов и окрашенных шин неизолированных такая температура составляет 70 °С;

– определяется значение интеграла Джоуля при расчётных условиях КЗ. Рассматривается неравенство:

$$t_{откл} \geq 3 \cdot T_{аэ}; \tag{4.4}$$

где $t_{откл}$ – расчётная продолжительность КЗ, определяется:

$$t_{откл} = t_{рз} + t_в; \tag{4.5}$$

где $t_{рз}$ – время работы релейной защиты в данной части схемы. Согласно [12] используется время действия основной релейной защиты элемента, принимается по данным задания;

$t_в$ – полное время отключения выключателя, принимается по паспортным данным выбранного типа выключателя;

$T_{аэ}$ – электромагнитная постоянная времени затухания апериодической со-

ставляющей тока КЗ, связанная с ударным коэффициентом соотношением:

$$K_у = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}}; \quad (4.6)$$

соответственно для $K_у$=1,82; $T_{аэ}$=0,012

В случае выполнения соотношения интеграл Джоуля определяется по упрощенному уравнению:

$$B_{Ki} = I^2_{Ki} \cdot (t_{откл} + T_{аэ}); \quad (4.7)$$

где I_{Ki} – периодическая составляющая тока КЗ в рассматриваемой точке схемы; в противном случаи:

$$B_{Ki} = I^2_{Ki} \cdot \left[t_{откл} + T_{аэ} \cdot (1 - e^{\frac{2 t_{откл}}{T_{аэ}}}) \right]. \quad (4.8)$$

– находится значение величины $A_{υк}$, соответствующее конечной температуре нагрева проводника:

$$A_{υк} = A_{υн} + \frac{B_K}{S^2}; \quad (4.9)$$

где S – площадь поперечного сечения проводника, выбранная по рабочему току, а для сталеалюминевых проводов – площадь поперечного сечения алюминиевой части провода;

– по найденному значению $A_{υк}$ с помощью выбранной кривой определяется $υ_к$ и сравнивается с предельно допустимой $υ_{кдоп}$. Величины предельно допустимых температур нагрева проводников при КЗ приведены в [11, 12, 13]. Например, для алюминиевой части сталеалюминевых проводов эта величина составляет $υ_{кдоп}$ =200 °С.

В данном случае

$t_{рз}$=0,06 с для напряжения 10 кВ

$t_в$=0,025 с для выключателя ВВЭ-10-630

$t_{откл}$=0,06+0,025=0,085 с≥3×0,012

Условие выполняется, находим интеграл Джоуля по упрощенному уравнению:

$$B_{Ki} = I^2_{Ki} \cdot (t_{откл} + T_{аэ}) \quad (4.10)$$

$B_к = 8{,}022^2 \cdot (0{,}085 + 0{,}012) = 3{,}821 \cdot 10^6$ А^2/с

$A_{VK} = 0{,}53 \cdot 70^o + 3{,}821 \cdot 10^6 / 25^2 = 37{,}1 + 120{,}61 = 157{,}71$ С$^o \leq 200$ С^o

Таким образом, сечение АС-25/4,2 термически устойчиво

В итоге принимаем сечение гибких шин АС-25/4,2

Выбор и проверка жестких шин 10 кВ.

Принимаем алюминиевые шины прямоугольного сечения 30×4 мм

В данном случае

$t_{рз} = 0{,}06$ с для напряжения 10 кВ

$t_в = 0{,}025$ с для выключателя ВВЭ-10-630

$t_{откл} = 0{,}06 + 0{,}025 = 0{,}085$ с$\geq 3 \times 0{,}012$

$A_{VK} = 0{,}53 \cdot 70^o + 8{,}022 \cdot 10^6 / 45^2 = 37{,}1 + 100{,}38 = 137{,}48$ С$^o \leq 200$ С^o

Сечение 30×4 мм термически устойчиво.

В итоге принимаем сечение жестких шин 30×4 мм.

4.2 Выбор и проверка выключателей.

Выбор высоковольтных выключателей производится:

- по конструктивному исполнению и месту установки;
- по номинальному напряжению

$U_{ном} \geq U_{раб}$, кВ;

- по номинальному току:

$I_{ном} \geq I_{раб}$, кВ.

Выбранный выключатель проверяется

- по отключающей способности

$$I_{ном.откл} \geq I_к, \text{ кА} \quad (4.11)$$

где $I_{ном.откл}$ – номинальный ток отключения выключателя по каталогу, кА;

$I_к$ – ток трехфазного КЗ, кА.

- по ударному току КЗ

$$i_{пр.с} \geq i_у, \text{ кА} \quad (4.12)$$

где $i_{пр.с}$ – амплитудное значение предельного сквозного тока КЗ по каталогу, кА;

$i_у$ – ударный ток КЗ, кА;

- на термическую стойкость

$$I^2_т t_т \geq B_к, \text{ кА}^2\cdot\text{с} \quad (4.13)$$

$I_т$ – предельный ток термической стойкости по каталогу, кА;

$t_т$ – время протекания тока термической стойкости по каталогу, с;

$B_к$ – тепловой импульс тока КЗ, определяемый по формуле

$$B_к = I^2_к \cdot (t_{откл} + T_а), \text{ кА}^2\cdot\text{с}, \quad (4.14)$$

где $t_{откл}$ – время отключения КЗ, определяется по формуле

$$t_{откл} = t_{р.з.} + t_{откл.В}, \text{ с} \quad (4.15)$$

где $t_{р.з.}$ – время срабатывания релейной защиты, с;

$t_{откл.В}$ – собственное время отключения выключателя;

$T_а$ – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ, $T_а$ = 0,05 с

В таблице 4.2 представлена сравнительная техническая характеристика вакуумного выключателя ВВЭ-10; элегазового выключателя LF-1 фирмы Scheider Electric и вакуумного выключателя ВВ/TEL–10.

Таблица 4.2 - Сравнительная техническая характеристика выключателя ВВЭ-10; LF-1 и выключателя ВВ/TEL – 10

Сравнительные величины	ВВЭ-10	LF-1	ВВ/TEL – 10/630
Номинальное напряжение, В	10000	10000	10000
Наибольшее рабочее напряжение, В	12000	12000	12000
Номинальный ток, А	630	630	630
Номинальный ток отключения, кА	20,000	25,000	20,000
Сквозной ток короткого замыкания, кА:			
– наибольший пик	51,000	52,000	51,000
– начальное действующее значение периодической составляющей, кА	20,000	20,000	20,000

Время отключения полное, с, не более	0,025	0,080	0,035
Время отключения собственное, с	0,015	0,070	0,025
Время включения полное, с, не более	0,070	0,065	0,080
Коммутационный ресурс от числа отключений номинальных токов, тысяч	200,000	50,000	100,000
Механический ресурс, число циклов включений – отключений	100000,000	50000,000	100000,000
Удельная отключающая способность	11,000	6,200	11,000
Масса, кг	35	124	55
Срок службы до списания, лет	25	25	25

Следует отдать предпочтение вакуумным выключателям серии ВВЭ-10.

Таблица 4.3- Проверка выключателей ВВЭ-10

Каталожные данные	Расчетные данные
$U_{ном}$ = 10 кВ	$U_{уст}$ = 10 кВ
$I_{ном}$ = 630 А	$I_{р.макс}$ = 583,22 А
$I_{н.откл.}$ = 20,0 кА	$I_{п(0)}$ = 8,022 кА
$I^2_{тер} \cdot t_{тер} = 20,0^2 \cdot 3 = 1200$ кА^2·с	$B_К = 8,022^2 \cdot 3 = 193,057$ кА^2·с
$i_{дин}$ = 20,0 кА	$i_у$ = 9,19 кА

Выбор и проверка автоматических выключателей 0,4 кВ

Необходимо выбрать автоматические выключатели на вводах в РУНН, межсекционный выключатель и фидерные выключатели.

На вводах в РУНН и межсекционный выключатель:

Выбираем автоматические выключатели серии ВА-52-39 на номинальный ток 630 А.

Таблица 4.4- Проверка автоматических выключателей 0,4 кВ на вводах в РУНН и межсекционного выключателя

Каталожные данные	Расчетные данные
$U_{ном}$ = 0,4 кВ	$U_{уст}$ = 0,4 кВ
$I_{ном}$ = 630 А	$I_{макс}$ = 577,367 А

Фидерные выключатели:

Выбираем автоматические выключатели серии ВА-52-39 на номинальный ток 630 А.

Таблица 4.5- Проверка автоматических выключателей 0,4 кВ на фидерах

Каталожные данные	Расчетные данные
$U_{ном}$ = 0,4 кВ	$U_{уст}$ = 0,4 кВ
$I_{ном}$ = 630 А	$I_{макс}$ = 577,367 А

Выбранные выключатели 0,4кВ серии ВА-52-39 проходят проверку.

4.3 Выбор и проверка разъединителей

На стороне 10 кВ устанавливаем разъединители РВ-10-600.

Разъединители должны отвечать следующим требованиям:

- по номинальному напряжению установки $U_{н.апп} \geq U_{н.уст.}$
- по максимальному рабочему току $I_{н.апп} \geq I_{раб.max.}$
- проверка на термическую стойкость $I^2_{тер.} \times t_{тер.} \geq B_K$
- проверка на динамическую стойкость $i_{дин} \geq i_y$.

Таблица 4.6 - Проверка разъединителей РВ-10-600

Каталожные данные	Расчетные данные
$U_{ном}$ = 10 кВ	$U_{уст}$ = 10 кВ
$I_{ном}$ = 600 А	$I_{р.max}$ = 58,322 А
$I^2_{тер} \cdot t_{тер} = 40^2 \cdot 3 = 4800$ кА^2·с	$B_K = 8,022^2 \cdot 3 = 193,057$ кА^2·с
$i_{дин}$ = 50 кА	i_y = 9,19 кА

Установленные разъединители проходят проверку по всем параметрам.

4.4 Выбор и проверка трансформаторов тока

Сравним три возможных варианта исполнения трансформаторов тока 10 кВ.

Таблица 4.7- Сравнительная техническая характеристика трансформаторов тока

Сравнительные величины	ТОЛ-10-М	ТПЛ-10	ТПЛ-10-М
Номинальное напряжение, кВ	10	10	10
Кратность трехсекундного тока термической стойкости, при номинальном первичном токе, А:	45	45	50
Кратность тока электродинамической стойкости, при номинальном первичном токе, А:	110	150	200
Класс точности вторичной обмотки для измерений	0,5	0,5	0,5
Масса, кг	17,0	14,0	14,0

Принимаем трансформаторы тока ТПЛ-10-М-100. Это модернизированные трансформаторы серии ТПЛ-10, имеют улучшенные показатели и более высокий класс точности. На стороне 0,4 кВ принимаем трансформаторы тока ТШЛ-0,66-600.

Трансформаторы тока должны отвечать следующим требованиям:

по номинальному напряжению установки $U_{н.апп} \geq U_{н.уст.}$

–

– по максимальному рабочему току $I_{1н} \geq I_{раб.max.}$

По классу точности

– по вторичной нагрузке $Z_н \geq Z_{2\Sigma}$

– расчетная проверка по кривым предельной кратности (полная погрешность ≤ 10 %) проверка на термическую стойкость согласно [26]

$$(к_{тер.} \cdot I_{1н.})^2 \cdot t_{тер.} \geq B_К \quad (4.16)$$

где $к_{тер.}$ – кратность термической стойкости,

$I_{1н}$ – номинальный ток первичной обмотки, кА.

Проверка на динамическую стойкость $i_{дин.} \geq i_у$.

$$i_{дин.} = к_{эд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{1н.} \geq i_{у} \quad (4.17)$$

где $к_{эд}$ – кратность динамической стойкости.

Проверка трансформаторов тока 10 кВ;

Проверка по номинальному напряжению

$U_{н.апп} = 10$ кВ $\geq U_{н.уст.} = 10$ кВ.

Проверка по максимальному рабочему току

$I_{1н} = 100$ А $> I_{раб.max} = 58{,}322$ А.

Проверка трансформаторов тока 0,4 кВ;

Проверка по номинальному напряжению

$U_{н.апп} = 0{,}66$ кВ $\geq U_{н.уст.} = 0{,}4$ кВ.

Проверка по максимальному рабочему току

$I_{1н} = 600$ А $> I_{раб.max} = 577{,}367$ А.

ТТ имеет две вторичных обмотки с классами точности 0,5/10Р. Обмотка класса точности 0,5 предназначена для подключения приборов измерения, а обмотка класса 10Р предназначена для подключения устройств защиты.

Производим проверку на термическую стойкость

$к_{тер.} = 60$, $t_{тер.} = 3$ с.

$(к_{тер.} \cdot I_{1н})^2 \cdot t_{тер.} = (60 \cdot 0{,}1)^2 \cdot 3 = 108$ кА^{2}с $> B_к = 1{,}3^2 \cdot 3 = 5$ кА$^2 \cdot$ с

Производим проверку на динамическую стойкость

$к_{эд} = 75$,

$i_{дин} = к_{эд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{1н} = 75 \cdot \sqrt{2} \cdot 0{,}1 = 10{,}6$ кА $> i_у = 3{,}4$ кА.

Производим проверку по вторичной нагрузке, которая определяется из следующего выражения (для схемы полной звезды)

$$Z_{2\Sigma} = Z_{приб.} + Z_{пров.} + Z_{конт.} \quad (4.18)$$

где $Z_{приб.}$ – суммарное сопротивление последовательно включенных приборов, Ом;

$Z_{пров.}$ – сопротивление соединительных проводов, Ом;

$$Z_{пров.} = \frac{l_{пров.} \cdot \rho}{s_{пров.}}, \quad (4.19)$$

где $l_{пров}$ – длина соединительных проводов, м;

ρ – удельное сопротивление соединительных проводов, для медных проводов 0,0175 Ом·мм^2/м ;

$S_{пров}$ – сечение соединительных проводов, мм^2.

$Z_{конт.}$ – суммарное сопротивление контактных соединений, которое можно принять равным 0,1 Ом.

$$Z_{приб.} = \frac{S_{приб.}}{I^2_{н,приб.}}, \quad (4.20)$$

где $S_{приб.}$, $I_{н.приб.}$ – соответственно потребляемая мощность, В·А, и номинальный ток прибора, А, соответственно.

Вторичная обмотка ТТ, с классом точности 10Р, задействована в схеме многофункционального устройства РЗА. $S_{приб}$ = 1 В·А. Вычисляем сопротивление устройства:

$$Z_{приб.} = \frac{1}{5^2} = 0{,}04 \text{ Ом}.$$

Принимаем длину соединительных проводов 4 м. Выбираем контрольный кабель КВВГнг с жилами сечением 4мм^2. Рассчитываем $Z_{пров.}$

$$Z_{пров.} = \frac{4 \cdot 0{,}0175}{4} = 0{,}018 \text{ Ом}$$

$$Z_{2\Sigma} = 0{,}04 + 0{,}018 + 0{,}1 = 0{,}158 \text{ Ом}.$$

Производим проверку по кривым предельной кратности из [6]. Кратность первичного тока по отношению к номинальному не должна превышать 24 при $Z_{2\Sigma}$ = 0,158 Ом. Полная погрешность ТТ будет до 10%.

Проверка вторичной обмотки с классом точности 0,5 (цепи измерения электрической энергии) по $Z_{2\Sigma}$ производиться аналогично.

4.5 Выбор и проверка трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения должны отвечать следующим требованиям:

- по номинальному напряжению установки $U_{ном} \geq U_{уст}$
- по конструкции и соединению обмоток.
- по классу точности.
- по вторичной нагрузке $S_{ном} \geq S_{2\Sigma}$.

Принимаем трансформаторы напряжения НАМИ-10-95.

Производим проверку по вторичной нагрузке ТН, для чего составляем таблицу 4.8. В таблице указано количество и типы измерительных приборов подключенных к трансформатору напряжения.

Таблица 4.8- Нагрузка трансформаторов напряжения 10 кВ

Приборы	Тип	Кол-во, шт.	Число катушек	$S_{кат.}$, ВА	Общая потребляемая мощность S_{Σ}, ВА
Вольтметр	Ц33-М1	4	1	1	4
Ваттметр	Ц301-1	2	2	0,5	2
Варметр	Ц301-1	2	2	0,5	2
Реле напряжения	РН-54	3	1	1	3
Счетчик	ЕвроАльфа	8	2	2	32
Итого:					0

Проверка трансформаторов напряжения 10 кВ

Проверка по номинальному напряжению

$U_{н.апп.} = 10$ кВ $\geq U_{н.уст.} = 10$ кВ.

Соединение обмоток соответствуют требованиям для устройств защит и измерений. Класс точности не ниже 0,5.

Номинальная мощность ТН типа НАМИ-10 в классе точности 0,5 равна 200 ВА, что больше суммарной мощности всех приборов.

4.6 Выбор и проверка устройств защиты от перенапряжений

Сравним три возможных варианта исполнения ограничителей перенапряжения 10 кВ(табл. 4.9).

Таблица 4.9 - Сравнительная техническая характеристика ограничителей перенапряжения 10 кВ

Сравнительные величины	ОПН-10-М	ОПН-10	ОПН-10-Л
Номинальное напряжение , кВ	10	10	10
Импульсное пробивное напряжение при предразрядном времени от 2 до 20 мкс, кВ, не более	51	38	38
Ток утечки, мкА	3,5	4	4
Длина пути утечки внешней изоляции, см, не менее	30	30	30
Масса, кг	0,91	0,98	0,84
Полный срок службы, лет	25	25	25

Для защиты силового трансформатора со стороны 10 кВ и трансформатора напряжения 10 кВ установим ограничитель перенапряжения типа ОПН-10-М. ОПН должны отвечать следующим требованиям:

– по номинальному напряжению установки $U_{ном.} \geq U_{н.уст.}$

– проверка на термическую стойкость $I^2_{mep.} \cdot t_{mep.} \geq B_K$

Результаты проверки ОПН сведем в таблицу 4.10.

Таблица 4.10- Проверка ОПН 10 кВ

Каталожные данные	Расчетные данные
$U_{ном}$ = 10 кВ	$U_{уст}$ = 10 кВ

$I^2_{тер} \cdot t_{тер} = 40^2 \cdot 3 = 4800$ кА^2·с	$B_К = 8{,}022^2 \cdot 3 = 193{,}057$ кА^2·с

Выбор аппаратов защиты.

В качестве аппаратов защиты линий 0,4 кВ принимаем автоматические выключатели серии ВА. Пример выбора для линии ТП1 - 1:

Максимальный рабочий ток линии 68,85 А. Принимаем выключатель марки ВА-51-37 на номинальный ток 80 А, характеристика С. Ток уставки электромагнитного расцепителя 1,08 кА.

Таблица 4.11- Выбор аппаратов защиты

Место	Автомат-тич выкл	Iр, А	Iр ав. max, А	I'', кА	Iу, кА	I(2)кз, кА	Та	Тип автомата	Iр, А	Iэ.р., кА
ТП1--1	QF1	68,85	68,85	0,48	0,57	0,49	0,0126	ВА-51-37	80	1,08
ТП1--4	QF2	293,50	293,50	1,01	1,20	1,04	0,0125	ВА-51-39	320	4,32
ТП1--13	QF3	174,85	174,85	8,02	9,19	7,96	0,0108	ВА-51-39	250	3,38
ТП2--1	QF4	29,46	29,46	1,32	1,56	1,35	0,0124	ВА-51-35	32	0,43
ТП2--5	QF5	277,19	277,19	1,57	1,85	1,60	0,0123	ВА-51-39	320	4,32
ТП2--8	QF6	137,70	137,70	0,94	1,11	0,96	0,0125	ВА-51-37	160	2,16
ТП3--3	QF7	309,15	309,15	6,77	7,80	6,75	0,0111	ВА-51-39	320	1,35
ТП3--3а	QF8	176,82	176,82	5,96	6,90	5,97	0,0112	ВА-51-39	250	3,38
ТП3--3б	QF9	145,03	145,03	5,58	6,47	5,60	0,0113	ВА-51-37	160	2,16
ТП3--3в	QF10	153,59	307,18	1,96	2,31	2,00	0,0122	ВА-51-39	320	4,32
ТП3--6	QF11	174,85	174,85	3,61	4,22	3,66	0,0118	ВА-51-39	250	3,38
ТП3--2	QF12	94,10	94,10	0,20	0,24	0,21	0,0127	ВА-51-37	100	1,35
ТП3--9	QF13	58,93	58,93	0,88	1,04	0,90	0,0125	ВА-51-35	63	0,85

ь

4.8 Расчет заземления подстанций

Намечаю расположение вертикальных электродов в четыре ряда. Вертикальный заземлитель выполняю из угловой стали 50×50мм длиной 3 м и толщиной полок 6 мм. Планируем совмещенное ЗУ для высокого и низкого напряжений. За расчетное сопротивление принимаем наименьшее допустимое сопротивление со стороны 0,4 кВ $R_з$=4 Ом, согласно ПУЭ. Рассчитываем сопротивление искусственного ЗУ согласно [16]:

$$R_u=R_e \cdot R_з/(R_e-R_з), \text{ Ом} \quad (4.21)$$

где R_e - сопротивление естественного заземлителя, Ом

$R_з$ - наименьшее допустимое сопротивление со стороны 0,4 кВ

R_u= 10 · 4/(10-4)=6,67 (Ом)

Корректируем удельное сопротивление ρ грунта вертикальных и горизонтальных электродов умножением на коэффициент сезонности $K_с$:

$$\rho_{рв} = \rho \cdot K_{св}, \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (4.22)$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, Ом×м

$K_{св}$ - коэффициент сезонности для вертикальных электродов

$\rho_{рв}$ =100 · 1,7=170 (Ом · м)

Аналогично для горизонтальных электродов:

$$\rho_{рг} = \rho \cdot K_{сг}, \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (4.23)$$

$\rho_{рг} = \rho \cdot K_{сг}$ =100 · 4,5=450 (Ом · м)

Определяем сопротивление растеканию одиночного заземлителя:

$$R_{овэ}=\rho_{рв}\left(\ln\left(2l/d\right)+0{,}5\cdot\ln\left(\left(4t+l\right)/\left(4t-l\right)\right)\right)/2\pi l, \text{ Ом} \quad (4.24)$$

где *l*- длина вертикальных электродов, м;

t- расстояние от поверхности до центра вертикального электрода, м.

$$R_{овэ}=\rho_{рв}\left(\ln\left(2l/d\right)+0{,}5\cdot\ln\left(\left(4t+l\right)/\left(4t-l\right)\right)\right)/2\pi l=170\cdot\left(\ln\left(2\cdot3/0{,}025\right)=\right.$$
$$\left.¿170\cdot\left(\ln\left(2\cdot2{,}5/0{,}025\right)+0{,}5\cdot\ln\left(\left(4\cdot1{,}95+3\right)/\left(4\cdot1{,}95-3\right)\right)\right)/6{,}28\cdot3=60{,}962\left(Ом\right).\right.$$

Определяем сопротивление растеканию горизонтальных электродов $R_{гэ}$ с учетом экранирования $K_{игэ}$:

$$R_{гэ}=\rho_{рг}\left(\ln\left(l^2/d\cdot t\right)\right)/2\pi l, \text{ Ом} \quad (4.25)$$

где *l*- длина горизонтальных электродов, м;

t- расстояние от поверхности до центра горизонтального электрода, м;

$$R_{гэ}=\rho_{рг}\left(\ln\left(l^2/d\cdot t\right)\right)/2\pi l=450\left(\ln\left(72^2/0,025\cdot 0,7\right)\right)/6,28\cdot 72=30,05\left(Ом\right)$$

d=0,5×b=0,5×0,05=0,025 м (для полосы шириной b).

$$R_{ргэ}=R_{гэ}/K_{игэ}, \text{ Ом} \quad (4.26)$$

где $K_{игэ}$- коэффициент горизонтальных электродов.

$$R_{ргэ}=R_{гэ}/K_{игэ}=30,05/0,39=77,051\left(Ом\right)$$

Уточняем необходимое сопротивление вертикальных электродов $R_{вэ}$ с учетом проводимости горизонтального заземлителя.

$$R_{вэ}=R_{ргэ}\cdot R_u/\left(R_{ргэ}-R_u\right)=77,051\cdot 6,67/\left(77,051-6,67\right)=7,302\left(Ом\right) \quad (4.27)$$

$$R_{вэ}=R_{ргэ}\cdot R_u/\left(R_{ргэ}-R_u\right)=77,051\cdot 6,67/\left(77,051-6,67\right)=7,302\left(Ом\right)$$

Окончательное число вертикальных электродов при уточненном коэффициенте использования $K_{ивэ}$.

$$N_1=R_{овэ}/\left(K_{ивэ}\cdot R_{вэ}\right)=60,962/\left(0,61\cdot 7,302\right)=13,68 \quad (4.28)$$

$$N_1=R_{овэ}/\left(K_{ивэ}\cdot R_{вэ}\right)=60,962/\left(0,61\cdot 7,302\right)=13,68$$

Окончательно принимаем число вертикальных электродов, округляя результат в большую сторону N_1'=14 шт.

В итоге общее сопротивление заземлителя составит

$$R_з=R_{гэ}*R_{вэ}/\left(R_{гэ}+R_{вэ}\right)*N/N_1^{'} \quad (4.29)$$

$$R_з=30,05*7,302/\left(30,05+7,302\right)*13,65/14=3,909\left(Ом\right)$$

В итоге схема заземления ТП показана на рис. 4.2. Сопротивление спроектированного контура заземления составит 3,909 Ом, что меньше максимально допустимого значения 4 Ом согласно ПУЭ.

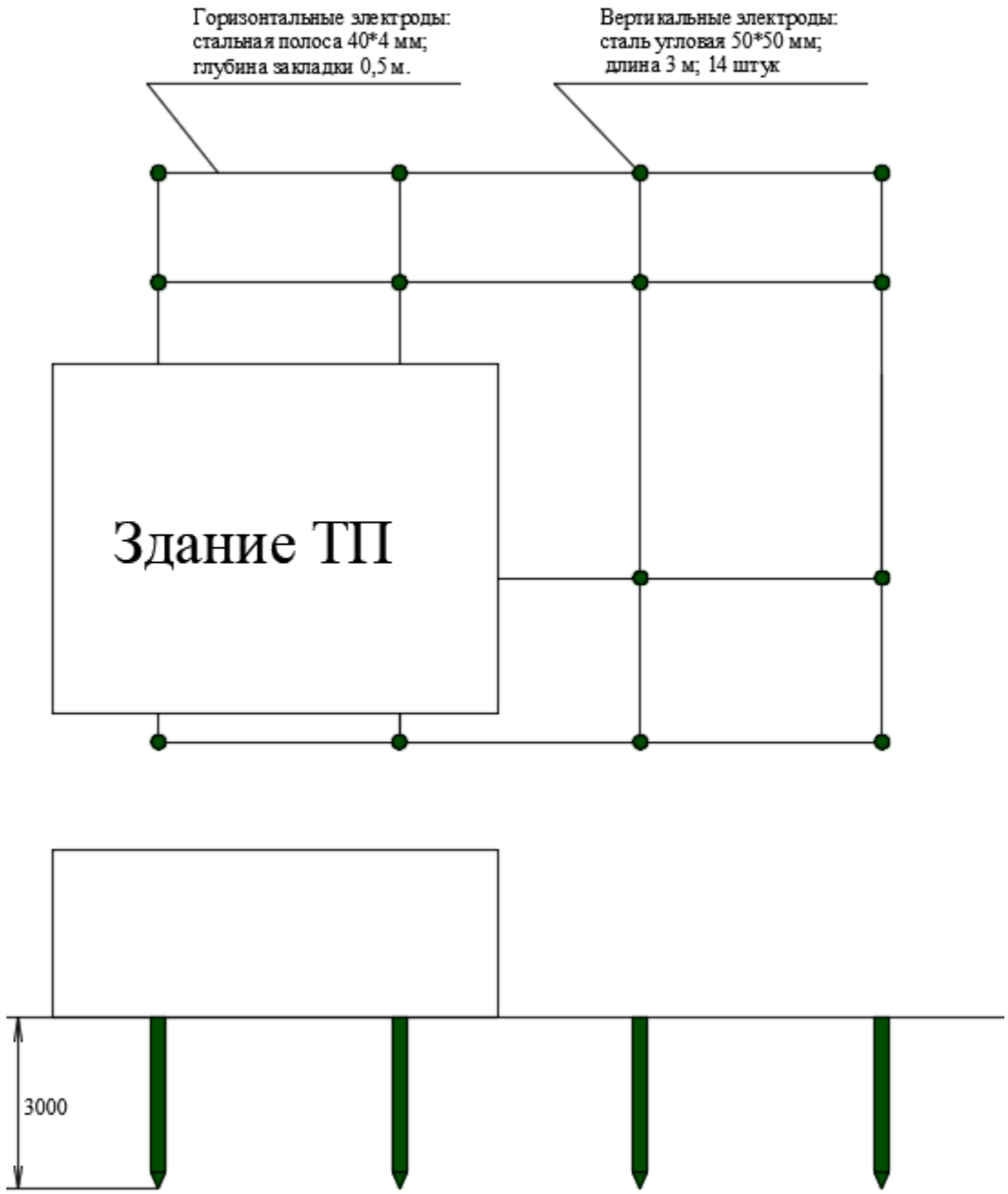

Рис. 4.2 - Схема заземления подстанций

В итоге выполняем контур заземления из 14 вертикальных заземлителей из угловой стали 50×50мм длиной 3 м и толщиной полок 6 мм, соединенных стальной полосой 40*4 мм на глубине 0,5 м.

5. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ АВТОНОМНОГО УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Расчет уличного освещения производим исходя из следующих данных. Освещаемые дороги в населенном пункте имеют асфальтобетонное покрытие и ширину проезжей части 5-6 метров. Суммарная длина таких дорог в населенном пункте L=3,75 км.

В качестве источников света принимаем комплект уличных светодиодных светильников Feron SP2925.

Светодиодные уличные светильники Feron SP2925 применяются для освещения дорог с любой интенсивностью движения, улиц, парковок, скверов, парков, дворов, промышленных территорий и прочих открытых площадок. Благодаря высокой пылевлагозащищенности и надежному драйверу светильник не боится непогоды и скачков напряжения во время грозы, а матовый рассеиватель из оптического поликарбоната обеспечит комфортный свет без слепящего эффекта. Корпус, выполненный из литого под давлением алюминия, гарантирует качественный теплоотвод, и как следствие, длительный срок службы.

Мощность: 30 Вт

Световой поток: 3150 Лм

Угол освещения: 140°*30°

Цветовая температура: 6400 К (холодный белый свет)

Индекс цветопередачи (Ra): >70

Входное напряжение: 220 В

Степень защиты от влаги и пыли: IP65

Размеры: 360*150*47 мм

Срок службы: 30000 часов

Принимаем удельную мощность уличного освещения равной 0,31 Вт/м (для светодиодных светильников класса энергоэффективности А++) [1].

Итого, расчетная мощность системы освещения:

$P_{уо} = 0,31 \cdot 3750 = 1162,5$ Вт

Мощность светодиодного модуля одного светильника составляет 40 Вт. Расчетное число светильников составит:

$N = P_{уо} / P_{св} = 1162,5/30 = 38,75$ шт

Принимаем к установке число светильников N = 39 шт. Светильники располагаем на опорах, исходя из условий оптимального освещения улиц.

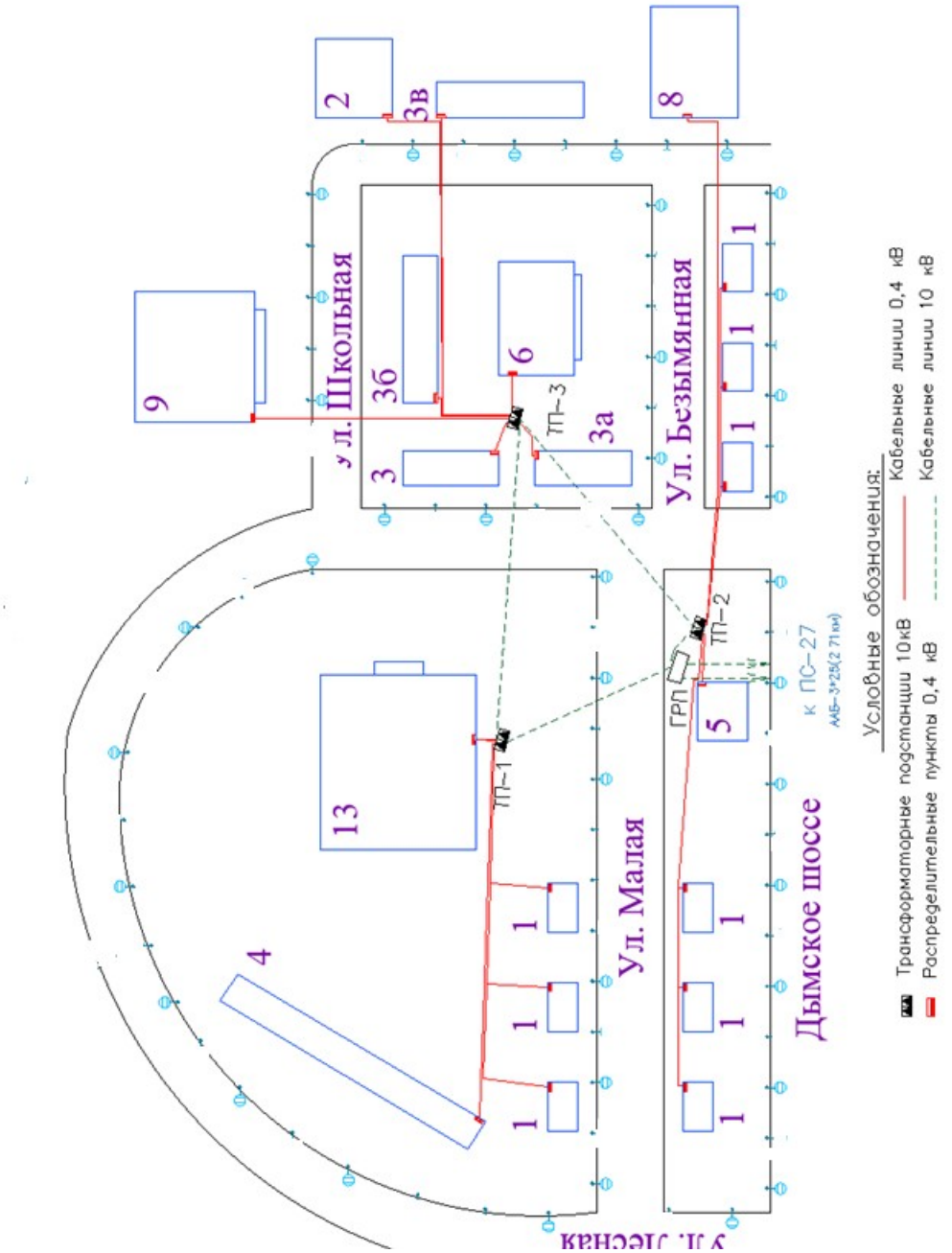

Рисунок 5.2- Схема системы электроснабжения поселка и расположения светильников уличного освещения

6.ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

6.1.Расчет капитальных вложений на реконструкцию

Капитальные вложения (КВ) [22]:

$$КВ = Ц + М + ПН + Нр ,$$

где Ц – цена оборудования, руб.;

М – затраты на монтаж 15 % от цены, руб.;

ПН – затраты на пуско-наладочные работы, 12 % от цены;

Нр – накладные расходы, составляют 8-10 % от суммы затрат по вводу объекта в эксплуатацию. [22]

Данные по стоимости оборудования принимаем на основании действующих прейскурантов цен на 2019 год.

Данные расчёта капитальных вложений по выбранной аппаратуре сводим в таблицу.

Таблица 6.1 – *Расчёт капитальных вложений*

Наименование	**Ед. изм.**	**Кол-во**	**Стоимость**	**Сумма**
Светодиодные уличные светильники Feron SP2925	шт.	39	2404 руб.	93756 руб.
Трансформатор силовой ТМ-400-10/0,4	шт.	2	212152 руб.	424304 руб.
Вакуумный выключатель 10 кВ ВВЭ 10-630	шт.	5	160000 руб.	800000 руб.
Разъединитель 10кВ РВ-10/600	шт.	7	29000 руб.	203000 руб.
Трансформатор тока 10 кВ ТПЛ-10-М	шт.	3	30000 руб.	90000 руб.
Трансформатор тока 0,4 кВ ТШЛ-0,66	шт.	17	18000 руб.	306000 руб.
Трансформатор напряжения 10 кВ НАМИ 10-95	шт.	2	40000 руб.	80000 руб.
Предохранитель 10 кВ ПК-10	шт.	2	1000 руб.	2000 руб.
Ограничитель напряже-	шт.	4	1650 руб.	6600 руб.

ния 10 кВ ОПН-10-М				
Автоматический выключатель 0,4 ВА-52-39	шт.	17	4000 руб.	68000 руб.
Автоматический выключатель 0,4 ВА-51-25	шт.	4	1000 руб.	4000 руб.
Кабель ААБ-3*25	м	4244	350 руб.	1485400 руб.
Общая стоимость оборудования:				3563060 руб.
Затраты на монтаж 20%				712612 руб.
Затраты на пуско-наладочные работы, 12%				427567,2 руб.
Накладные расходы, 8 %				285044,8 руб.
Капитальные вложения:				4988254 руб.

7. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА.

Охрана труда – это система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно профилактические, реабилитационные и иные мероприятия (ст. 209 Трудового кодекса РФ).

Охрана труда может рассматриваться в трех аспектах:

1. Охрана труда институт трудового права.
2. Охрана труда как элемент трудового правоотношения.
3. Охрана труда как субъективное право работника.

Как институт трудового права охрана труда – это совокупность правовых норм, направленных на обеспечение безопасных и здоровых условий труда работников.

Как элемент трудового правоотношения охрана труда представляет собой встречные (корреспондирующие друг с другом) права и обязанности работника и работодателя (администрации) по соблюдению требований безопасности труда, безопасной эксплуатации техники и безопасного осуществления технологических процессов.

В качестве субъективного права работников охрана труда состоит в законодательном закреплении такого положения работников, при котором им должны

быть обеспечены безопасные и здоровые условия труда. Это право реализуется в конкретных трудовых правоотношениях. Субъективное право каждого работника – право на безопасные и здоровые условия груда при осуществлении той трудовой функции, которую он обязался выполнять по трудовому договору.

В трудовом праве принято понимать охрану труда в широком смысле как всю совокупность норм законодательства о труде, направленных на охрану и защиту трудовых прав работников, их положения в сфере труда.

Основная задача охраны труда – профилактика и предотвращение производственного травматизма, профессиональных заболеваний и минимизация социальных последствий. Другими словами, основная задача охраны труда заключается в том, чтобы обеспечить па каждом рабочем месте социально приемлемый риск.

7.1.Безопасность технологических процессов.

На безопасность технологических процессов непосредственно воздействуют безопасность производственного оборудования, обеспеченность средствами коллективной и индивидуальной защиты, организация лечебно-профилактического обслуживания, эффективность обучения работающих охране труда, нормализация санитарно-гигиенических условий труда и т.д., которые сами являются объектами управления или реализации задач управления охраной труда на предприятии. Из всех влияющих на безопасность технологического процесса факторов можно выделить такие, которые непосредственно связаны с физической сущностью, содержанием технологического процесса, с применяемым для его реализации оборудованием. Определению этих факторов, степени их опасности и вредности, борьбе с их проявлением, определению мер защиты от воздействия этих факторов на работающих должно постоянно уделяться внимание на всех стадиях разработки и эксплуатации технологического процесса.

На стадии «исследование» безопасность технологического процесса должна рассматриваться и обеспечиваться при проведении теоретических исследований, определении физико-химических основ, выборе методов, исходных и

технологических материалов, разработке лабораторного оборудования, исследовании технологических режимов и т.д.

На стадии «проектирование» безопасность технологических процессов должна обеспечиваться при разработке оборудования, обработке технологических режимов, разработке комплекта технологической документации и т.д.

На этих двух стадиях обеспечение безопасности можно осуществлять наиболее эффективно, так как здесь предоставляется полная возможность осуществлять борьбу с вредными и опасными факторами непосредственно в источнике их возникновения.

На стадии «опытной проверки» (эксплуатации) безопасность технологических процессов обеспечивается в процессе проверки и корректировки технологических методов, приемов, режимов обработки, устранения недостатков конструкций оборудования, внесения изменений в технологическую документацию. На этой стадии должны окончательно определяться методы борьбы с проявлением опасных и вредных производственных факторов как в самом технологическом процессе, так и в оборудовании, устанавливается рациональная организация рабочих мест; определяется уровень профессиональной подготовки будущих исполнителей. В идеале три первых стадии должны обеспечить решение всего комплекса вопросов по обеспечению безопасности технологического процесса, чтобы в процессе промышленной эксплуатации технологический процесс представлял собой минимум опасности: и вредности для работы. Стадия «промышленная эксплуатация» разделяется на стадии: «технологической подготовки производства» и собственно «промышленной эксплуатации». В процессе технологической подготовки производства разработанный, а зачастую типовой технологический процесс прорабатывается в соответствии с конкретными условиями данного производства и с особенностями данного объекта производства (детали, сборочные единицы, изделия). Здесь вопросы обеспечения безопасности технологического процесса решаются исходя из конкретных условий цеха (участка), где планируется применение технологического процесса.

Наибольший интерес для СУОТ на промышленном предприятии безопасность технологических процессов, как объект управления, представляет именно на стадии собственно промышленной эксплуатации, когда все недоработки предыдущих стадий могут явиться причиной неблагоприятного воздействия на рабочих, эксплуатирующих технологический процесс. Однако даже в этом случае, если на предыдущих стадиях проведены все необходимые мероприятия, обеспечивающие высокий уровень безопасности технологического процесса, в условиях промышленной эксплуатации уровень безопасности технологического процесса изменяется в различных периодах эксплуатации.

Весь срок эксплуатации технологического процесса можно условно разделить на три периода. Начальный I период характеризуется относительно низким уровнем безопасности, связанным с освоением технологического процесса. По мере накопления опыта у работников, обслуживающих данный технологический процесс приработки оборудования, уровень безопасности повышается и достигает верхнего уровня полной безопасности.II период характеризуется устойчивым уровнем безопасности, связанным с полным освоением технологического процесса и безотказной работой оборудования. В III периоде вновь наблюдается снижение уровня безопасности, связанное с износом оборудования, оснастки, инструмента. Наступает такой критический момент, когда снижение уровня безопасности требует прекращения эксплуатации, технологического процесса и проведения комплекса ремонтных и восстановительных работ. После ремонта безопасность процесса несколько повышается, на какой-то период стабилизируется и опять снижается, т.е. вновь требуется остановка и проведение ремонтных работ. Межремонтные периоды сокращаются, и наступает момент, когда требуемого уровня безопасности можно достичь только полной заменой оборудования. Длительность указанных периодов эксплуатации, включая межремонтные периоды, зависит от содержания технологического процесса, сложности и надежности оборудования, выполнения требований эксплуатации, качества ремонтных работ и т.д.

Следует также отметить, что даже в период устойчивого уровня безопасности возможны резкие изменения уровня, связанные с нарушением технологической и производственной дисциплины, изменением внешних условий, появлением внезапных отказов оборудования и т.д., поэтому во все периоды эксплуатации технологического процесса нельзя допускать ослабления внимания к соблюдению норм и правил безопасной работы, надежности средств коллективной и индивидуальной защиты, поддержанию на высоком уровне профессиональной и психофизиологической защищенности обслуживающего персонала. Обеспечение безопасности технологического процесса во многом зависит от полноты изложения требований безопасности в технологической и нормативно-технической документации.

7.2.Технические мероприятия обеспечивающие безопасность работ

При подготовке рабочих мест должны выполняться технические мероприятия по обеспечению электробезопасности. К техническим мероприятиям относятся:

- производство отключений;
- вывешивание плакатов и ограждение рабочего места;
- проверка отсутствия напряжения;
- наложение заземлений.

7.3.Производство отключений. При производстве работ со снятием напряжения должны быть отключены те части электроустановки, на которых будут производиться работы. Также отключению подлежат токоведущие части, к которым возможно опасное приближение людей, инструмента или оснастки используемых во время работы.

После производства отключений должны быть предприняты меры, препятствующие случайному или самопроизвольному включению коммутационных аппаратов. Для этого запираются на замок или снимаются рукоятки приводов. На ножи однополюсных разъединителей включаемых оперативными штангами одеваются изолирующие накладки. У коммутационных аппаратов с дистанционным управлением отключаются цепи оперативного тока. Снимаются предохранители, отсоединяются провода от кнопок включения или катушек приводов и т. д

При отключении измерительных трансформаторов тока и напряжения, во избежание обратной трансформации, отключения производя как со стороны высокого, так и со стороны низкого напряжения.

Сразу после производства отключений на рукоятки рубильников, приводы и кнопки включения вывешивают запрещающие плакаты «Не включать. Работают люди». При работах на воздушных или кабельных линиях вывешиваются плакаты «Не включать. Работа на линии». Такие же плакаты вывешиваются у снятых предохранителей.

Неотключенные токоведущие части, к которым возможно опасное приближение людей или инструмента, должны быть ограждены. Для этого могут применяться щиты, ширмы, экраны или переносные ограждения, изготовленные из диэлектрических материалов. Расстояния от ограждений до токоведущих частей находящихся под напряжением регламентируются Правилами. На установленные ограждения вывешиваются предупреждающие плакаты «Стой. Напряжение».

Перед началом работ в электроустановках со снятием напряжения выполняют проверку отсутствия напряжения. Проверку отсутствия напряжения производят с помощью исправных указателей напряжения заводского изготовления. Проверку исправности указателей производят на токоведущих частях заведомо находящихся под напряжением.

Наложение заземления выполняют после проверки отсутствия напряжения. В электроустановках выше 1000 В включение заземляющих ножей может выполнять одно лицо с группой по электробезопасности IV. Наложение переносных заземлений в электроустановках выше 1000 В должны выполнять два лица с группами по электробезопасности III и IV. В электроустановках до 1000 В все операции с заземлениями может выполнять одно лицо с группой по электробезопасности III. Операции с заземлениями должны выполняться в электроизолирующих перчатках. Переносные заземления должны соответствовать установленным требованиям. После наложения заземлений вывешиваются плакаты «Заземлено».

7.4. Противопожарные мероприятия при эксплуатации электроустановок

Анализ статистики пожаров показывает, что около 20% случаев загораний вызвано неисправностью или неправильной эксплуатацией электроустановок. Особенно велика частота пожаров, связанных с электрооборудованием, в жилых зданиях. Здесь число загораний, вызванных тепловым действием электрического тока, достигает 53% от общего количества пожаров.

Высокие темпы роста энерговооруженности труда в промышленности, строительстве, оснащение квартир электроплитами и другими бытовыми электроприборами увеличивают вероятность возникновения пожаров из-за неисправности оборудования и перегрузки сети и требуют повышенного внимания к правильной эксплуатации электрооборудования.

Основными причинами пожаров являются короткие замыкания в проводах и электрооборудовании (69%), оставление электронагревательных установок без присмотра (21%), перегрев из-за плохого контакта (около 6%), перегрузка электроустановок (около 3%).

Часто причиной пожара является нарушение правил пожарной безопасности при выполнении электросварочных работ и несоблюдение пожаробезопасных расстояний от светильников, электронагревателей и т. п. до легковоспламеняющихся материалов и конструкций.

Лица, ответственные за состояние электроустановок, назначенные приказом руководителя предприятия или цеха, обязаны:

• обеспечивать своевременное проведение профилактических осмотров и планово-предупредительных ремонтов электрооборудования и своевременное устранение нарушений правил техники эксплуатации электроустановок потребителей, могущих привести к пожарам и загораниям;

• следить за правильностью применения и выбора кабелей, проводов, двигателей, светильников и другого электрооборудования в зависимости от класса пожаро- и взрывоопасное помещений и условий среды;

• систематически контролировать и поддерживать в исправном состоянии аппараты защиты от коротких замыканий и перегрузок и устройства молниезащиты;

• организовывать обучение и инструктаж электротехнического персонала по вопросам пожарной безопасности при эксплуатации электроустановок;

• обеспечивать исправность средств для ликвидации пожаров в электроустановках и кабельных сооружениях.

Дежурный электрик (сменный электромонтер) обязан производить плановые профилактические осмотры электрооборудования, проверять наличие и исправность аппаратов защиты и принимать немедленные меры к устранению нарушений, которые могут привести к пожарам.

Основные профилактические противопожарные мероприятия при эксплуатации электроустановок:

При осмотрах электроустановок нужно особое внимание уделять состоянию контактов: наличие искрения в выключателях, штепсельных соединениях, в болтовых соединениях и т. п.

Ослабление контактов неизбежно вызывает недопустимый нагрев токоведущих болтов и присоединенных к ним проводов. При обнаружении чрезмерного нагрева контактов и проводов необходимо принять меры по разгрузке или отключению установки. Восстановление контактов (зачистка, подтяжка винтовых соединений) проводить с соблюдением мер безопасности от поражения электрическим током.

Кабельные каналы необходимо содержать в чистоте. Недопустимо их захламление, особенно горючими материалами.

Электродвигатели, светильники, проводка, распределительные устройства должны очищаться от горючей пыли не реже двух раз в месяц, а в зонах со значительным выделением пыли — не реже одного раза в неделю.

В процессе эксплуатации необходимо следить за равномерной нагрузкой по фазам

однофазных электроприемников — освещения, электронагревательных приборов. Следует помнить, что при наличии однофазных электроприемников по рабочему нулевому проводу протекает ток, величина которого может достигать величины фазного тока. Поэтому сечение нулевого провода в осветительных установках с газоразрядными лампами должно быть равным сечению фазных проводов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается вопрос реконструкции ТП10/0,4 с разработкой схемы уличного освещения поселка Анисимово. В работе сделано следующее:

1) Определены расчетные нагрузки поселка и выбрана структура системы электроснабжения;

2) Произведен выбор величины питающего напряжения по результатам технико-экономического расчета вариантов 6 и 10 кВ. Принято напряжение 10 кВ;

3) Рассчитано местоположение центра электрических нагрузок. Приняты к установке три двухтрансформаторные подстанции серии КТПН 10/0,4 кВ и главный распределительный пункт 10 кВ (ГРП);

4) Спроектирована система внутреннего электроснабжения, выбран класс напряжения 0,4 кВ. Выбраны схемы распределительной сети 10 и 0,4 кВ;

5) Рассчитаны номинальные мощности трансформаторов ТП. По результатам расчетов компенсация реактивной мощности не требуется. Выбрана компоновка КТПН;

6) Рассчитаны токи короткого замыкания;

7) Выбрано и проверено электрооборудование 10 и 0,4 кВ. Выбранное оборудование проверено по длительному рабочему току и напряжению, электродинамической и термической стойкости. Величины токов и напряжений не превышают допустимых значений;

8) Рассчитан контур заземления ТП для обеспечения электробезопасности и нормальной работы оборудования;

9) Спроектирована система уличного освещения.

В подведении итогов следует отметить, что технико-экономические показатели предложенного проекта реконструкции ТП10/0,4 поселка Анисимово соответствуют современным требованиям надежности и энергоэффективности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.

2. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2012. - 416 с.

4. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий / Э.А. Киреева. - М.: КноРус, 2013. - 368 с.

6. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.А. Конюхова. - М.: ИЦ Академия, 2013. - 320 с.

8. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование / Г.В. Коробов. - СПб.: Лань, 2014. - 192 с.

11. Кудрин, Б.И. Электроснабжение потребителей и режимы / Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, Ю.В. Матюнина. - М.: МЭИ, 2013. - 412 с.

12. Лещинская, Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства / Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов. - М.: Колосс, 2008. - 655 с.

14. Назарычев, А.Н. Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей. Централизованное и автономное электроснабжение объектов, цехов, промыслов, предприятий и промышленных комплексов / А.Н. Назарычев. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2006. - 928 с.

15. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электротехническая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. Пособие для вузов – 4-е изд. Перераб. и доп. М. Энергоатомиздат, 2009. 608с.

21. Правила устройства электроустановок, издание 7.

24. Рожкова Л.Д. Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Уч пособие для техникумов. – М : Энергоатомиздат ,2015 -600с

25. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение / Ю.Д. Сибикин. - М.: Радио и

связь, 2012. - 328 с.

29. Смирнов А.Д., Антипов К.М. Справочная книжка энергетика. – М. Энергоатом издат, 2014г.

31.Твердохлебов К.И. Рекомендации выбору проектных решений при разработке подстанций 10…500 кВ.: Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию. – Хабаровск 2002.

36. Щербаков, Е.Ф. Электроснабжение. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. - СПб.: Лань, 2014. - 192 с.

38. Щипакин, М.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование: Учебное пособие / М.В. Щипакин, Н.В. Зеленевский и др. - СПб.: Лань, 2011. - 192 с.

39. Янукович, Г.И. Электроснабжение сельского хозяйства. Курсовое и дипломное проектирование: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальности "Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства" / Г.И. Янукович и до. - Мн.: ИВЦ Минфина, 2013. - 448 с.

40. Яхонтова, О. Электроснабжение и электропотребление в строительстве: Учебное пособие / О. Яхонтова, Л. Валенкевич, Я. Рутгайзер. - СПб.: Лань, 2012. - 512 с.