

Аннотация

В данной квалификационной работе «Электроснабжение завода медицинских препаратов ООО Озон» необходимо создать надёжную схему электроснабжения завода.

Эта необходимость возникла в связи с увеличением объёмов производства, заводу требуется дополнительные площади для размещения оборудования по производству медпрепаратов и хранения готовой продукции.

Для осуществления поставленной задачи требуется:

1. рассчитать предполагаемую нагрузку завода;
2. выбрать подходящую трансформаторную ПС;
3. создать надёжную схему электроснабжения завода с соответствующим коммутационным оборудованием и защитой.

Выпускная квалификационная работа выполнена на 64 с., содержит 14 таблиц, 13 рисунков и графическую часть выполненная на 6 чертежах формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Краткое описание завода и технологического процесса производства мед. препаратов.....	6
2 Анализ системы электроснабжения	8
3 Расчёт электрических нагрузок	9
3.1 Расчет нагрузок и баланс активных и реактивных мощностей.....	9
3.2 Расчёт и построение графиков нагрузки завода	14
4 Выбор и расчёт мощности силовых трансформаторов	18
5 Расчет и выбор компенсирующего устройства реактивной мощности на шинах 0,4 кВ ТП.....	21
6 Выбор схемы питающей сети 6, 0,4 кВ.....	28
6.1 Выбор схемы питающей сети 6 кВ.....	28
6.2 Выбор схемы питающей сети 0,4 кВ.....	30
7 Выбор исполнения КТП	33
8 Выбор метода и расчёт заземления нейтрали трансформатора	34
9 Выбор сечения проводников питающей сети	38
10 Расчёт падения напряжения в сети электроснабжения завода.....	43
11 Расчёт токов короткого замыкания в сети 6 и 0,4 кВ.....	47
12 Выбор электрических аппаратов сети электроснабжения завода.....	54
Заключение	62
Список использованных источников	63

Введение

Завод по производству медицинских препаратов ООО «ОЗОН» начал свою деятельность 14 ноября 2003 года. Он входит в состав холдинга, который существует с 1992 года и включает в себя несколько предприятий, производящих различную продукцию.

Генеральное проектирование завода медпрепаратов выполнено Государственным унитарным предприятием «ГипроНИИмедпром» (Государственный проектный и научно-исследовательский институт медицинской промышленности), имеющее огромный опыт в проектировании подобных объектов. Планировочная структура здания решена в соответствии с требованиями ОСТ 42-510-98 (GMP).

Фармацевтическая компания «Озон фармацевтика» выпускает готовые лекарственные средства большинства современных фармакотерапевтических групп, в виде твердых (таблетки, капсулы) и мягких (мази, крема) формах, а также других препаратов. Завод сосредоточил свои усилия на производстве препаратов-генериков – аналогов патентованных готовых лекарственных средств (ГЛС), и стал одним из лидеров отечественного фармацевтического рынка по производству генериков, по популярности значительно превосходящих своих оригинальных конкурентов из-за более низкой стоимости.

Потребителями продукции Озон фармацевтика являются фирмы из России и бывших советских республик – Украины, Беларуси, Казахстана, Азербайджана, Армении, Таджикистана. В настоящее время ведется строительство линии по выпуску стерильных лекарственных форм.

В связи с увеличением объёмов производства как наименований ГЛС так и их количество, заводу требуется дополнительные площади для размещения оборудования и хранения готовой продукции. Для этих целей на территории завода имеются свободные территории под строительство производственных участков.

В данной работе необходимо обеспечить бесперебойное электроснабжение завода по производству медпрепаратов. Для этого нужно рассчитать нагрузку завода по производству медпрепаратов, выбрать подходящую трансформаторную ПС и создать надёжную схему электроснабжения завода с соответствующим коммутационным оборудованием и защитой.

1 Краткое описание завода и технологического процесса производства мед. препаратов

На территории завода построено производственное здание, которое включает в себя:

1. центральный корпус, в котором находятся административные помещения;
2. пять производственных участков, три из которых занимаются производством таблеток, один участок по производству мазей и один участок ампулирование;
3. четыре независимых вентиляционных камеры;
4. чиллерная установка для охлаждения воды;
5. складское помещение для хранения сырья для производства препаратов;
6. складское помещение для хранения готовой продукции.

Производственные участки и складские помещения сконструированы таким образом, чтобы была возможность при дальнейшем смене выпускаемого препарата или его формы, без особого труда и затрат перестроить цех под требуемую обстановку.

Для отопления офисных помещений используются газовое настенное отопительное оборудование, для производственных участков вентиляционные установки.

Требования к помещениям завода.

Производственные помещения, в которых производится выпускаемая продукция, контролируется температура, влажность и избыточное давление по отношению к смежным с ним помещениям. Это достигается благодаря созданию в нём разности между количеством приточного и вытяжного воздуха. Количество приточного воздуха должно превышать вытяжку минимум на 20%.

Чистые помещения включают в себя базовые элементы:

1. ограждающие стеновые конструкции;
2. герметичные панельные и кассетные потолки со встроенными
растровыми светильниками со светодиодными лампами;
3. антистатические полы;
4. систему очистки и подготовки воздуха включающую в себя
приточно-вытяжные и рециркуляционные вентиляционные установки с
автоматическими воздухорегулирующими устройствами;
5. воздушные шлюзы;
6. передаточные окна.

2 Анализ системы электроснабжения

Завод медицинских препаратов запитан от ПС-110/35/6 кВ «Жигулёвская», которая подсоединена отпайкой к двухцепной воздушной линии 110 кВ «Жигулёвская ГЭС – Цементная».

На ПС-110/35/6 кВ «Жигулёвская» через два силовых трансформатора мощностью 25 МВА питается два распределительных устройства ОРУ-35 кВ и ЗРУ-6 кВ.

Таблица 2.1 – Основные сведения о ПС 110/35/6 «Жигулёвская»

Наименование параметра	Ед. измерения	значение
Источник питания	-	разные секции шин ПС
Тип питающих линий	-	2 × ВЛ
Расстояние от ПС «Жигулёвская» до завода	км	1,5
Номинальные напряжения питающей энергосистемы	кВ	6
Ток КЗ на шинах источника питания	кА	12

3 Расчёт электрических нагрузок

Первым этапом расчёта системы электроснабжения является определение электрических нагрузок.

По полученным значениям электрических нагрузок будем производить подбор необходимого электрооборудование для создания надёжной и экономически выгодную систему электроснабжения завода.

От точности результатов произведённых расчётов величины нагрузок, зависят капитальные затраты на построение системы электроснабжения, так и на эксплуатационные расходы на поддержания всего электрооборудования в рабочем состоянии.

Основным элементом системы электроснабжения являются трансформаторная подстанция. Выбор силового трансформатора производится по расчетным данным электрических нагрузок.

Основной силовой нагрузкой завода является потребители с электроприводом, это чиллерная установка для охлаждения воды, которая в дальнейшем используется для создания необходимого микроклимата, вентиляционные установки, таблетировочные пресса, кондиционеры для офисных помещений.

Заниженные расчетные нагрузки могут привести к перегрузке, с последующим перегревом элементов, как самого трансформатора, так и системы электроснабжения, ускорить износ электрооборудования, а завышенные расчетные нагрузки приведут к излишнему капиталовложению.

3.1 Расчет нагрузок и баланс активных и реактивных мощностей

При расчете электрических нагрузок системы электроснабжения определим полную, активную и реактивную мощность для каждого отдельно взятого потребителя (в данном случае отдельно взятый участок) в максимальном и минимальном режиме работы.

Расчётную активную мощность рассчитываем по выражениям:

$$P_p = K_c \times P_n, \quad (3.1)$$

$$Q_p = P_p \times \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.2)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (3.3)$$

$$S_p = \frac{P_p}{\cos \varphi}, \quad (3.4)$$

где P_p – расчетная активная электрическая мощность, кВт (30-мин максимум);

P_n – суммарная активная электрическая мощность, кВт

P_y – установленная активная мощность электроприемников кВт;

Q_p – расчетная реактивная электрическая мощность, кВАр;

S_p – расчетная полная электрическая мощность;

K_c – расчётный коэффициент спроса;

$K_{\text{и}}$ – расчётный коэффициент использования;

$\cos \varphi$ и $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициенты мощности.

Коэффициент спроса нагрузки необходим для корректировки нагрузки так, как не всё электрооборудование потребляет электроэнергию в соответствии с полной нагрузкой в отдельно взятый промежуток времени и определяем как:

$$K_c = \frac{P_p}{P_y}, \quad (3.5)$$

Коэффициент использования активной мощности нагрузки принимаем отношение фактически потребляемой мощности к номинальной мощности:

$$K_{и} = \frac{P}{P_{н}}, \quad (3.6)$$

$$P_{р} = P_{у} \times P_{с} \times P_{и}, \quad (3.7)$$

Расчетную нагрузку, используемую на освещение завода, определяем по установленной мощности и коэффициенту спроса для освещения:

$$P_{ро} = P_{но} \times K_{со}, \quad (3.8)$$

где $K_{со}$ – коэффициент спроса для освещения,

$P_{но}$ – установленная мощность приборов электрического освещения.

$$P_{но} = P_{удо} \times F, \quad (3.9)$$

$$Q = P_{ро} \times \operatorname{tg}\phi, \quad (3.10)$$

где $P_{удо}$ – удельная нагрузка освещения, Вт/м²,

F – площадь пола определяем по генплану.

Для освещения технологических участков и офисных помещений будем использовать светодиодные светильники потолочного типа, так как они имеют очень большой коэффициент светоотдачи. Для освещения складских помещений будем использовать дугоразрядные высокого давления. При расчетах реактивной мощности осветительного оборудования со светодиодными лампами принимаем $\cos\phi = 0,98$, а $\operatorname{tg}\phi = 0,2$, а для ламп ДРЛ $\cos\phi = 0,5$, а $\operatorname{tg}\phi = 1,73$.

Полученные результаты расчета заносим в таблицу (3.1).

Таблица 3.1 – Расчётные данные общезаводской нагрузки

Наименование оборудования	P кВт	cosφ	tgφ	Q квар	S кВА	K _{ис}	K _с
Участок №1(Таблетирование)							
Вибрационный просеиватель	1,7	0,75	0,88	1,50	2,27	0,2	1
Трехмерная перемешивающая машина	2,2	0,87	0,57	1,25	2,53	0,35	1
Смеситель-опудриватель	8	0,8	0,75	6,00	10,00	0,7	1
Сушилка-гранулятор	3	0,8	0,75	2,25	3,75	0,92	1
Сушилка-гранулятор	3	0,8	0,75	2,25	3,75	0,92	1
Калибратор	1,8	0,5	1,73	3,12	3,60	0,5	1
Капсулонаполняющая машина	1,8	0,8	0,75	1,35	2,25	0,93	1
Блистеровачная машина	3,7	0,9	0,48	1,79	4,11	0,9	1
Картонажная машина	4	0,75	0,88	3,53	5,33	0,9	1
Транспортёр	2,25	0,85	0,62	1,39	2,65	0,8	1
Освещение	1,8	0,98	0,20	0,37	1,84	0,95	0,9
Итого	33,25			24,79	42,07		
Участок №2(Таблетирование)							
Вибрационный просеиватель	1,7	0,75	0,88	1,50	2,27	0,5	1
Смеситель-опудриватель	8	0,8	0,75	6,00	10,00	0,7	1
Сушилка-гранулятор	3	0,8	0,75	2,25	3,75	0,92	1
Сушилка-гранулятор	3	0,8	0,75	2,25	3,75	0,92	1
Калибратор	1,8	0,5	1,73	3,12	3,60	0,5	1
Роторный пресс	6	0,8	0,75	4,50	7,50	0,9	1
Блистеровачная машина	3,7	0,9	0,48	1,79	4,11	0,9	1
Картонажная машина	4	0,75	0,88	3,53	5,33	0,9	1
Транспортёр	2,5	0,85	0,62	1,55	2,94	0,8	1
Освещение	1,8	0,98	0,20	0,37	1,84	0,95	0,9
Итого	35,5			26,85	45,09		
Участок №3(Таблетирование)							
Вибрационный просеиватель	1,7	0,75	0,88	1,50	2,27	0,5	0,3
Смеситель-опудриватель	8	0,8	0,75	6,00	10,00	0,7	1
Сушилка-гранулятор	3	0,8	0,75	2,25	3,75	0,92	1
Сушилка-гранулятор	3	0,8	0,75	2,25	3,75	0,92	1
Просеивающая мельница	1,5	0,7	1,02	1,53	2,14	0,4	0,7
Калибратор	1,8	0,5	1,73	3,12	3,60	0,5	1
Роторный пресс	6	0,8	0,75	4,50	7,50	0,9	1
Блистеровачная машина	3,7	0,9	0,48	1,79	4,11	0,9	1
Картонажная машина	4	0,75	0,88	3,53	5,33	0,9	1

Продолжение таблицы 3.1

Транспортёр	2,5	0,85	0,62	1,55	2,94	0,8	1
Освещение	1,8	0,98	0,20	0,37	1,84	0,95	0,9
Итого	37			28,38	48,7		
Участок №4 (Мази)							
Плавильная машина	3,6	0,95	0,33	1,18	3,79	0,7	1
Жерновая мельница	4	0,87	0,57	2,27	4,60	0,6	1
Гомогенизирующая машина	2,8	0,7	1,02	2,86	4,00	0,6	1
Тубонабивочная машина	2,2	0,75	0,88	1,94	2,93	0,9	1
Картонажная машина	2	0,8	0,75	1,50	2,50	0,9	1
Транспортёр	2,7	0,85	0,62	1,67	3,18	0,8	1
Освещение	1,8	0,98	0,20	0,37	1,84	0,95	0,9
Итого	19,1			11,79	22,83		
Участок №5 (Ампульная)							
Мешалка	1,2	0,8	0,75	0,90	1,50	0,6	1
Стерилизатор	3	0,9	0,48	1,45	3,33	0,5	1
Сушильный шкаф	3,6	0,9	0,48	1,74	4,00	0,4	1
Ампулирование	2,5	0,7	1,02	2,55	3,57	1	1
Автоклав	3	0,95	0,33	0,99	3,16	0,4	1
Упаковочная машина	1,5	0,75	0,88	1,32	2,00	1	1
Освещение	1,8	0,98	0,20	0,37	1,84	0,95	0,9
Итого	16,6			9,32	19,40		
Вентиляционная							
Чиллерная установка №1	75	0,85	0,62	46,48	88,24	0,6	1
Чиллерная установка №2	75	0,85	0,62	46,48	88,24	0,6	1
Вентиляционная камера №1	8,75	0,7	1,02	8,93	12,5	0,95	1
Вентиляционная камера №2	8,75	0,7	1,02	8,93	12,5	0,95	1
Вентиляционная камера №3	8,75	0,7	1,02	8,93	12,5	0,95	1
Вентиляционная камера №4	8,75	0,7	1,02	8,93	12,5	0,95	1
Освещение	0,8	0,98	0,20	0,16	0,82	0,95	0,9
Итого	185,8			128,83	227,29		
Компрессорная							
Компрессор №1	24	0,87	0,57	13,60	27,59	0,6	1
Компрессор №2	24	0,87	0,57	13,60	27,59	0,6	1
Освещение	0,5	0,98	0,20	0,10	0,51		
Итого	48,5			27,30	55,68		
Склад							
Кондиционирование	16	0,8	0,75	12,00	20,00	0,9	1
Освещение	2	0,98	0,20	0,41	2,04	0,95	0,7
Итого	18			12,41	22,04		
Офисные помещения							

Продолжение таблицы 3.1

Кондиционирование	34	0,8	0,75	25,50	42,50		
Освещение	8	0,98	0,20	1,62	8,16	0,95	1
Итого	42			27,12	50,66		
Аварийное освещение	2,4	0,98	0,20	0,49	2,45	0,95	1
Суммарные данные нагрузки	438,15	0,8	0,68	297,29	534,75		

3.2 Расчёт и построение графиков нагрузки завода

Для проектировании экономичной систем электроснабжения, необходимо выполнить ряд расчетов, результаты которых позволят выбрать наиболее экономически и технически подходящее оборудование понизительной подстанции предприятия: понижающий трансформатор, сечение и материал проводников, коммутационные аппараты, схему внутренней сети и т.д.

Расчет электрических нагрузок и учет изменения величины этих нагрузок во времени в этом случае является одним из самых главных исходных расчётов для всего последующего проектирования.

Для построения упорядоченных графиков нагрузки необходимо рассчитать два сточных графика нагрузки:

– так, как отопление на заводе выполнено газовым отопительным оборудованием, период годового максимума нагрузки является летние месяцы, потому, что много энергии тратится на охлаждении воздуха и систему кондиционирования;

– период годового минимума нагрузки, зимний месяц.

Для Самарской области продолжительность зимнего периода составляет 153 дня, а продолжительность летнего периода 212 дней.

Определяем продолжительность ступеней по выражению:

$$T_i = t_i \times n_i, \quad (3.11)$$

где t_i – продолжительность i -той ступени суточного графика, час;

n_i – количество зимних или летних суток в году.

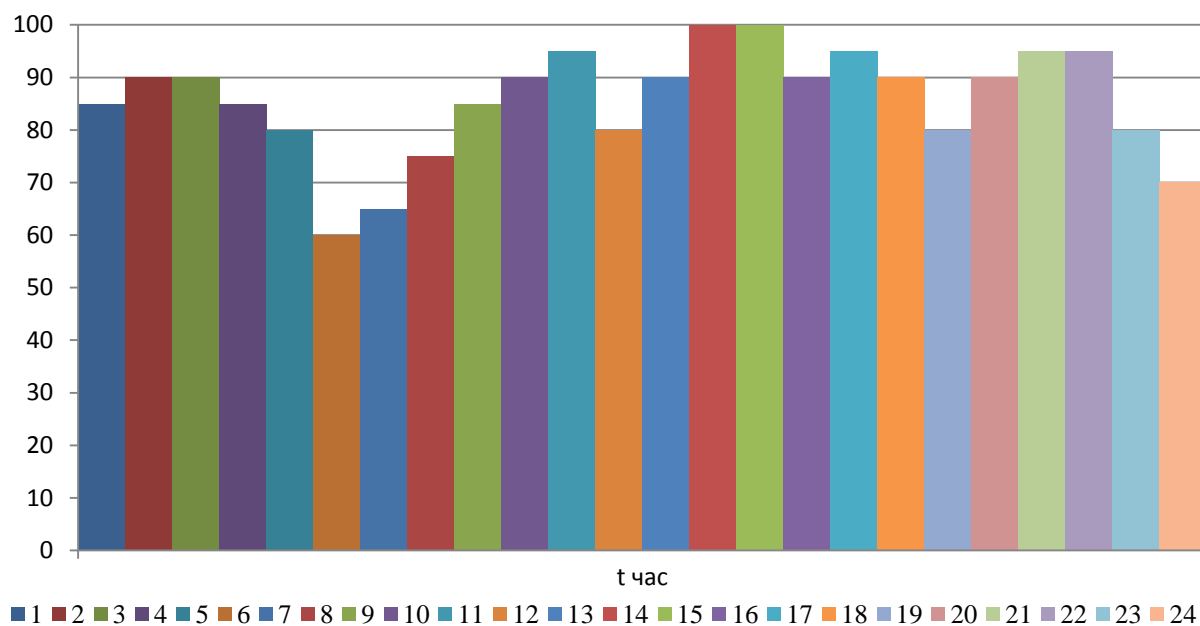


Рисунок 3.1 – Летний суточный график нагрузок выполнен в %

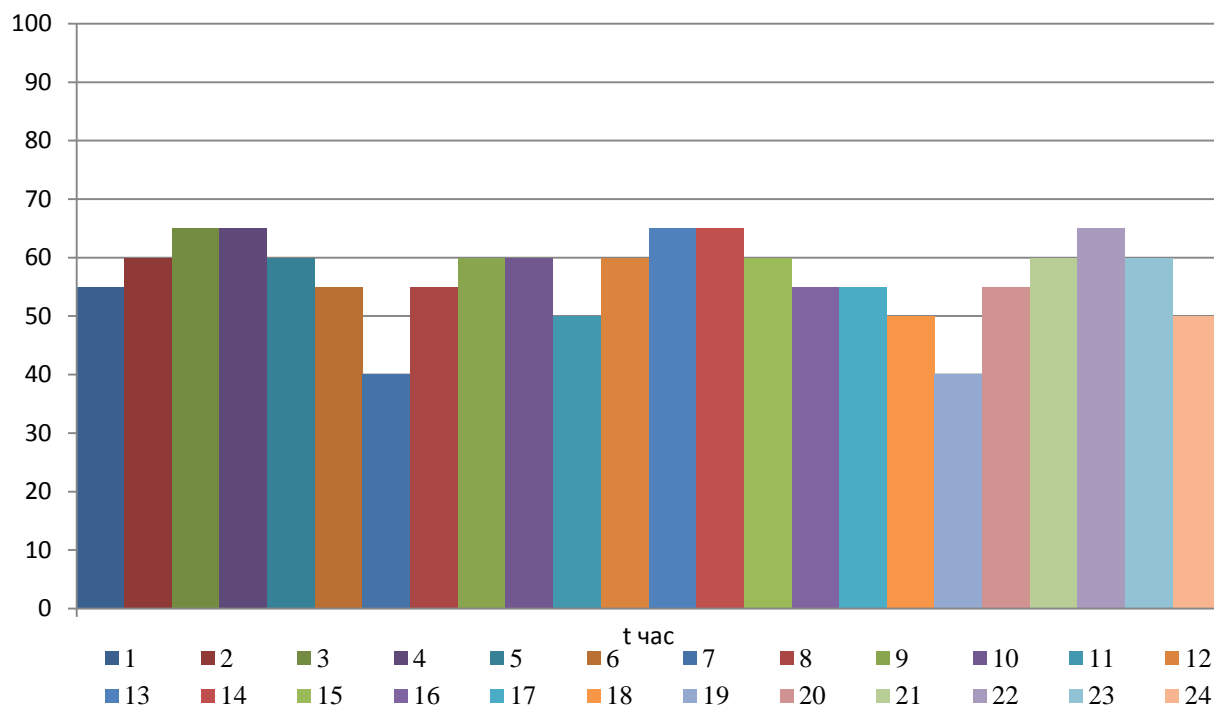


Рисунок 3.2 – Зимний суточный график нагрузок выполнен в %

Рассчитываем годовой расход электроэнергии $W_{г}$, кВт/ч по выражению:

$$W_{г} = \sum_{i=0}^n P_i \times t_i, \quad (3.12)$$

На основании летнего и зимнего графиков составлена таблица 3.2 и годовой график продолжительности нагрузок, рисунок – 3.3.

Таблица 3.2 – Общая годовая продолжительность ступеней графика

№ ст.	S %	P кВт	Продолжительность i ст.	T час	P кВт/ч
продолжительность ступеней летнего графика					
1	60	262,89	1	212	55732,68
2	65	284,7	1	212	60377,07
3	70	306,7	1	212	65021,46
4	75	328,6	1	212	69665,85
5	80	350,5	4	848	297240,96
6	85	372,4	3	636	236863,89
7	90	394,3	7	1484	585193,14
8	95	416,2	4	848	352973,64
9	100	438,1	2	424	185775,6
продолжительность ступеней зимнего графика					
10	40	175,2	2	306	53629,56
11	50	219	3	459	100555,425
12	55	240,9	6	918	221221,935
13	60	262,9	8	1224	321777,36
14	65	284,7	5	765	217870,0875
ИТОГО				8760	2823898,658

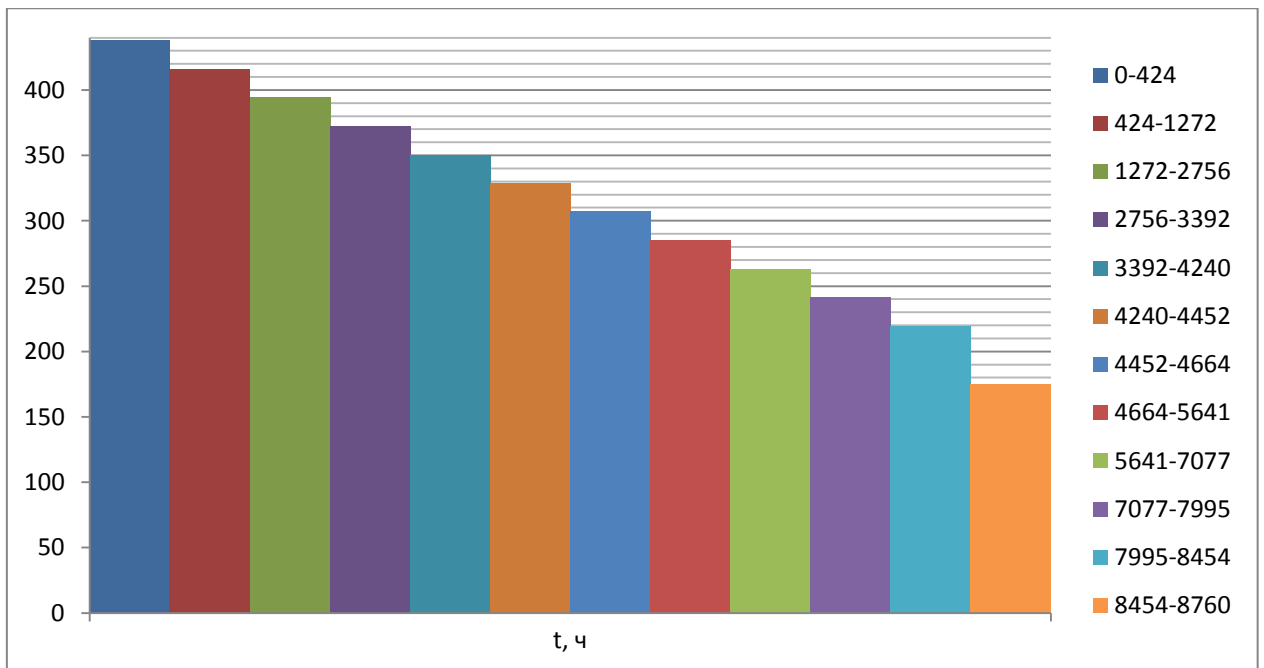


Рисунок 3.3 – Годовой график нагрузок

Рассчитываем среднегодовую нагрузку P_{cp}

$$P_{cp} = \frac{W_{cp}}{t_r} = \frac{2823898,658}{8760} = 322,4 \text{ кВт/ч.}$$

Рассчитываем коэффициент неравномерности графика нагрузки K_H :

$$K_{зг} = \frac{P_{cp}}{P_{\max}} = \frac{322,4}{438,15} = 0,7.$$

4 Выбор и расчёт мощности силовых трансформаторов

Так как фармацевтические заводы, склады являются специализированными помещениями, где необходимо соблюдать определённые условия и микроклимат для соответствующего производства и хранения медицинских препаратов, где перерыв в электроснабжении приведёт к крупному объёму испорченной как готовой продукции так и производственного сырья – данный вид предприятия относится ко II категории надёжности электропотребителей.

Согласно правилам устройства электроустановок в нормальном режиме данный электроприёмник должен получать питание от двух независимых взаимно резервируемых источников, с допустимым перерывом электроснабжения не более двух часов в аварийной ситуации.

На ПС планируется использовать два трансформатора работающих на две системы шин 0,4 кВ.

В нормальном и ремонтном – когда один трансформатор выведен в ремонт, режимах электроснабжения предприятия, располагаемая мощность силовых трансформаторов должна обеспечить питание всех потребителей.

Трансформаторные ПС на предприятиях играют главную роль в системе электроснабжения и являются источником питания и характеризуются:

1. номинальной мощностью;
2. номинальным напряжением обмоток при холостом ходе;
3. напряжением короткого замыкания;
4. током холостого хода;
5. потерей мощности при коротком замыкании.

При расчёте мощности трансформаторов на двухтрансформаторной подстанции расчётным режимом является послеаварийный.

Мощность трансформаторов подстанции рассчитываем согласно графику нагрузки указанной в таблица 3.2.

Рассчитываем мощность трансформатора для питания завода:

$$S_{\text{ном.Тр}} = K_3 \times S_{\text{макс.н}} = 0,7 \times 534,75 = 373,8 \text{ кВА},$$

где $S_{\text{ном.Тр}}$ – номинальная мощность трансформатора;

K_3 – коэффициент загрузки трансформаторов для потребителей II категории равен 0,6 – 0,7;

$S_{\text{макс.н}}$ – максимальная расчётная нагрузка завода согласно таблице 3.2 равна 534,75 кВА.

По справочнику выбираем ближайшую большую типовую мощность двух масляных трансформаторов с $S_{\text{ном.Тр}} = 400$ кВА.

Таблица 4.1 – Номинальные данные выбранного трансформатора

Тип трансформатора	$S_{\text{ном}}$ кВА	Напряжение обмотки кВ		Потери, кВт		$U_{\text{к}}$, %	$I_{\text{хх}}$, %
		ВН	НН	$\Delta P_{\text{хх}}$	$\Delta P_{\text{к}}$		
ТМ 400/6	400	7,2	0,4	1,3	5,4	5,5	3

Если силовой трансформатор с масляным охлаждением в нормальном режиме работы имеет нагрузку не более 90% от $S_{\text{ном}}$, то он может допустить перегрузку на 40% в течение 6 часов при температуре охлаждающего воздуха не более (+20)°С.

Выбранная мощность трансформатора должна соответствовать требованию:

$$S_{\text{ном.Тр}} \times K_{\text{пер}} \geq S_{\text{макс}},$$

$$400 \times 1,4 \geq 534 \text{ кВА},$$

где $K_{пер}$ – коэффициент аварийной перегрузки при отключении одного из трансформаторов во время аварии разрешается на 40%.

Определяем коэффициент загрузки трансформаторов в послеаварийном режиме:

$$k_3^{ПА} = \frac{S_{ср.н}}{S_{ном.тр} \times (N_{тр} - 1)} = \frac{534}{400 \times (2 - 1)} = 1,3,$$

Согласно ПТЭ перегрузка трансформаторов в аварийном режиме допускается сверх номинального тока до 40%.

На двухтрансформаторной подстанции трансформаторы планируется раздельная работа, но для перевода нагрузки возможна параллельная работа, для этого применяем трансформаторы одного конструктивного исполнения. Это упростит замену трансформатора в случае выхода одного из строя и сократит номенклатуру резерва предприятия. Кроме этого, во время параллельной работы трансформаторов одинаковой мощности не появится переток мощности по обмоткам трансформаторов.

Выбранный трансформатор соответствует всем требованиям.

5 Расчет и выбор компенсирующего устройства реактивной мощности на шинах 0,4 кВ ТП

Компенсация реактивной мощности на ПС 6/0,4 кВ является неотъемлемой частью проектирования системы надёжного и экономически выгодного электроснабжения.

Это обусловлено тем, что компенсация реактивной мощности обеспечивает существенное повышение эффективности системы электроснабжения.

Электрическая мощность, потребляемая нагрузкой работающая на переменном токе, состоит из двух составляющих – активная (P) которая преобразуется в тепло или другой вид энергии выполняет полезную работу, и реактивная мощность (Q), идет на создание магнитного и электрического поля.

Передавать реактивную мощность от источника генерации к потребителю невыгодно так, как это приводит к появлению дополнительных потерь активной мощности и при этом возрастают потери напряжения и увеличиваются затраты при выборе оборудования, на увеличение сечений питающих проводников и мощности силовых трансформаторов.

Для снижения потребляемой реактивной мощности устанавливают установки по компенсации реактивной мощности – компенсирующее устройство реактивной мощности (КУРМ).

Отношение потребляемой реактивной мощности к активной определяем как коэффициентом реактивной мощности – $\operatorname{tg}\varphi$ и рассчитываем по выражению:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Q}{P}, \quad (5.1)$$

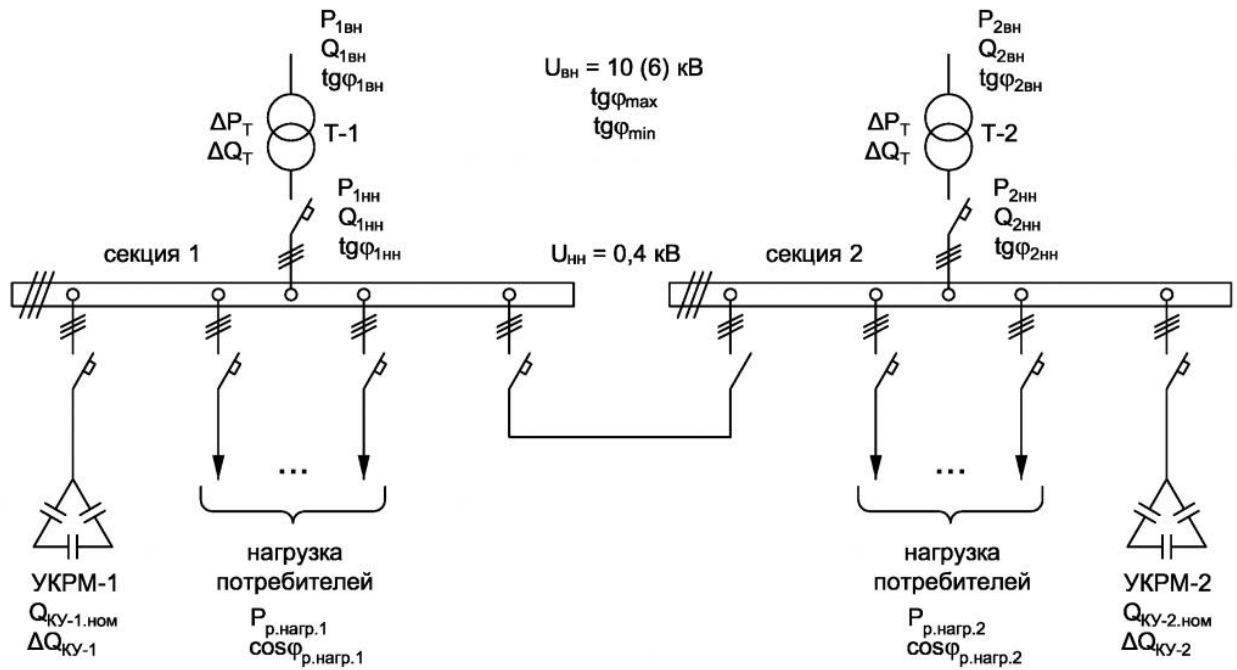


Рисунок 5.1 – Схема трансформаторной подстанции с КУРМ

Для того, чтобы к шинам ПС показанной на рисунке 5.1 подключить компенсирующее устройство необходимо рассчитать номинальную реактивную мощность КУРМ и степень регулирования.

Для расчётов УКРМ принимаем, что секционный автомат 0, 4 кВ включен и две работающие секции шин рассматриваем как одру и рассчитываем как:

$$\text{tg}\varphi_{\text{вн}} = \frac{Q_{\text{вн}}}{P_{\text{вн}}}, \quad (5.2)$$

где $P_{\text{р.нагр.}}$ – расчётная активная мощность нагрузки;

$Q_{\text{КУ.ном}}$ – номинальная мощность УКРМ.

Потребляемая активная мощность на СШ 6 кВ КТП является суммой потерь активной мощности в силовом трансформаторе и мощности нагрузки:

$$P_{\text{вн}} = P_{\text{нагр}} + \Delta P_{\text{T}}, \quad (5.3)$$

где, ΔP_T – потери активной мощности в трансформаторе;

$P_{\text{нагр}}$ – расчётная активная мощность на шинах 0,4 кВ;

Потребляемая реактивная мощность на шинах 6 кВ рассчитывается как:

$$Q_{\text{вн}} = Q_{\text{нн}} + \Delta Q_T = Q_{\text{р.нагр}} - Q_{\text{КУ.р}} + \Delta Q_T, \quad (5.4)$$

где, ΔQ_T – потери реактивной мощности в трансформаторе;

$\Delta Q_{\text{КУ}}$ – мощность ступени регулирования УКРМ/

Рассчитываем реактивную мощность нагрузки на стороне 0,4 кВ как:

$$\text{tg}\varphi_{\text{р.нагр}} = \text{tg} \arccos \cos\varphi_{\text{р.нагр}} = \text{tg} \arccos 0,8 = 0,68,$$

$$Q_{\text{р.нагр}} = P_{\text{р.нагр}} \times \text{tg}\varphi_{\text{р.нагр}} = 438 \times 0,68 = 297 \text{ кВар},$$

где $\cos\varphi_{\text{р.нагр}}$ – из таблицы 3.2 равен 0,8;

$P_{\text{р.нагр}}$ – расчётная активная мощность на шинах 0,4 кВ трансформаторной подстанции (из таблицы 3.2) = 438 кВт.

$$S_{\text{нн}} = \sqrt{P_{\text{р.нагр}}^2 + P_{\text{р.нагр}} \times \text{tg}\varphi_{\text{р.нагр}} - Q_{\text{КУ.р}}^2} = \sqrt{438^2 + 438 - 438^2} = 438 \text{ кВт},$$

где, $S_{\text{нн}}$ – потребляемая полная мощность на шинах 0,4 кВА.

Потери активной и реактивной мощности в силовом трансформаторе не постоянны и зависят от потребляемой нагрузки и рассчитываются как:

$$\Delta P_T = \Delta P_{\text{xx}} + \Delta P_K \times \frac{S_{\text{нн}}^2}{S_T^2} = 1,3 + 5,4 \times \left(\frac{438}{400}\right)^2 = 7,8 \text{ кВт},$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_T &= \frac{I_{xx}}{100} \times S_T + \sqrt{U_k^2 - \frac{100 \times \Delta P_k}{S_T}} \times \frac{S_{HH}^2}{100 \times S_T} = \\ &= \frac{3}{100} \times 400 + \sqrt{5,5^2 - \left(\frac{100 \times 5,4}{400}\right)^2} \times \frac{438^2}{100 \times 400} = 148 \text{ кВар}, \end{aligned}$$

где $\Delta P_{\text{нагр}}$ – нагрузочные потери активной мощности в трансформаторе;

ΔQ_T – нагрузочные потери реактивной мощности в трансформаторе;

ΔP_{xx} – потери активной мощности холостого хода трансформатора, кВт;

ΔP_k – потери активной мощности короткого замыкания трансформатор;

S_T – номинальная полная мощность трансформатора, кВ*А;

I_{xx} – ток холостого хода трансформатора, %;

U_k – напряжение короткого замыкания трансформатора, %.

Рассчитываем номинальную мощности УКРМ

$$\begin{aligned} Q_{\text{КУ.р.мин}} &= P_{\text{р.нагр}} \times (\text{tg}\varphi_{\text{р.нагр}} - \text{tg}\varphi_{\text{макс}}) - \Delta P_T \times \text{tg}\varphi_{\text{макс}} + \Delta Q_T = \\ &= 438 \times 0,68 - 0,1 - 7,8 \times 0,1 + 14 = 398 \text{ кВар}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{КУ.р.макс}} &= P_{\text{р.нагр}} \times (\text{tg}\varphi_{\text{р.нагр}} - \text{tg}\varphi_{\text{мин}}) - \Delta P_T \times \text{tg}\varphi_{\text{мин}} + \Delta Q_T = \\ &= 438 \times 0,68 - 0 - 7,8 \times 0 + 148 = 445 \text{ кВар}, \end{aligned}$$

где, $\text{tg}\varphi_{\text{макс}}$ – максимальное значение коэффициента реактивной мощности и равен 0,1;

$\text{tg}\varphi_{\text{мин}}$ – минимальное значение коэффициента реактивной мощности и равен 0.

Так как $\text{tg}\varphi$ может быть отрицательной, так и положительной величиной то при избыточной величине реактивной мощности КУ получим перекомпенсацию реактивной мощности в сеть это также нежелательно, как

и недокомпенсация, так как появляются потери мощности и энергии в электрической сети.

Выполним подбор номинальной мощности УКРМ по условию:

$$Q_{\text{КУ.р.мин}} \leq Q_{\text{КУ.р.ном}} \leq Q_{\text{КУ.р.макс}}, \quad (5.5)$$

$$398 \leq Q_{\text{КУ.р.ном}} \leq 445,$$

где $Q_{\text{КУ.р.макс}}$ и $Q_{\text{КУ.р.мин}}$ – являются граничными значениями реактивной мощности УКРМ, определяемые для конкретного потребителя.

Таблица 5.1 – Заводские данные компенсирующих устройств реактивной мощности.

Наименование	Q кВАр	Шаг регулировки, кВАр	Ток, А	Сечение питающего медного кабеля мм ²
УКМ 58-0,4-400-25	400	25	577,4	2 каб х (3 х 150)
УКМ 58-0,4-450-25	350	25	649,5	2 каб х (3 х 185)
УКМ 58-0,4-200-25	200	25	288,7	2 каб х (3 х 70)

Предположительно выбираем по каталогу УКРМ с номинальной мощностью 400 кВАр.

И рассчитываем на сколько данное КУ подходит к данному типу потребителя:

$$S_{\text{нн}} = \sqrt{P_{\text{р.нагр}}^2 + (P_{\text{р.нагр}} \times \text{tg}\varphi_{\text{р.нагр}} - Q_{\text{КУ.р}})^2} = \sqrt{438^2 + (438 - 400)^2} = 441 \text{ кВт},$$

Из данного выражения видно, что мощность на шинах 0,4 практически не изменится выбранная мощность КУ подходит.

УКРМ содержит конденсаторную батарею с ограниченным набором конденсаторов, они могут быть различной ёмкости и состав группы. Каждая группа конденсаторов имеет свой контактор для подключения к электрической цепи. За необходимое количество включения конденсаторов в сеть отвечает микропроцессорный блок контроля и управления, он измеряет параметры режима работы сети и подбирает нужное сочетание групп конденсаторов, для создания требуемого значения $\text{tg}\phi$.

Величина минимального изменения реактивной мощности компенсирующего устройства, называется степенью регулирования $\Delta Q_{\text{КУ}}$, которая сильно зависит от величины нагрузки активной мощности $P_{\text{нагр}}$. При уменьшении активной мощности уменьшается и значение реактивной мощности компенсирующей установки.

При расчёте мощности КУ также нужно учесть, что при снижении нагрузки $P_{\text{нагр}}$ значение $\Delta Q_{\text{КУ.р}}$ может быть меньше $\Delta Q_{\text{КУ}}$, и величина $\text{tg}\phi$ окажется за границей допустимых значений $\text{tg}\phi_{\text{макс}}$ или $\text{tg}\phi_{\text{мин}}$, для исключения данного режима работы КУ необходимо производить расчет $\Delta Q_{\text{КУ.р}}$ в режиме минимальных нагрузок.

Рассчитываем потери активной мощности в силовом трансформаторе в режиме минимальной нагрузки, принимая за полую мощность нагрузки равную $P_{\text{р.мин.нагр}}$, так как будем считать, что вся реактивная мощность нагрузки компенсируется УКРМ:

$$\Delta P_{\text{Т}} = \Delta P_{\text{ХХ}} + \Delta P_{\text{К}} \times \frac{S_{\text{НН}}^2}{S_{\text{Т}}^2} = 1,3 + 5,4 \times \left(\frac{438}{400}\right)^2 = 7,7 \text{ кВт},$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\text{КУ.р}} &= P_{\text{р.мин.нагр}} + \Delta P_{\text{Т}} \times \text{tg}\phi_{\text{макс}} - \text{tg}\phi_{\text{мин}} = \\ &= 284,7 + 7,7 \times 0,1 - 0 = 36 \text{ кВАр}, \end{aligned}$$

где $P_{р.мин.нагр} = 284$ кВт (из таблицы 3.2) расчётная активная мощность в режиме минимум нагрузок.

По каталогу завода-изготовителя выбираем УКРМ со ступенью регулирования $\Delta Q_{КУ}$ равной 20 кВАр с номинальной мощностью 400 кВАр и 20 ступеней.

Таблица 5.2 – Результаты расчета и выбора компенсирующего устройства

Параметр	Значение
Расчетная активная мощность	438,15 кВт
Расчетная реактивная мощность до компенсации	297,29 кВАр
Расчетный коэффициент мощности ($\cos \phi$)	0,8
Требуемый коэффициент мощности ($\cos \phi_k$)	0,96
Расчетная реактивная мощность КУ ($Q_{ку}$)	400 кВАр
Количество узлов компенсации	2 шт.
Набор стандартных мощностей для каждого узла компенсации	УКБН-0,38-400 2 × 200-20;
Фактическое значение коэффициента мощности ($\cos \phi$)	0,95

6 Выбор схемы питающей сети 6, 0,4 кВ

6.1 Выбор схемы питающей сети 6 кВ

В схеме электроснабжения предприятия указывается физическая связь между источником питания и потребителем электроэнергии. В нашем случае в качестве источника электроэнергии для завода является ПС-110/35/6 «Жигулёвская».

Передача электроэнергии от источника питания потребителю может осуществляться по радиальной, магистральной или смешанной схеме.

Распределительная схема электропитания заводских подстанций составляются после того, как будет известно места расположения всех трансформаторных ПС на территории завода и зависит от взаимного расположения друг от друга, суммарной мощности трансформаторов данных ПС.

Наиболее экономичной схемой электроснабжения являются, магистральная схема и применяется она, когда потребители небольшой мощности и их большое количество. Число трансформаторов не должно превышать четырех с суммарной мощностью до 3000 кВА.

При выборе сечения питающей линии, по магистральной схеме электроснабжения, по условию термической стойкости токам короткого замыкания рассчитывается выше по сравнению с расчётным сечением при номинальном режиме.

Радиальные схемы электроснабжения наиболее надёжные так, как при возникновении повреждения отключается только повреждённый участок с одним потребителем, но данный вид схемы очень дорог потому, что требует большего количества коммутационных аппаратов.

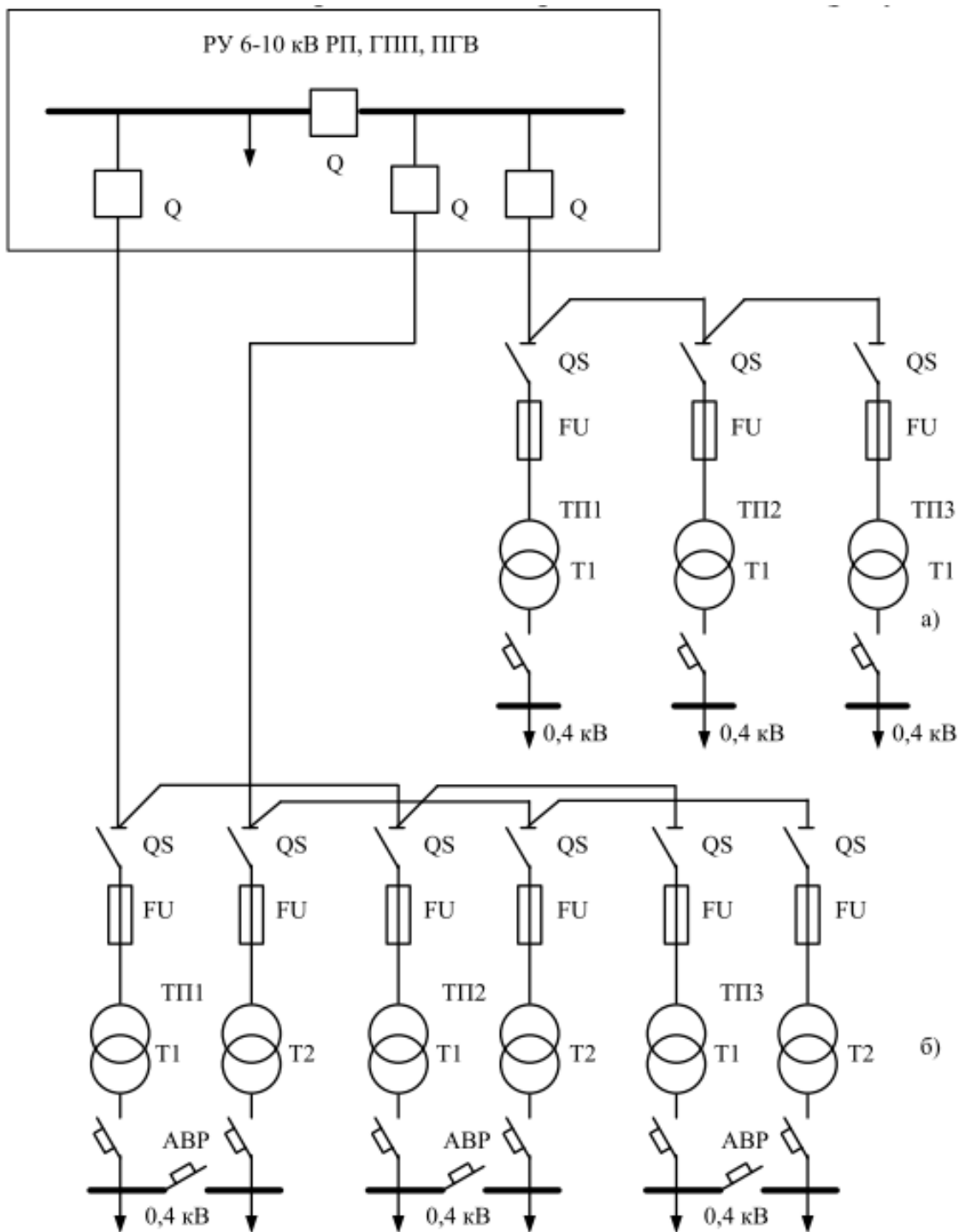


Рисунок 6.1 – Магистральная распределительная схема электроснабжения: а) одиночная; б) двойная (смешанная схема)

В зависимости от категории надежности электроприёмников, магистральная схема может быть одиночной с односторонним или двухсторонним питанием.

Магистральная схема обладает меньшей надёжностью, но является более экономичной так, как требует меньше коммутационных аппаратов по стороне 6 – 10 кВ. Но используя устройство АВР, на шинах 0,4 кВ, не значительно отличается по надёжности от радиальной схемы.

При использовании магистральной схемы питания для повышения коммутационной гибкости каждое присоединение к магистрали подключают через коммутационные аппараты (разъединители или выключатели нагрузки).

Для защиты магистральной схемы уставки релейной защиты на головном выключателе рассчитывается завышенными по отношению к одному из присоединения, и в связи с этим для обеспечения селективности защит трансформаторов, они подключаются через предохранители при условии, что предохранители устанавливаются после разъединителя или выключателя нагрузки, считая от источника питания.

В целях полного использования коммутационных ресурсов коммутационных аппаратов, подключении к ним магистральных линий, питающие трансформаторы мощностью от 250 до 630 кВА допускается подключать по две линии под один коммутационный аппарат.

6.2 Выбор схемы питающей сети 0,4 кВ

Электрическая сеть с классом напряжением 0,4 кВ является самой распространённой, и применяется на всех производственных объектах и определяет надёжность работоспособность всего предприятия.

Будущую схему этой сети определяется технологией производства, местные производственные факторы, категорией электроприёмников, удобством обслуживания, технико-экономическими показателями.

При проектировании внутризаводского распределения электроэнергии следует избегать многоступенчатые схемы. Схемы 0,4 кВ внутризаводских электросетей также как и сети 6 – 10 кВ могут быть выполнены по радиальной, магистральной, или смешанной схеме.

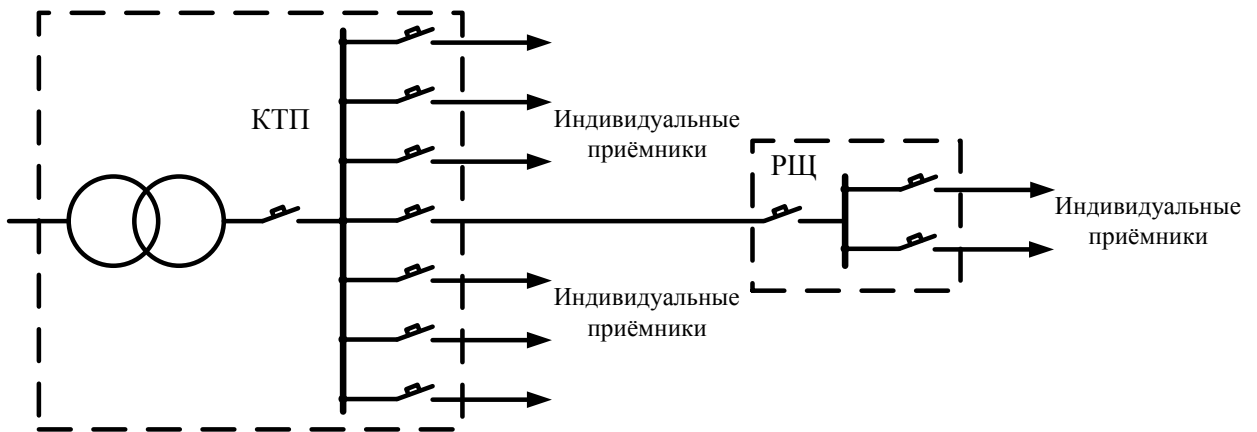


Рисунок 6.2 – Радиальная схема питания потребителей

Схему внутривозводской сети по радиальной схеме выполняют кабелям или изолированным проводом и применяется для потребителей любой категории надежности.

Электроэнергия выполненная по радиальной схеме потребителю осуществляется отдельной линией от силовой сборки или шкафа и также требует больших затрат на оборудование, монтаж. По радиальной схеме не рекомендуется многоступенчатое исполнение схемы (не более двух).

У радиальной схемы 0,4 кВ имеется существенный недостаток такой как гибкость сети.

Наиболее экономичной схемой является магистральная. Магистральную схему хорошо зарекомендовала себя для построения питания осветительной нагрузки.

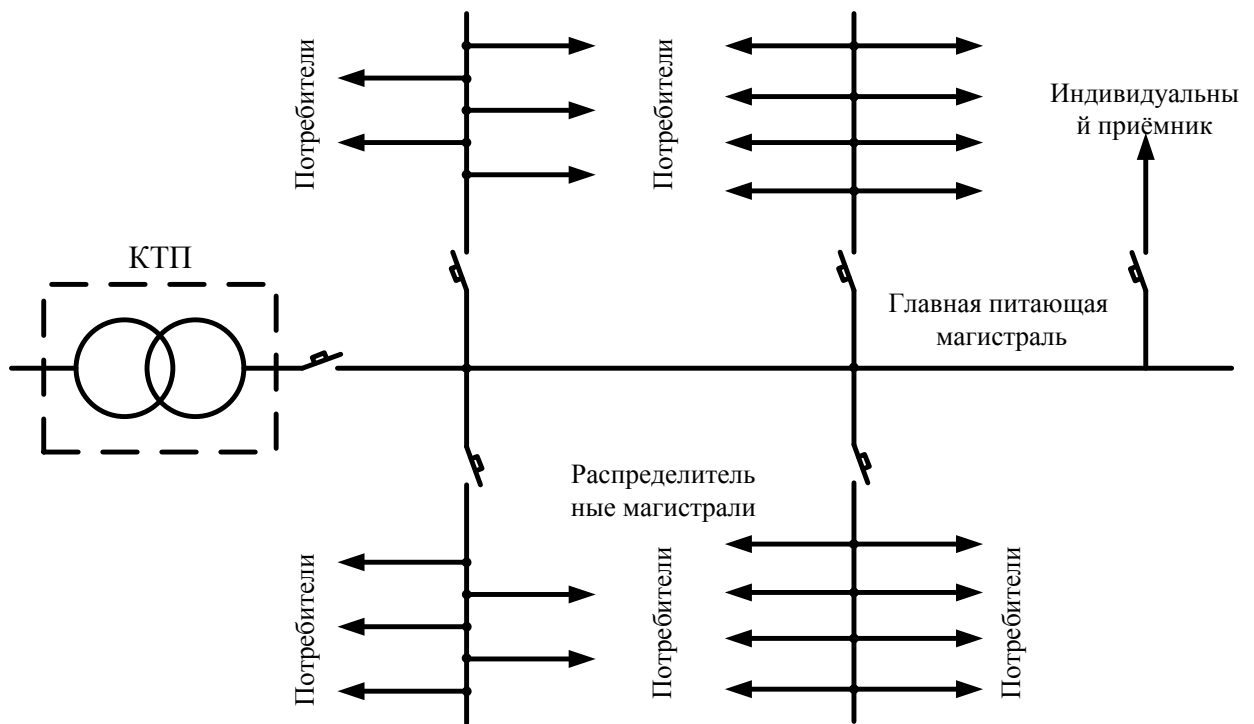


Рисунок 6.3 – Магистральная схема питания потребителей

Согласно выше изложенному, выбираем схему электроснабжения завода, по стороне 6 кВ, по двойной магистральной схеме, так как суммарная мощность трансформаторов не превышает 3000 кВА, а мощность одного трансформатора находится в диапазоне 250 – 630 кВА. По стороне 0,4 кВ будет использоваться схема АВР, данная схема более экономичней и по надёжности не уступает радиальной схеме.

По стороне 0,4 кВ выбираем для электроснабжения промышленного оборудования радиальную схему так, как она более надёжная и повреждение одного потребителя не повлияет на работоспособность другого.

Схему электропитания освещения производственных участков и офисные помещения, с учётом того, что совместно с рабочим освещением применяется независимое аварийное освещение от отдельного источника, выполняем как наиболее экономичную магистральную схему.

7 Выбор исполнения КТП

Трансформаторную ПС выполняем по стороне 6 кВ без сборных шин и коммутационных аппаратов. Для создания видимого разрыва во время технического обслуживания будут использоваться предохранители. Так же предохранители будут защищать трансформатор от перегрузки и токов КЗ вызванных разрушением изоляции.

По технологическим, санитарным условиям и пожарной безопасности завода, трансформаторную подстанцию невозможно разместить внутри производственного здания. Наиболее целесообразно с расчётом на дальнейшее развитие завода в целом разместить трансформаторную ПС отдельно стоящем исполнении с внутренним расположением двух трансформаторов и распределительным пунктом по стороне 0,4 кВ.

Трансформаторная подстанция будет укомплектована устройствами современной конструкции в готовом исполнении, с высоковольтными вводными устройствами от воздушной линии 6 кВ, и кабельными вводами по стороне 0,4 кВ.

Распределительное устройство по стороне 0,4 кВ – РУНН будут выполнены щитами с двусторонним обслуживанием состоящим из вводного щита, щита отходящих кабельных линий, и щита секционирования. В них будет встроено:

1. устройства управление вводными автоматическими выключателями с встроенной микропроцессорной защитой от перегрузки и внешних коротких замыканий схема АВР;

2. измерительные приборы и средства учёта электроэнергии;

В РУНН будут устанавливаться автоматические выключатели отходящих линий выдвигного исполнения для создания видимого разрыва, фирмы «ABB».

8 Выбор метода и расчёт заземления нейтрали трансформатора

При не заземлённом электрооборудовании или неправильном его выполнении увеличивается вероятность производственного травматизма, ложная работа приборов автоматизации или выход приборов из работы. Это происходит в результате пробоя изоляции токоведущих элементов сети и токопроводящими частями оборудования, в результате чего на корпусе оборудования появляется напряжение. Во избежание этого, установки не находящиеся в нормальном состоянии под напряжением, намеренно соединяют с устройством заземления.

Заземляющее устройство делится на защитное и рабочее. Защитное заземление служит для безопасности персонала. Рабочее заземление используется при производственной необходимости, когда требуется продолжение работы оборудования в случае повреждения изоляции и пробоя на корпус. Также, к рабочему заземлению подключают молниеотводы.

Система TN – выполнена с заземлением нейтрали трансформатора и занулением корпуса и выполняется по четырёхпроводной схеме – TNC с совмещённым проводником PEN (Рисунок 8.1), либо по пятипроводной схеме – TNS с нейтральным рабочим (N) и нулевым защитным (PE) проводниками (Рисунок 8.2).

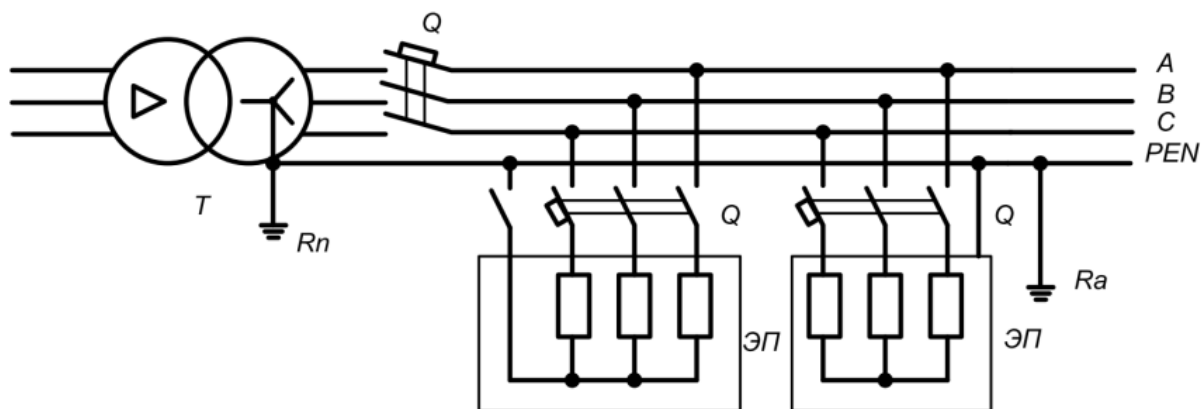


Рисунок 8.1 – Система заземления TNC

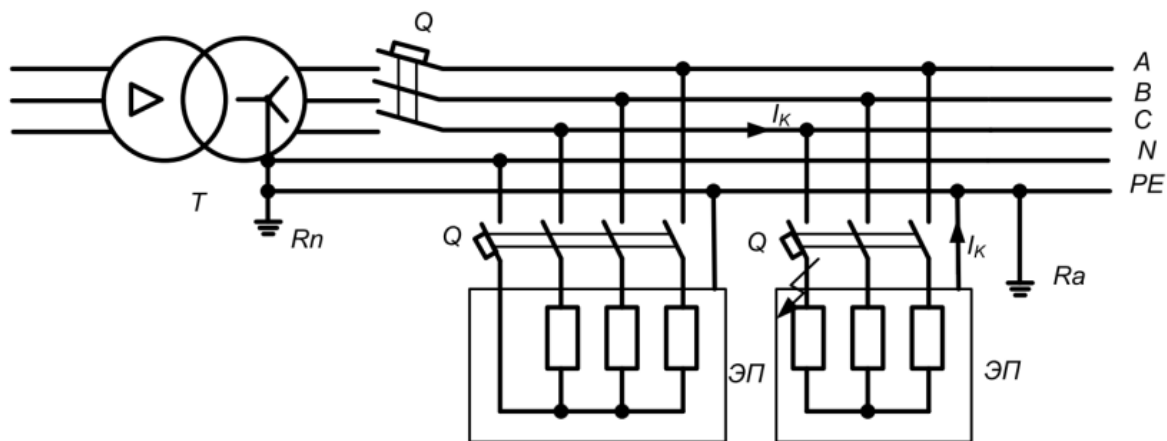


Рисунок 8.2 – Система заземления TNS

TN-C – характерным признаком для данной сети является объединение заземляющего и нейтрального (нулевого) провода. Недостатком данной сети является отсутствие отдельного защитного проводника P.

TN-S – в данной системе защитный проводник PE (для уравнивания потенциалов) и рабочий нулевой проводник N, выполняются разными проводами и является более безопасной. По требованию ПУЭ эта система выполняется с выполнением дополнительного заземления.

Преимущества системы TN-S экономия за счет в отказа от устройства УЗО.

В схеме электроснабжения применяем метод заземления трансформатора и оборудования по системе TN-S , как наиболее безопасный метод.

Для заземления трансформатора рассчитаем контур заземления изготовленный по периметру КТП. В качестве дополнительного заземления будет использоваться каркас здания завода, собранного из металлоконструкций.

Рассчитываем сопротивление заземляющего контура изготовленный из заземляющих стержней вбитых по периметру КТП.

Для изготовления контура заземления с периметром 32 м использованы вертикальные металлические стержни, длиной 5 м, диаметром 25 мм, и горизонтальная металлическая полоса шириной 40 мм и толщиной 4 мм.

Согласно требованиям ПУЭ сопротивление заземляющего контура сети 0,4 кВ не должно превышать 4 Ом.

Рассчитываем необходимое количество вертикальных заземлителей согласно выражению 8.1:

$$R_{\text{верт}} = \frac{0,366 \times \rho_{\text{расч}}}{L} \times \lg \frac{2L}{d} + 0,5 \times \lg \frac{4t + L}{4t - L}, \quad (8.1)$$

$$\rho_{\text{расч}} = k_c \times \rho = 1,25 \times 42 = 52,5 \frac{\text{Ом}}{\text{м}},$$

$$t = h + 0,5 \times L = 0,5 + 0,5 \times 5 = 3 \text{ м},$$

где $R_{\text{верт}}$ – полное сопротивление вертикальных заземлителей;

$\rho_{\text{расч}}$ – расчётное сопротивление грунта;

ρ – удельное сопротивление грунта 42 Ом/м;

k_c – сезонный коэффициент 1,25;

L – длина заземлителя, м;

d – диаметр заземлителя, м;

b – ширина полосы (для угловой стали – ширина полки), м;

t – расстоянию от поверхности земли до середины электрода, или глубина заложения горизонтального заземлителя, в м;

h – глубину закладки горизонтального заземлителя 0,5 м;

$$R_{\text{верт}} = \frac{0,366 \times 52,5}{5} \lg \frac{2 \times 5}{0,025} + 0,5 \times \lg \frac{4 \times 3 + 5}{4 \times 3 - 5} = 10,4 \text{ Ом},$$

Так, как за счёт создания экранирующего воздействия между вертикальными стержнями и соединяющей полосой, условия для растекания тока ухудшатся, при расчете введём коэффициент экранирования, значения

которого изменяются, в зависимости от количества и взаимного расположения стержней.

Необходимое количество вертикальных стержней рассчитываем по выражению:

$$N_{\text{вер}} = \frac{R_{\text{верт}}}{R_{\text{ЗК}} \times \eta_{\text{вер}}} = \frac{10,4}{4 \times 0,68} = 3,8,$$

где $\eta_{\text{вер}}$ – коэффициента экранирования стержней при связывании горизонтальной полосой;

$R_{\text{ЗК}}$ – необходимое сопротивление заземляющего контура.

Получившиеся значение 4 стержня распределяем по углам заземляющего контура. Сопротивление растекания горизонтальной полосы можно не рассчитывать так как вертикальных стержней достаточно для создания контура с сопротивлением менее 4 Ом.

Данный заземляющий контур заземления подходит для заземления нейтрали трансформатора.

9 Выбор сечения проводников питающей сети

Выбор сечения жилы в кабеле производим по следующим параметрам:

1. по экономической плотности тока;
2. по потере напряжения в проводниках в нормальном и послеаварийном режиме;

Рассчитываем сечения жилы в кабеле по экономической плотности тока по формуле 9.1:

$$S_{\text{эк.пр}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} \quad (9.1)$$

где I_p – расчетный длительный ток в линии;

$j_{\text{эк}}$ – экономическая плотность тока, принимается по таблице в ПУЭ [1.3.36] для алюминиевого провода равное 1,1 А/мм², для кабеля с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией и медными жилами равное 3.1 А/мм².

Расчетный длительный ток в линии определяем по формуле 9.2, 9.3:

$$I_p = \frac{S_{\text{номТр}} \times K_{\text{пер.Тр}}}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном}}}, \quad (9.2)$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном}}}, \quad (9.3)$$

где $S_{p,Тр}$ – мощность силового трансформатора в послеаварийном режиме, $S_{p,Тр}$ в 1,4 раза выше $S_{\text{ном}}$.

S_p – расчетная мощность завода или отдельного потребителя;

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение питающей сети.

Выбранное сечения проводника по нагреву должно удовлетворять условие:

$$I_{p \text{ макс}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (9.4)$$

Где $I_{p \text{ макс}}$ – максимальный расчетный ток в линии в послеаварийном режиме.

Рассчитываем сечение провода ВЛ 6 кВ

Расчётный ток в линии 6 кВ рассчитываем по формуле 9.2

$$\frac{630 + 400 \times 1,4}{\sqrt{3} \times 7,2} = 115,6 \text{ А},$$

Рассчитываем сечения алюминиевого провода линии 6 кВ по экономической плотности тока по выражению 9.1

$$S_{\text{эк.пр}} = \frac{115,6}{1,1} = 105 \text{ мм}^2,$$

Выбираем стандартное значение площади провода СИП $3 \times 120 \text{ мм}^2$.

Рассчитываем сечение кабеля сети 0,4 кВ

Рассчитываем сечения жил в кабеле 0,4 кВ, по экономической плотности тока пользуясь выражениями 9.1 и 9.3, полученные в результате расчетов значения, округляем до ближайшего стандартного сечения и заносим в таблицу 9.2.

Таблица 9.2 – Расчетные значения сечения кабеля 0,4 кВ

Наименование оборудования	S кВА	I _p А	S _{эк.пр} ² мм ²	S _{пр} ² мм ²
Участок №1(Таблетирование)				
Вибрационный просеиватель	2,27	3,3	1,1	1,5
Трехмерная перемешивающая машина	2,53	3,7	1,2	1,5
Смеситель-опудриватель	10,00	14,5	4,7	6
Сушилка-гранулятор	3,75	5,4	1,7	2,5
Сушилка-гранулятор	3,75	5,4	1,7	2,5
Калибратор	3,60	5,2	1,7	2,5
Капсулонаполняющая машина	2,25	3,3	1,0	1,5
Блистеровачная машина	4,11	5,9	1,9	2,5
Картонажная машина	5,33	7,7	2,5	2,5
Транспортёр	2,65	3,8	1,2	1,5
Освещение	1,84	2,7	0,9	1,5
Итого	42,07	60,8	19,6	25
Участок №2(Таблетирование)				
Вибрационный просеиватель	2,27	3,3	1,1	1,5
Смеситель-опудриватель	10,00	14,5	4,7	6
Сушилка-гранулятор	3,75	5,4	1,7	2,5
Сушилка-гранулятор	3,75	5,4	1,7	2,5
Калибратор	3,60	5,2	1,7	2,5
Роторный пресс	7,50	10,8	3,5	3,5
Блистеровачная машина	5,56	8,0	2,6	3,5
Картонажная машина	5,33	7,7	2,5	2,5
Транспортёр	2,94	4,3	1,4	2,5
Освещение	1,84	2,7	0,9	1,5
Итого	46,53	67,2	21,7	25
Участок №3(Таблетирование)				
Вибрационный просеиватель	2,27	3,3	1,1	1,5
Смеситель-опудриватель	10,00	14,5	4,7	6
Сушилка-гранулятор	3,75	5,4	1,7	2,5
Сушилка-гранулятор	3,75	5,4	1,7	2,5
Просеивающая мельница	2,14	3,1	1,0	1,5
Калибратор	3,60	5,2	1,7	2,5
Роторный пресс	7,50	10,8	3,5	3,5
Блистеровачная машина	5,56	8,0	2,6	3,5
Картонажная машина	5,33	7,7	2,5	3,5
Транспортёр	2,94	4,3	1,4	2,5
Освещение	1,84	2,7	0,9	1,5
Итого	48,68	70,3	22,7	25

Продолжение таблица 9.2

Участок №4 (Мази)				
Плавильная машина	6,32	9,1	2,9	3,5
Жерновая мельница	3,45	5,0	1,6	2,5
Гомогенизирующая машина	4,00	5,8	1,9	2,5
Тубонабивочная машина	2,93	4,2	1,4	1,5
Картонажная машина	2,50	3,6	1,2	1,5
Транспортёр	3,18	4,6	1,5	1,5
Освещение	1,84	2,7	0,9	1,5
итого	24,21	35,0	11,3	25
Участок №5 (Ампульная)				
Мешалка	1,50	2,2	0,7	1,5
Стерилизатор	3,33	4,8	1,6	2,5
Сушильный шкаф	3,33	4,8	1,6	2,5
Ампулирование	3,57	5,2	1,7	2,5
Автоклав	3,16	4,6	1,5	2,5
Упаковочная машина	2,00	2,9	0,9	1,5
Освещение	1,84	2,7	0,9	1,5
итого	18,73	27,1	8,7	10
Вентиляционная				
Чиллерная установка №1	88,2	127,5	41	50
Чиллерная установка №2	88,2	127,5	41	50
Вентиляционная камера №1	12,50	18,1	5,8	6
Вентиляционная камера №2	12,50	18,1	5,8	6
Вентиляционная камера №3	12,50	18,1	5,8	6
Вентиляционная камера №4	12,50	18,1	5,8	6
Освещение	0,82	1,2	0,4	1,5
Компрессорная				
Компрессор №1	27,59	39,9	12,9	16
Компрессор №2	27,59	39,9	12,9	16
Освещение	0,51	0,7	0,2	1,5
Склад				
Кондиционирование	20,00	28,9	9,3	10
Освещение	2,04	2,9	1,0	1,5
итого	22,04	31,9	10,3	16
Офисные помещения				
Кондиционирование	42,50	61,4	19,8	25
Освещение	8,16	11,8	3,8	4,5
итого	50,66	73,2	23,6	25
Аварийное освещение	2,45	3,5	1,1	1,5

Согласно данным по произведённым расчётам, указанных в таблице 9.1, выбираем тип кабеля и заносим в таблицу 9.2.

Таблица 9.2 – марка кабаля для электроснабжения завода

Тип оборудования	Метод прокладки кабеля	Марка кабеля
освещения	внутренняя разводка в лотке	ВВГнг 5×2,5 мм ²
розеток и прочих нужд производственных участков и офисных помещений	внутренняя разводка в лотке	ВВГнг 5×3,5 мм ²
силового оборудования производственных участков	внутренняя разводка в лотке	ВВГнг 5×10 мм ²
вентиляционных камер	внутренняя разводка в лотке	ВВГнг 5×10 мм ²
компрессорных установок	внутренняя разводка в лотке	ВВГнг 5×16 мм ²
от КТП до щитовой 0,4 кВ, для каждого производственного участка, вентиляционных установок, компрессорной, офисных помещений	в открытом грунте	ВББШв 5×25 мм ²
от КТП до чиллерных установок	в открытом грунте	ВББШв 5×50 мм ²

10 Расчёт падения напряжения в сети электроснабжения завода

Согласно ПУЭ (1.2.23.) Устройства регулирования напряжения должны обеспечивать поддержание напряжения на шинах с напряжением 3-20 кВ подстанций, к которым присоединены распределительные сети, в пределах не ниже 105 % номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100% номинального в период наименьших нагрузок этих сетей.

Согласно ПУЭ в нормальном режиме работы уровень напряжения в сети 0,4 кВ не должно превышать (± 5) % от $U_{\text{ном}}$.

Так, как напряжение на шинах 0,4 кВ должно поддерживаться 1,05 % $U_{\text{ном}}$ то в конце линии напряжение не должно быть ниже 0,95 % $U_{\text{ном}}$, что соответствует 0,36 кВ.

Расчет падения напряжения в сети электроснабжения производим по выражениям: для 3-х фазной цепи:

$$\Delta U = \frac{P_{\text{р.нагр}} \times R + Q_{\text{р.нагр}} \times X}{U_{\text{л}}}, \quad (10.1)$$

для 2-х фазной цепи:

$$\Delta U = \frac{2 \times (P_{\text{р.нагр}} \times R + Q_{\text{р.нагр}} \times X)}{U_{\text{ф}}}, \quad (10.2)$$

где ΔU – уровень падения напряжения на участке цепи;

P – активная мощность передаваемая по кабельной линии, кВт;

Q – реактивная мощность передаваемая по кабельной линии, кВАр;

R – удельное активное сопротивление кабельной линии, Ом/м;

X – среднее удельное индуктивное сопротивление кабельной линии равное 0,00006 Ом/м;

L – длина кабельной линии, м;

$U_{\text{л}}$ – линейное напряжение сети, В;

$U_{\text{ф}}$ – фазное напряжение сети, В.

Удельное сопротивление кабеля рассчитываем по формуле и заносим в таблицу 10.1:

$$R = \frac{\rho \times L}{S}, \quad (10.3)$$

где R – сопротивление кабеля в Ом;

ρ – удельное сопротивление медного провода равная 0,018 Ом мм²/м, удельное сопротивление алюминиевого провода равная 0,027 Ом мм²/м;

L – длина кабеля в метрах;

S – сечение проводника в мм².

Рассчитываем допустимое падение напряжения в линии 6 кВ

Рассчитываем падение напряжения в линии 6 кВ, пользуясь рисунком 10.1 и выражениями 10.1, 10.3, полученные результаты заносим в таблицу 10.1.

Расчёт производим по послеаварийному режиму, когда вся нагрузка переведена на одну линию и загрузка трансформатора в 1,4 раза превышает $P_{\text{ном. раб.}}$

Таблица 10.1 – Расчётные значения падения напряжения ВЛ 6 кВ.

	$P_{\text{авар}}$ кВт	$Q_{\text{авар}}$ кВар	$S_{\text{пров}}$ мм ²	L м	R Ом	X Ом	ΔU В
Уч. Л 1 СИП 3×120	1153,6	865,2	120	1300	0,29	0,08	67
Уч. Л 2 СИП 3×120	882	661,5	120	20	0,004	0,001	0,8
Уч. Л 3 СИП 3×120	560	420	120	150	0,03	0,009	3,8

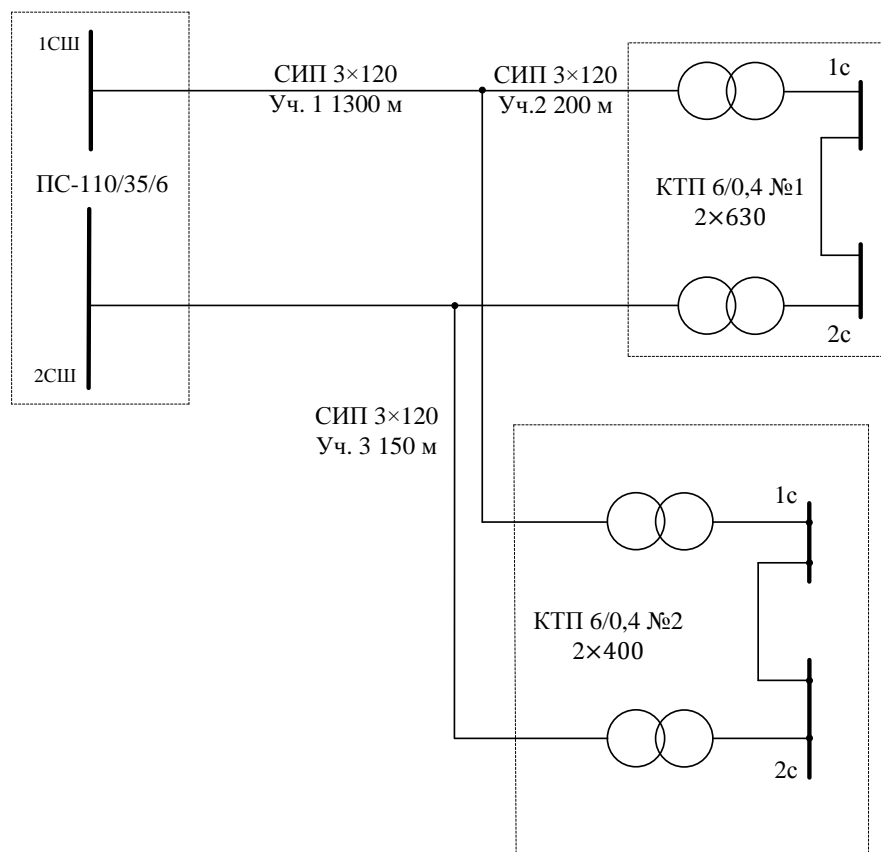


Рисунок 10.1 – схема расчёта падения напряжения в сети 6 кВ

Суммарное падение напряжения на высоковольтных вводах силового трансформатора КТП 1 равно:

$$\Delta U_{\text{КТП1}} = \Delta U_{\text{уч.1}} + \Delta U_{\text{уч.2}} = 67,8 \text{ В,}$$

$$\Delta U_{\text{КТП2}} = \Delta U_{\text{уч.1}} + \Delta U_{\text{уч.3}} = 70,8 \text{ В,}$$

Падение напряжение по стороне 6 кВ в пределах нормы и выбранный провод СИП 3×120 соответствует всем параметрам.

Рассчитываем допустимое падение напряжения в сети 0,4 кВ:

$$\Delta U_{\text{доп}} = \frac{\Delta U_{0,4} \%}{100} \times U_{\text{ном}} = \frac{5}{100} \times 0,38 = 0,02 \text{ кВ,}$$

Падение напряжения в кабеле (между фазами) по стороне 0,4 кВ трёхфазном переменном токе рассчитываем по выражению 10.1 (расчёты производим по самым длинным участкам питающей сети 0,4 кВ).

Падение напряжения в кабеле (между фазой и нулевым проводом) по стороне 0,4 кВ трёхфазном переменном токе рассчитываем по выражению 10.2. Все полученные значения заносим в таблицу 10.2:

Таблица 10.2 – Расчётные значения падения напряжения по стороне 0,4 кВ.

	$P_{\text{авар}}$ кВт	$Q_{\text{авар}}$ кВар	$S_{\text{пров}}$ мм ²	L м	R Ом	X Ом	ΔU В
ВВГнг 5×2,5 освещение	1,8	0,4	2,5	125	0,9	0,007	4,1
ВВГнг 5×10 оборудование. уч.	8	6	10	90	0,16	0,005	3,3
ВВГнг 5×10 венткамера	8,75	8,9	16	20	0,16	0,001	0,5
ВВГнг 5×16 компрессор	24	13,6	25	30	0,02	0,002	1,4
ВБбШв 5×50 чиллер	75	46,48	50	130	0,05	0,008	5,5
ВБбШв 5×25 щитовая 0,4 кВ	37	28,38	25	140	0,02	0,002	5,3

По произведённым расчётам падение напряжения на самых удалённых и загруженных линиях сети 0,4 кВ в пределах нормы, и выбранное сечение кабеля выбрано правильно.

11 Расчёт токов короткого замыкания в сети 6 и 0,4 кВ

Рассчитываем токи короткого замыкания на шинах 6 кВ КТП

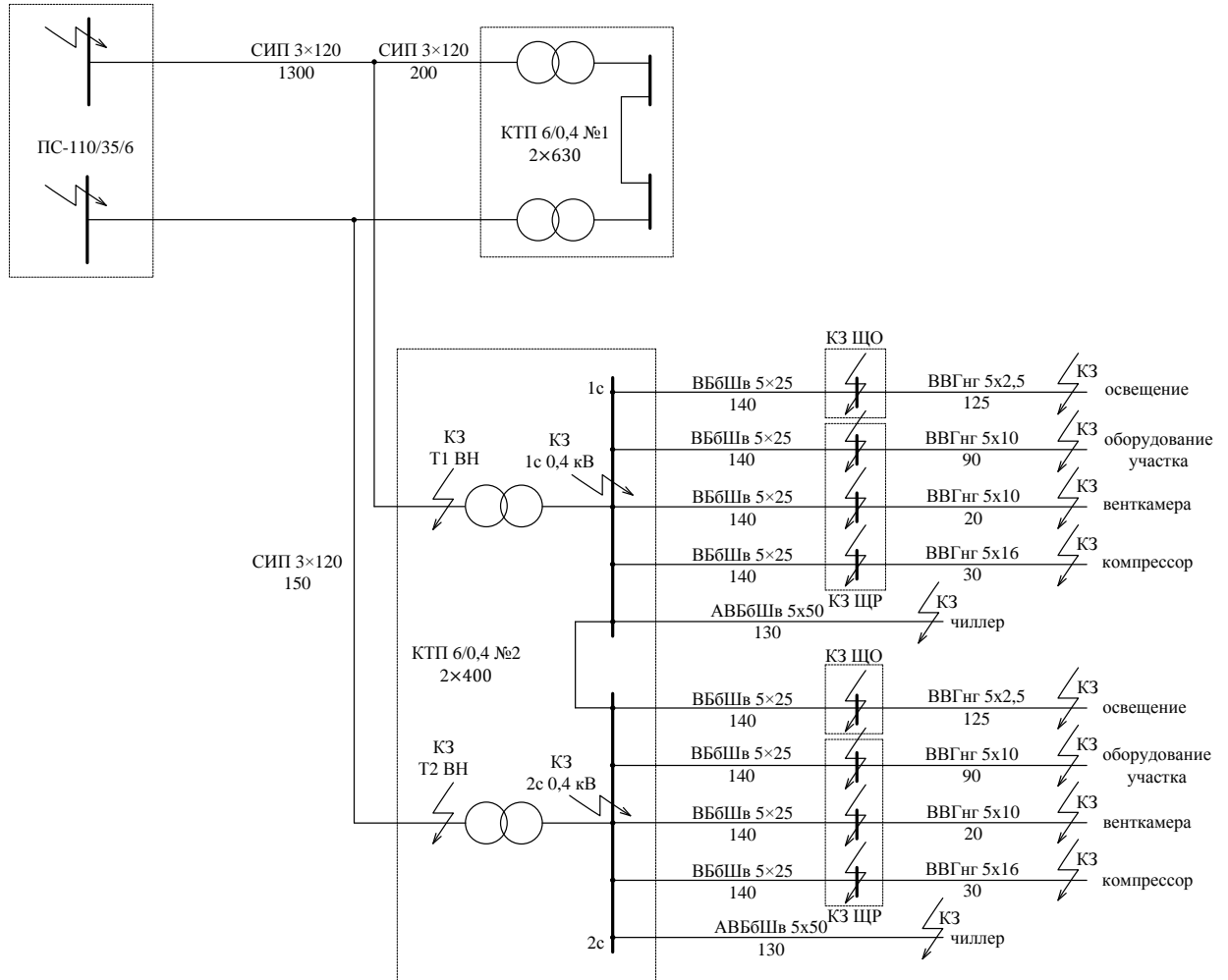


Рисунок 11.1 – электрическая схем для расчета токов КЗ

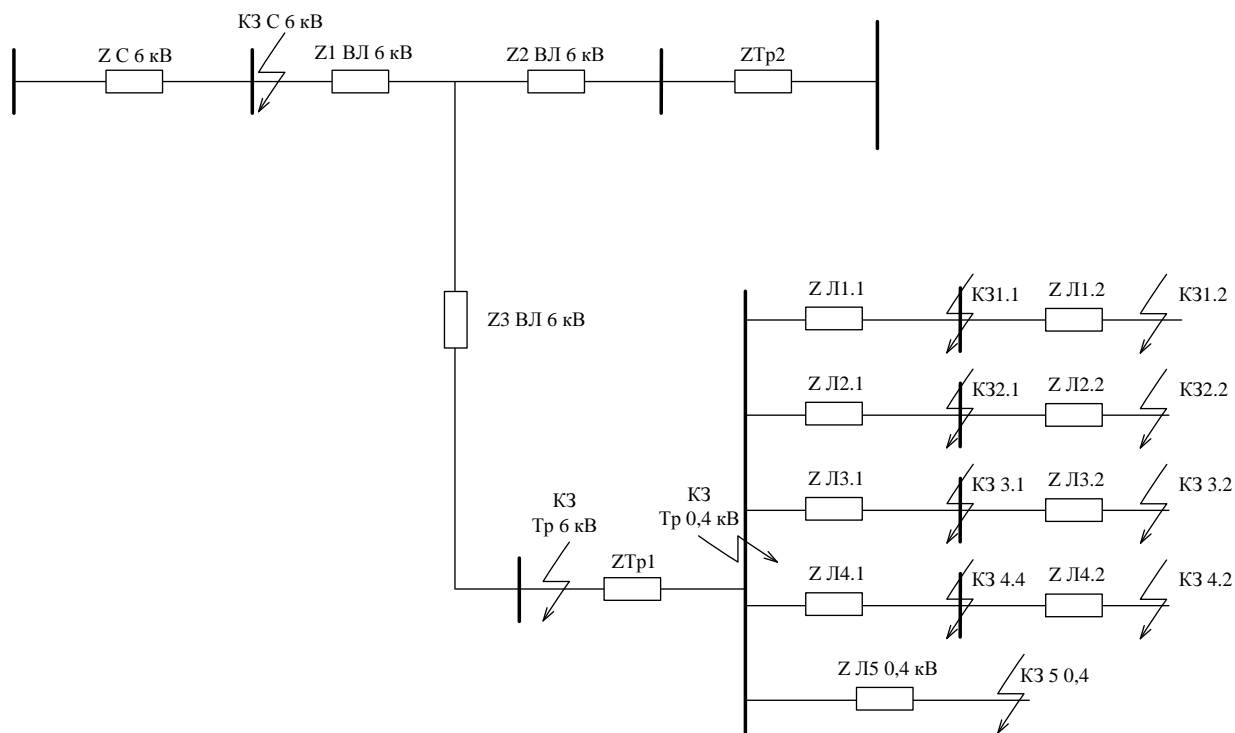


Рисунок 11.2 – схема замещения для расчета токов КЗ

Сопротивление питающей системы рассчитываем по выражению:

$$Z_C = \frac{U_{дейст}}{\sqrt{3} \times I_{КЗ}}, \text{ Ом} \quad (11.1)$$

Действующее напряжение для расчёта токов КЗ принимаем на 5 % выше $U_{ном}$ равное 6,3 кВ.

$$Z_C = \frac{6,3}{\sqrt{3} \times 12} = 0,43 \text{ Ом},$$

Полное сопротивление линии 6 кВ, пользуясь данными таблицы 10.1, рассчитываем по выражению 11.3:

$$Z_{ВЛ6} = \sqrt{R_{ВЛ6}^2 + X_{ВЛ6}^2} = \sqrt{0,29 + 0,03^2 + 0,08 + 0,009^2} = 0,32 \text{ Ом},$$

Рассчитываем ток 3-х фазного замыкания на шинах 6 кВ:

$$I_{\text{КЗ6}}^{(3)} = \frac{U_{\text{дейст}}}{\sqrt{3} Z_{\text{C}} + Z_{\text{ВЛ6}}}, \quad (11.2)$$

$$I_{\text{КЗ6}}^{(3)} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \times 0,43 + 0,32} = 4,85 \text{ кА.}$$

Рассчитываем ударный ток 3-х фазного КЗ на шинах 6 кВ КТП по выражениям 11.3, 11.4, 11.5:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \times k_{\text{уд}} \times I_{\text{КЗ}}, \quad (11.3)$$

$$k_{\text{уд}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_{\text{a}}}}, \quad (11.4)$$

$$T_{\text{a}} = \frac{X_6}{\omega \times R_6}, \quad (11.5)$$

$$T_{\text{a}} = \frac{0,1}{314 \times 0,32} = 4,5,$$

$$k_{\text{уд}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,7}} = 1,9$$

где $I_{\text{КЗ}}$ – действующее значение установившегося тока КЗ;

$k_{\text{уд}}$ – ударный коэффициент:

где T_{a} – постоянная времени затухания:

где ω – угловая частота соответствует 314.

Рассчитываем ударный ток КЗ на шинах 6 кВ:

$$i_{уд}^6 = \sqrt{2} \times 1,9 \times 4,85 = 13 \text{ кА},$$

Полученные значения при расчёте 3-х токов КЗ по стороне 6 кВ, заносим в таблицу 11.1.

Рассчитываем токи короткого замыкания на шинах 0,4 кВ КТП

Рассчитываем токи КЗ на выводах 0,4 кВ, на шинах распределительного щита 0,4 кВ и на самых удалённых участках сети 0,4 кВ.

Приводим сопротивление системы 6 кВ к сети 0,4 кВ:

$$Z_{C, 0,4/6} = 0,43 \times \left(\frac{0,4}{6}\right)^2 = 0,002 \text{ Ом},$$

Приводим сопротивление линии 6 кВ к стороне 0,4 кВ:

$$Z_{Л, 0,4/6} = 0,32 \times \left(\frac{0,4}{6}\right)^2 = 0,001 \text{ Ом},$$

Рассчитываем сопротивление трансформатора ТМ 400/6 согласно данным указанных в таблице 4

$$X_{Тр} = \frac{U_{К\%} \times U_{Тр}^2}{100 \times S_{ном.Тр}} = \frac{5,5 \times 6^2}{100 \times 400} = 7,9 \text{ Ом},$$

где: $X_{Тр}$ – активное сопротивление трансформатора;

$U_{Тр}$ – номинальное напряжение силового трансформатора;

$U_{К\%}$ – напряжение КЗ силового трансформатора в %;

$S_{ном. Тр}$ – номинальная мощность трансформатора.

Приводим сопротивление трансформатора к сети 0,4 кВ:

$$X_{Тр, 0,4/6р} = 7,9 \times \left(\frac{0,4}{6}\right)^2 = 0,035 \text{ Ом},$$

Рассчитываем ток 3-х фазного КЗ на шинах 0,4 силового трансформатора:

$$I_{\text{КЗ } 0,4}^{(3)} = \frac{U_{0,4}}{\sqrt{3} Z_{\text{С } 0,4/6} + Z_{\text{Л } 0,4/6} + X_{\text{Тр } 0,4/6\text{р}}}, \quad (11.6)$$

$$I_{\text{КЗ } 0,4}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \times 0,002 + 0,001 + 0,035} = 6,07 \text{ кА.}$$

Рассчитываем ударный тока на шинах 6 кВ:

$$i_{\text{уд}}^{0,4} = \sqrt{2} \times 1,4 \times 6,07 = 12 \text{ кА,}$$

Расчёт тока КЗ в сети 0,4 кВ.

На основании произведённых расчетов указанных в таблице 10.2 рассчитываем полное сопротивление линий 0,4 кВ по выражению 11.7 и полученные значения заносим в Таблицу 11.2.

:

$$Z_{\text{Л } 0,4} = \sqrt{R_{\text{Л}}^2 + X_{\text{Л}}^2}, \text{ Ом,} \quad (11.7)$$

Где $Z_{\text{Л } 0,4}$ – полное сопротивление линии 0,4 кВ.

Таблица 11.2 – Полные сопротивления участков цепи для расчетов тока КЗ по стороне 0,4 кВ.

	R Ом	X Ом	Z Ом
Z С 6			0,002
Z ВЛ 6			0,001
Z Тр			0,035
Z Л 1.1; Z Л 2.1 Z Л 3.1; Z Л 4.1	0,05	0,0084	0,05
Z Л 1.2	0,9	0,0075	0,9
Z Л 2.2.	0,2	0,0054	0,2
Z Л 3.2	0,02	0,0012	0,02
Z Л 4.2	0,02	0,0018	0,02
Z Л 5	0,02	0,0078	0,03

Рассчитываем ток 3-х фазного КЗ в сети 0,4 кВ по выражению 11.6 и полученные значения заносим в таблицу 11.3:

Рассчитываем ток 2-х фазного КЗ в сети 0,4 кВ по выражению 11.8 и полученные значения заносим в таблицу 11.3:

$$I_{\text{КЗ } 0,4}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{\text{КЗ } 0,4}^{(3)}, \quad (11.8)$$

Рассчитываем ток 1-х фазного КЗ в сети 0,4 кВ по выражению 11.9 и полученные значения заносим в таблицу 11.3:

$$I_{\text{КЗ } 0,4}^1 = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi-0} + \frac{Z_{\text{Тр}}}{3}}, \text{ кА}, \quad (11.9)$$

где $U_{\phi} = 0,23$ кВ;

$Z_{\text{Тр}}$ – полное сопротивление трансформатора при 1-о фазном КЗ на стороне 0,4 кВ;

$Z_{\phi-0}$ – сопротивление петли «фаза – ноль».

Рассчитываем сопротивление петли «фаза – ноль» по выражению 11.10.

$$Z_{\phi-0} = 2 \times Z_{\text{Л0,4}}, \quad (11.11)$$

Таблица 11.3 – Расчётные токи КЗ в сети 6 и 0,4 кВ

	$I_{\text{КЗ1}}^{(3)}$ кА	$I_{\text{КЗ1}}^2$ кА	$I_{\text{КЗ1}}^1$ кА	$i_{\text{уд}}^6$	$i_{\text{уд}}^{0,4}$ кА
КЗ _{Тр 6 кВ}	4,85	4,2		13	
КЗ _{Тр 0,4 кВ}	6,07	5,2			12
КЗ _{ЩР 0,4 кВ}	4,6	3,9	2		9
КЗ _{1,2}	0,24	0,2	0,12		0,47
КЗ _{2,2}	1,1	0,9	0,53		2,1
КЗ _{3,2}	3,3	2,8	1,5		6,5
КЗ _{4,2}	3,3	2,8	1,5		6,5
КЗ ₅	3,4	2,9	1,35		6,7

12 Выбор электрических аппаратов сети электроснабжения завода

Электрическое оборудование выбираем по следующим параметрам:

1. номинальному напряжению сети, не должно превышать номинальное напряжение работы коммутационного аппарата;
2. номинальный ток КА должен быть не меньше максимально рабочего тока нагрузки.
3. отключающая способность КА рассчитывается на максимальные токи КЗ.

Защита линий 0,4 кВ.

Выбираем автоматические выключатели с тепловым и электромагнитным расцепителем комбинированного типа. Электромагнитный расцепитель предназначен для защиты защищаемого участка от перегрузки, а электромагнитный расцепитель от токов КЗ фирмы АВВ.



Рисунок 12.1 – внешний вид автоматических выключателей АВВ.

Для селективной работы автоматов рассчитываем параметр выключателей с наиболее удалённых потребителей.

При защите линии от перегрузки, ток теплового расцепителя автоматического выключателя рассчитываем по выражению 12.1, 12.2:

$$I_{\text{н.т.расц.}} \geq k_{\text{н}} I_{\text{н}}, \quad (12.1)$$

$$I_{\text{н.т.расц.}} \geq k_{\text{н}} I_{\text{р}}, \quad (12.2)$$

где $I_{\text{н.т.расц.}}$ – ток срабатывания теплового расцепителя;

$I_{\text{н}}$ – номинальный ток потребителя;

$I_{\text{р}}$ – расчетный ток группы потребителей;

$k_{\text{н}}$ – коэффициент надежности;

$k_{\text{н}} = 1,05$ – для потребителей без пусковых токов;

$k_{\text{н}} = 1,2$ – для сварочного оборудования;

$k_{\text{н}} = 1,2 \div 1,35$ – с пусковыми токами.

Для защиты линии от токов КЗ уставки токовой отсечки мгновенного действия – электромагнитного расцепителя рассчитываем по выражению 12.3, 12.4. Ток уставки электромагнитного расцепителя не должен срабатывать при допустимых кратковременных перегрузках (при пуске электродвигателя):

$$I_{\text{н.эл.расц.}} \geq 1,25 \div 1,35 \times I_{\text{пуск}}, \quad (12.3)$$

$$I_{\text{н.эл.расц.}} \geq 1,35 I_{\text{р}}, \quad (12.4)$$

где $I_{\text{н.эл.расц.}}$ – ток срабатывания электромагнитного расцепителя;

$I_{\text{пуск}}$ – пусковой ток электродвигателя.

Пусковой ток электродвигателя рассчитываем по выражению:

$$I_{\text{пуск}} = k \times I_{\text{н.}}, \quad (12.5)$$

k – кратность пускового тока равная 5 ... 7 и зависит от нагрузки на валу электродвигателя.

В зависимости вида защиты, от токов КЗ или от перегрузки кабельной линии током нагрузки оборудования, согласно ПУЭ коэффициент соотношения между $I_{\text{защ}}$ или $I_{\text{доп}}$ провода должно соответствовать условию:

$$I_{\text{доп}} \geq k_{\text{защ}} I_{\text{н.эл.расц.}}, \quad (12.6)$$

$$I_{\text{доп}} \geq k_{\text{защ}} I_{\text{н.пл.вст}}, \quad (12.7)$$

где $I_{\text{доп}}$ – допустимый ток линии ограниченный пропускной способностью линии.

Для защиты от токов КЗ,

$k_{\text{защ}}$ равен 0,33 для предохранителей;

$k_{\text{защ}}$ равен 0,22 для автоматов с электромагнитными расцепителями.

Для защиты от перегруза:

$$I_{\text{доп}} \geq k_{\text{защ}} I_{\text{н.т.расц.}}, \quad (12.8)$$

На основании таблицы расчётных токов нагрузки 9.2 и таблице токов КЗ для участков цепи рассчитываем номинальные данные тепловых расцепителей и токовой отсечки автоматических выключателей для защиты сети 0,4 кВ и заносим полученные данные в таблицу 12.1.

Рассчитываем ток термического и электромагнитного отключения автомата питающей линии чиллерной установки, основная нагрузка которой электродвигатель мощностью 88 кВт, которая питается от секций 0,4 кВ ТП:

$$I_H = \frac{S_H}{\sqrt{3} \times U_H \times \cos\varphi_H} = \frac{88}{\sqrt{3} \times 0,4 \times 0,8} = 127 \text{ A},$$

$$I_{H.T.расц.} \geq k_H I_H = 127 \times 1,35 = 171,5 \text{ A},$$

Для защиты питающей линии от токов перегрузки, выбираем ближайший стандартный номинальный ток теплового расцепителя равный 180 А автоматического комбинированного выключателя фирмы АВВ.

$$I_{H.эл.расц.} \geq 1,25 \div 1,35 \times I_{пуск} = 127 \times 7 \times 1,35 = 1200 \text{ A},$$

У автоматического выключателя фирмы АВВ существует выбор кратности токовой отсечки от I_H со степенью регулирования 2 от 1 до 10.

Кратность отсечки рассчитываем как:

$$\frac{I_{H.эл.расц.}}{I_{H.T.расц.}} = \frac{1200}{180} = 6,6,$$

Выбираем ближайшее наибольшее значение кратности ТО 8.

Для защиты питающей кабельной линии от перегруза должно выполняться условие:

$$I_{доп} \geq k_{защ} I_{H.T.расц.}, \quad (12.8)$$

где $I_{доп}$ – допустимый ток линии,

$$155 \geq 0,22 \times 180 = 40 \text{ A},$$

Рассчитываем чувствительность теплового расцепителя к токам отключения однофазного КЗ в конце защищаемой линии:

$$k_{\text{ч}}^{\text{T}} = \frac{I_{\text{КЗ}}^1}{I_{\text{н.расц.Т}}} \geq 3, \quad (12.9)$$

где $I_{\text{КЗ}}^1$ ток однофазного КЗ в конце линии.

На основании таблицы 11.3 рассчитываем коэффициент чувствительности выключателя к токам однофазного КЗ:

$$\frac{1350}{180} = 7,5 > 3,$$

На основании таблицы 11.3 рассчитываем коэффициент чувствительности электромагнитного расцепителя к токам двухфазного КЗ:

$$k_{\text{ч}}^{\text{Э}} = \frac{I_{\text{К}}^2}{I_{\text{н.расц.0}}} \geq 1,2, \quad (12.13)$$

где $I_{\text{К}}^2$ – ток двухфазного КЗ в линии.

$$k_{\text{ч}}^0 = \frac{2900}{1200} = 2,4 \geq 1,2$$

Автоматический выключатель фирмы АВВ соответствует всем требованиям и может использоваться для защиты кабельной линии электропитания чиллерной установки от перегруза и токов КЗ.

Остальные линии рассчитываются аналогичным методом и заносятся в таблицу 12.1

Таблица 12.1 – уставки отключения автоматических выключателей

Наименование линии	$I_{н.пров}$ А	$I_{р\ нагр}$ А	$I_{пуск}$ А	K_H	K_{Σ}	I_{K31}^1 кА	I_{K31}^2 кА	$I_{н.т.расц}$ А	$I_{н.эл.расц}$ А
ВВГнг 5×2,5 освещение	8	3	-	1.1	1.1	0,12	0,2	3	3
ВВГнг 5×10 оборудование. уч.	31	11	54	1,35	1,35	0,53	0,9	16	73
ВВГнг 5×10 венткамера	50	18	23	1,25	1,2	1,5	2,8	25	27,6
ВВГнг 5×16 компрессор	78	40	280	1,35	1,35	1,5	2,8	63	378
ВББШв 5×50 чиллер	155	127	892	1,35	1,35	1,35	2,9	180	1200
ВББШв 5×25 щитовая 0,4 кВ	87	70	103	1,2	1,2	2	3,9	90	123

Выбираем электрооборудования по стороне 0,4 кВ КТП

Вводные и секционный автоматические выключатели от трансформатора на шинах 0,4 кВ устанавливаем фирмы АВВ с защитой от всех видов КЗ и перегрузки трансформатора, выполненной на электронной базе с возможностью дистанционного управления, также на этих выключателях будет собрана схема АВР 0,4 кВ.

Вводной автоматический выключатель выбираются по номинальной мощности силовых трансформаторов с учетом их допустимой перегрузки.

Максимальный рабочий ток на стороне низкого напряжения рассчитываем по выражению:

$$I_{0,4 \text{ макс}} = \frac{S_{\text{max}}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{560}{\sqrt{3} \times 0,4} = 808 \text{ А,}$$

Номинальный ток выключателя рассчитываем по выражению:

$$I_{н.расц.} \geq 1,3 \times I_{0,4 \text{ макс Тр.}} = 1,3 \times 808 = 1050 \text{ А,}$$

Защита от токов КЗ рассчитывается как:

$$\begin{aligned} I_{расц.КЗ} &\geq 1,3 \times (I_{0,4 \text{ макс Тр.}} + I_{0,4 \text{ пуск дв}} - I_{0,4 \text{ ном дв}}) = \\ &= 1,3 \times (808 + 892 - 127) = 1534 \text{ А,} \end{aligned}$$

Таблица 12.2 – Номинальные данные вводного выключателя

$U_{ном}$, кВ	0,6
$U_{Наибольшее \text{ рабочее}}$, кВ	1
$I_{ном}$, А	1200
$I_{откл}$, кА	50
T откл, мс	35
T вкл, мс	75

Таблица 12.3 – Расчётные данные автоматов фирмы АВВ

Каталожные данные	Условия выбора	Расчетные данные
0,6кВ	$U_{ном.авт} > U_{ном}$	0,4 кВ
1200 А	$I_{откл.авт} > I_{н.расц.}$	1050 А
50 кА	$i_{пр.с} > i_y$	12 кА

Выбираем защитное электрооборудования по стороне 6 кВ КТП

Рассчитываем максимальный рабочий ток приходящийся на КТП на стороне 6 кВ напряжения:

Максимальный рабочий ток на стороне высокого напряжения равен:

$$I_{6 \text{ макс}} = \frac{S_{\text{max}}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{560}{\sqrt{3} \times 6} = 54 \text{ А,}$$

Для снижения общей стоимости трансформаторной ПС нет необходимости устанавливать коммутационные аппараты на стороне 6 кВ.

Для отделения силового трансформатора от сети 6 кВ, а также для защиты трансформатора от токов КЗ возникших при внутренних повреждениях или на высоковольтных вводах применяются плавкие кварцевые предохранители – ПК установленные перед вводами трансформатора, от источника питания.

Рассчитываем номинальный ток плавких предохранителей 6 кВ от максимально возможного ток нагрузки послеаварийном режиме:

$$I_{\text{ПВ}} \geq 1,25 \times I_{6 \text{ макс}} = 1,25 \times 54 = 67 \text{ А,}$$

Согласно произведённым расчётам выбираем предохранители с током плавкой вставки 80А и номинальным током отключения 20 кА, типа ПКТ-102-6-80-20 У1.

Заключение

В данной квалификационной работе «Электроснабжение завода медицинских препаратов ООО Озон» выполнено:

1. произведены расчёты предполагаемой электрической нагрузки производственных участков;
2. выбран тип и мощность силовых трансформаторов с компенсирующими устройствами реактивной мощности;
3. выбран метод заземления нейтрали трансформатора и оборудования завода, также произведён расчёт контура заземления по необходимому сопротивлению для данной электроустановки;
4. выбрана оптимальная схема сети 6 кВ и внутризаводской сети электроснабжения производственных участков с необходимым сечением воздушных и кабельных линий электропитания, по допустимой токовой нагрузке и потери напряжения в линиях;
5. по расчётным данным токов короткого замыкания выбраны коммутационные аппараты ТП и распределительного устройства 0,4 кВ.

Данная работа выполнена в соответствии с методических и руководящими материалами по проектированию сетей электроснабжения промышленных предприятий, требований правил ПУЭ, и другой нормативно и методической литературы.

Список использованных источников

1. Правила устройства электроустановок. - 7-е издание. – СПб.: Энергоатомиздат. 2013.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок и потребителей. М.: Энергоатомиздат. 2013.
3. Степкина Ю.В., Салтыков В. М. Проектирование электрической части понизительной подстанции Учебно – методическое пособие для курсового и бакалаврского проектирования / Степкина Ю.В., В. М Салтыков – Тольятти.:ТГУ. 2013. – 125с.
4. Федоров А. А., Старкова Л. Е. Учебное пособие для курсового и бакалаврского проектирования / Федоров А. А., Старкова Л. Е. – М.: Энергоатомиздат, 2012. – 364 с.
5. Басс Э. И. Релейная защита электроэнергетических установок / Басс Э. И. – М.: Энергоатомиздат. 2002.
6. Барыбина Ю. Г. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Барыбина Ю. Г. М.: Энергоатомиздат, 2013. – 576 с.
7. Андреев. В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов. – Высшая школа, 2012.
8. Вахнина В. В. Проектирование систем электроснабжения. Учеб.-метод. пособие / Вахнина В. В., Черненко А. Н.; ТГУ; Ин-т энергетики и электротехники; каф. "Электроснабжение и электротехника". – ТГУ. Тольятти, 2016. – 78 с.
9. Карякин Р. Н. Заземляющие устройства электроустановок / Карякин Р. Н., – М.: Энергосервис, 2014. – 375с.
10. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: уч. пособие для вузов / Неклепаев Б. Н., Крючков И. П., М:

Энергоатомиздат. 2011.

11. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для вузов / Б. И. Кудрин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Академия, 2012. – 351 с.

12. Алиев, И.И., Казанский, С.Б. Кабельные изделия: Справочник/ И.И. Алиев, С.Б. Казанский. - М.: ИП Радио Софт, 2012.-224с.

13. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования: РД 153-34.0-20.527-98 / под ред. Неклепаева. Б. Н. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2012. – 143 с. : ил. – Прил.: с. 136-143.

14. Справочник энергетика. Учебник. / Григорьев В. И. 2014.

15. Электротехнический справочник: Т.3. Производство и передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. Герасимова В .Г. и др. М.: МЭИ. 2012.

16. Шевченко Н. Ю. Электроснабжение: учебное пособие / Шевченко Н. Ю. – Волгоград: ВГТУ, 2016.

17. Руководство по устройству электроустановок, технические решения Schneider Electric, июль 2012.

18. Описание масляных герметичных трансформаторов «Трансформер»: каталог трансформаторы ТМГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// transformator.ru / upload/iblock / 48b / Katalog_transformator_TMG_pass.pdf](http://transformator.ru/upload/iblock/48b/Katalog_transformator_TMG_pass.pdf)

19. Gers, J. M. Protection of Electricity Distribution Networks, 3rd Edition (Energy Engineering) / J. M. Gers, E. D. Holmes. - The Institution of Engineering and Technology, 2011. – 368 с.

20. Mcdonald, J. D. Electric Power Substations Engineering / J. D. Mcdonald [и др.]. – Майями: CRC Press Taylor & Francis Group, 2012. – 593с

21. Bayliss, C. Transmission and Distribution Electrical Engineering / C. Bayliss, B. Hardly. – Newnes, 2012. – 1180 с.

22. Protective relaying: principles and applications, .Textbook,J. Lewis, Domin, Thomas J. Taylor & Francis Group,LCC ,2014.-695с.