

**Псковский государственный университет
Институт инженерных наук**

Кафедра электроэнергетики, электропривода и систем автоматизации

**Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Профиль «Электроснабжение»**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Реконструкция тяговой подстанции №21 «Гатчина-тяговая»

Студентка: Иванова Е.Б.

Руководитель работы: Бандурин И.И.

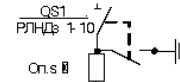
**Псков
2021**

ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

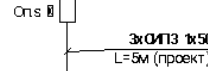
- 1) Выполнить расчёт электрических нагрузок;
- 2) Выбрать комплектную трансформаторную подстанцию КТП;
- 3) Выбрать тип и сечение питающих воздушной линии 10 кВ;
- 4) Выполнить расчёт токов короткого замыкания;
- 5) Сделать выбор разъединителя и аппаратов защиты;
- 6) Выполнить расчёт заземляющего устройства КТП и опор ВЛИ;
- 7) Выбрать основное оборудование по техническому учёту электроэнергии;
- 8) Рассчитать срок окупаемости проекта;
- 9) Разработать мероприятия по охране труда и технике безопасности.

ВЛ-10кВ Л356-08 от.8

Зк ОМТЗ 1x50
L=5м (проект)



Зк ОМТЗ 1x50
L=40м (проект)



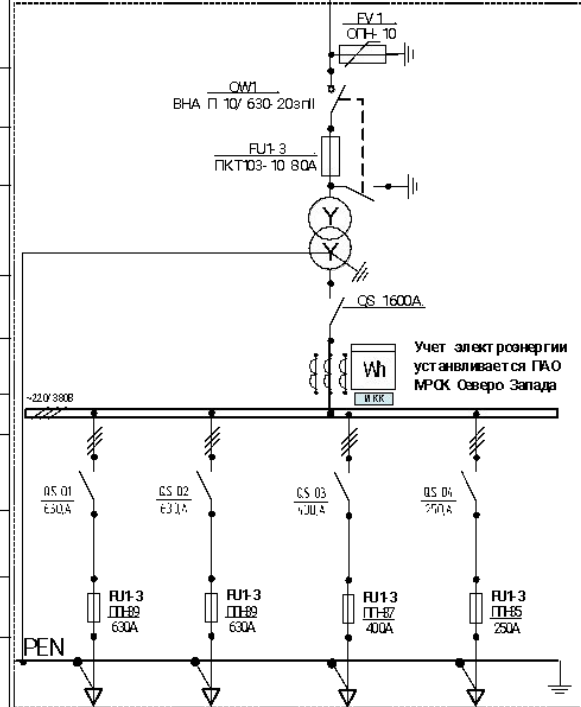
Зк ОМТЗ 1x50
L=5м (проект)

Наружные
электрические
сети

Предохранители ВВ

Тр-р ТМГ-630кВА 10/0,4кВ

Вводной аппарат



Учет электроэнергии
устанавливается ПАО
МРСК Северо-Запада

Рубильник

Защитный аппарат

Номер присоединения

Номинальная мощность в, кВт

Номинал. ток, А

Кабель Кол-во, марка, длина(м)
Сечение

Наименование присоединения

Номер присоединения	1	2	3	4
Номинальная мощность в, кВт				
Номинал. ток, А				
Кабель Кол-во, марка, длина(м)				
Сечение				
Наименование присоединения	Л-1	Л-2	Л-3	Л-4

Расчёт электрических нагрузок

Расчетная нагрузка КТП определена в соответствии с СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий».

Расчетная нагрузка

№ п/п	Наименование потребителя	P _y , кВт	Коэффициенты				Расчётная нагрузка		
			K _C	K _O	cosφ	tgφ	P _{расч'} , кВт	Q _{расч'} , кВт	S _{расч'} , кВА
1	Запрашиваемая мощность	400	1,00	1,00	0,93	0,4	400	160	430,81
2	Перспектива 30%	120	1,00	1,00	0,93	0,4	120	48	129,24
3	Всего с учетом перспективы 30%	520	1,00	1,00	0,93	0,4	520	208	560,06
4	Загрузка ТМГС 630, %	89							

Выбор трансформаторной подстанции

Мощность устанавливаемого трансформатора должна удовлетворять условию

$$S_{TP} \geq \frac{S_{расч.ТП}}{k_{загр}} = \frac{560,06}{0,9} = \underline{622,29} \text{ кВА}$$

Выбираем трансформатор с симметрирующим устройством марки ТМГС.

Таблица – Технические характеристики трансформатора

Мощность трансформатора, $S_{ном.тр}$, кВА	Тип	Схема соединения	Пределы регулирования напряжения	Каталожные данные					
				$U_{ном}$ обмоток, кВ		$u_{к'}$, %	$\Delta P_{к'}$, кВт	$\Delta P_{х'}$, кВт	$I_{х'}$, %
				ВН	НН				
630	ТМГС-630	Y/ Y/Н-0	$\pm 2 \times 2,5$	10,5	0,4	5,5	7,6	1,24	1,2

Выбор провода, соединяющего КТП и ВЛ 10 кВ

Найдем расчетный ток для ВЛ в нормальном режиме

$$I_{расч.} = \frac{S_{расч.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{560,06}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 30,8$$

Проверяем выбранное сечение по длительно допустимому току

Тип провода	F, мм ²	I _{дл.доп} , А
СИП-3 1x50	50	210

$$I_{доп} > I_{пров.расч.}$$

$$210 > 30,8 \text{ А.}$$

Проверяем выбранное сечение по экономической плотности тока

$$F_{эк} = \frac{I_{пров.расч.}}{j_{эк}} = \frac{30,8}{1,1} = 28 \text{ мм}^2$$

$$F > F_{эк}$$

$$50 \text{ мм}^2 > 28 \text{ мм}^2$$

Проверяем выбранное сечение по потерям напряжения:

$$\Delta U_{норм} = \frac{S_{норм} \cdot l}{C \cdot F} = \frac{560,06 \cdot 50}{44 \cdot 50} = 12,72 \text{ В} < 105 \text{ В.}$$

Проверяем по условиям отключения аппаратами защиты тока к.з.:

$$K = \frac{I_{к(3)}}{I} = \frac{3159}{630} = 5,01 > 3,$$

Проверяем выбранное сечение по термической стойкости кабеля:

$$F_{мин} = \frac{I_{\infty} \sqrt{t_{пр}}}{C} = \frac{3679 \sqrt{0,5}}{85} = 30,6 \text{ мм}^2$$

$$F > F_{мин}$$

$$50 \text{ мм}^2 > 30,6 \text{ мм}^2$$

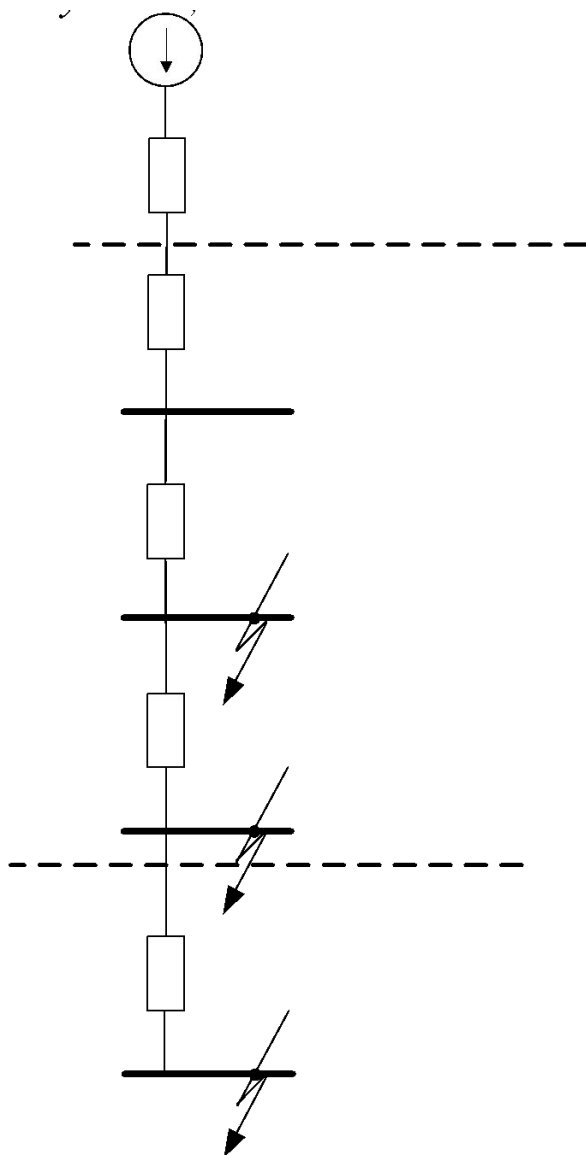
Определение потерь напряжения на участках линий

N	Расчетный участок	Расчетная активная нагрузка	Расчетная реактивная нагрузка	Длина расчетного участка	Удельное активное сопротивление провода	Удельное индуктивное сопротивление провода	Расчет на потерю напряжения		
							на расчетном участке	на расчетном участке	от ПС, %
							$\Delta U_{уч}$ В	$\Delta U_{уч}$ %	ΔU %
		$P_{расч}$ кВт	$Q_{расч}$ кВар	l км	$R_{уд}$ Ом/км	$X_{уд}$ Ом/км			
1	ПС7 – оп 8	1973	1480	0,32	0,92	0,345	70,88	0,68	0,68
2	оп8 - ТП проект	520	208	0,05	0,92	0,345	2,62	0,02	0,70
Всего									0,70

$$\Delta U_n = 0,7\% \leq 10\%.$$

Напряжение на зажимах проектируемой ТП лежит в пределах, установленных ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

Расчет токов КЗ



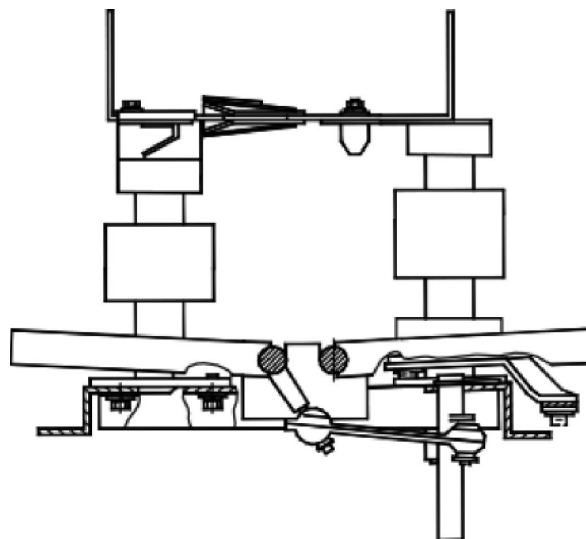
Результаты расчёта токов КЗ

Токи	Номер точки КЗ		
	1	2	3
$I_{\text{П0}}, \text{кА}$	2,85	2,81	12,83
$i_{\text{уд}}, \text{кА}$	6,49	5,52	27,58
$i_{\text{ат}}, \text{кА}$	0,93	0	0

Схема замещения

Выбор и проверка разъединителя 10 кВ

Каталожные данные разъединителя	Расчетные значения для разъединителя	Условия выбора и проверки
$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} \geq U_{уст}$
$I_{ном} = 200 \text{ А}$	$I_{max} = 30,8 \text{ А}$	$I_{ном} > I_{max}$
$i_{скв} = 15,75 \text{ кА}$	$i_{уд} = 6,49 \text{ кА}$	$i_{скв} > i_{уд}$
$B_{мс} = 119,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{к} = 0,69 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{тс} > B_{к}$



Разъединитель РЛНД-I-10/200 УХЛ1

Выбор аппаратов защиты

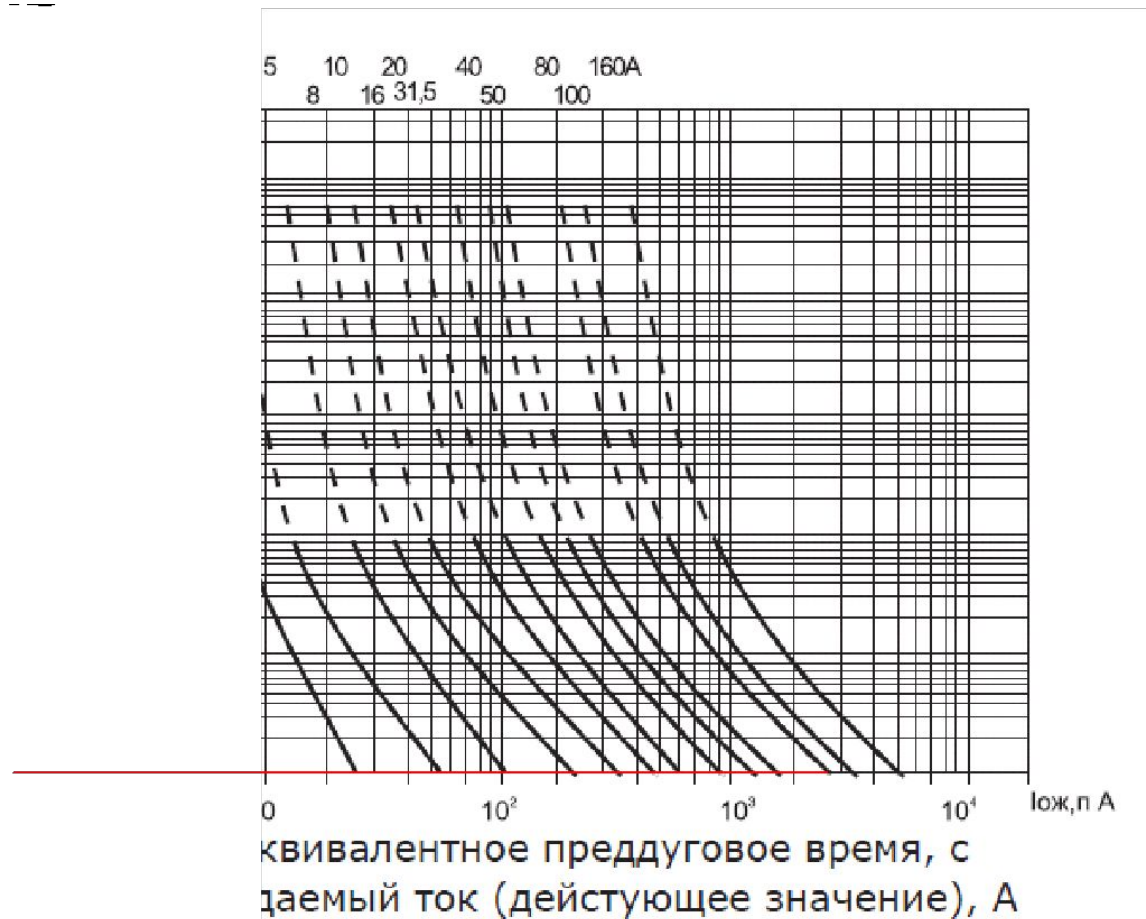
Для защиты трансформатора, ток плавкой вставки выбираем из условия

$$I_{пл.в} \geq K1 \cdot 1,1 \cdot 30,8 = 37,27 \quad .$$

Выбираем больший ток плавкой вставки $I_{пл.в} = 100 \text{ А}$.





Условие по времени срабатывания для минимального тока КЗ в линии выполнено:

$$0,05 \text{ с.}$$



Учёт электроэнергии

Для технического учета электроэнергии

Вид	Описание	Изображение
трехфазный счетчик Меркурий 234 ART-03 P	Многофункциональный счётчик электроэнергии Меркурий 234 предназначен для одно- или двунаправленного учета активной и реактивной электрической энергии	 A vertical, grey three-phase meter with a digital display and several ports on the right side.
однофазный Меркурий 203.2Т.Р	Счетчики Меркурий 203.2 предназначены для коммерческого учета активной электроэнергии в однофазных цепях переменного тока и работают как автономно, так и в составе АСКУЭ.	 A smaller, single-phase meter with a digital display and a black base.
Меркурий 234 ART-02	Многофункциональный счётчик электроэнергии Меркурий 234 предназначен для одно- или двунаправленного учета активной и реактивной электрической энергии и мощности в трехфазных 3-х или 4-х проводных сетях переменного тока через измерительные трансформаторы тока	 A vertical, grey three-phase meter with a digital display and a blue terminal block on the right.
контроллер SDM-TC65	Коммуникационный контроллер SDM-TC65 предназначен для использования в качестве устройства приема-передачи данных в составе распределенных автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии (АИИС КУЭ)	 A small, rectangular communication controller with a blue and white casing.

Технико-экономические показатели

Показатели	Величина
Установленная мощность трансформатора	630 кВА
Капитальные затраты на проектирование	46,8 тыс. руб.
Капитальные затраты на проект	420,54 тыс. руб.
Годовые эксплуатационные издержки	25,24 тыс. руб.
Годовой экономический эффект	1808,65 тыс. руб./год
Срок окупаемости	0,23 лет

Срок окупаемости проекта составил 0,23 года. Что меньше 8 лет – нормативного срока окупаемости для электроэнергетики. Поэтому проект КТП для присоединения потребителей экономически целесообразен.

Охрана труда и экология

- 1) Транспортировка грузов;
- 2) Охрана окружающей природной среды;
- 3) Охрана труда и техника безопасности. Противопожарные мероприятия и пожарная защита;
- 4) Организация эксплуатации электроустановок.

Заключение

В выпускной квалификационной работе бакалавра был выполнен проект присоединения потребителей Гатчинского района к электрическим сетям.

Разработаны принципиальные схемы электроснабжения и устройства заземления. Выбраны трансформатор, разъединитель, воздушная линия, предохранители, счётчики электрической энергии.

Выполнен организационно-экономический расчёт и даны рекомендации по охране труда и экологии. Срок окупаемости проекта КТП для присоединения потребителей к электрическим сетям составляет 7 лет.

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!**