

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Электроснабжение прессового производства автозавода

Обучающийся

Р.Т. Мугинов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., И.В. Горохов

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

Тольятти 2022

## Аннотация

Пояснительная записка содержит 45 страниц, графическая часть выполнена в виде презентации, 24 источника.

Ключевые слова: электроснабжение, нагрузка, реактивная мощность, трансформатор, оборудование.

Предметом исследования выпускной квалификационной работы является система электроснабжения прессового производства автозавода

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является прессовое производство автозавода.

Цель выпускной квалификационной работы – разработка проекта системы электроснабжения прессового производства автозавода.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- расчет силовых электрических нагрузок прессового производства;
- расчет компенсации реактивной мощности и силовых трансформаторов прессового производства;
- расчет токов КЗ;
- выбор коммутационного оборудования в трансформаторной подстанции прессового производства;
- выбор кабельных линий;
- расчет заземляющего устройства.

Выпускная квалификационная работа разделена на три раздела.

В первом разделе проведен анализ объекта исследования.

Во втором разделе проведен расчет системы электроснабжения.

В третьем разделе проведен расчет заземляющего устройства.

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| Введение.....   | 4  |
| 1 Общая часть .....   | 6  |
| 1.1 Общие сведения о производстве.....                        | 6  |
| 1.2 Характеристика системы электроснабжения предприятия ..... | 7  |
| 1.3 Анализ потребителей .....                                 | 7  |
| 2 Разработка системы электроснабжения.....                    | 10 |
| 2.1 Расчет электрических нагрузок.....                        | 10 |
| 2.2 Компенсация реактивной мощности.....                      | 16 |
| 2.3 Выбор силовых трансформаторов .....                       | 18 |
| 2.4 Выбор схемы КТП-10/0,4 кВ.....                            | 19 |
| 2.5 Расчет токов КЗ .....                                     | 21 |
| 2.6 Выбор оборудования РУ-10 кВ.....                          | 29 |
| 2.7 Выбор оборудования РУ-0,4 кВ.....                         | 30 |
| 2.8 Выбор кабельных линий.....                                | 32 |
| 3 Расчет заземления .....                                     | 35 |
| Заключение .....  | 39 |
| Список используемых источников.....                           | 43 |

## Введение

В социально и экономически развитых странах электроэнергетика является приоритетной отраслью в экономике, так как именно электроэнергетика составляет материальную базу научно-технического прогресса и социальной жизни общества [13].

Увеличение числа энергоемкого оборудования, а также темпы автоматизации и механизации приводят к росту потребления электроэнергии [24].

В настоящее время сложно представить любую сферу экономики страны без использования электроэнергетики [21].

Основная часть потребления электроэнергии приходится на промышленность – порядка 60%. Основными промышленными потребителями являются станки, механизмы, системы освещения, а также, системы управления технологическими процессами.

В тоже время, в последние годы показатели надежности электроснабжения в России остаются на достаточно невысоком уровне по сравнению показателями надежности в зарубежных странах.

Таким образом, для повышения надежности систем электроснабжения требуется развитие электросетевого комплекса путем внедрения современного оборудования и совершенствования управления процессом передачи электроэнергии.

Предметом исследования выпускной квалификационной работы является система электроснабжения прессового производства автозавода

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является прессовое производство автозавода.

Цель выпускной квалификационной работы – разработка проекта системы электроснабжения прессового производства автозавода.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- расчет силовых электрических нагрузок прессового производства;
- расчет компенсации реактивной мощности и силовых трансформаторов прессового производства;
- расчет токов КЗ;
- выбор коммутационного оборудования в трансформаторной подстанции прессового производства;
- выбор кабельных линий;
- расчет заземляющего устройства.

Выпускная квалификационная работа разделена на три раздела.

В первом разделе проведен анализ объекта исследования.

Во втором разделе проведен расчет системы электроснабжения.

В третьем разделе проведен расчет заземляющего устройства.

## 1 Общая часть

### 1.1 Общие сведения о производстве

Прессовое производство автозавода выполняет функции заготовительного производства предприятия. Основными задачами прессового производства является:

- переработка листового проката металлов;
- изготовление штампованных изделий и заготовок.

В состав прессового производства автозавода входят следующие цеха:

- заготовительный цех.
- прессовый цех;
- цех крупной штамповки.

Задачей заготовительного цеха является выполнение раскройных работ по металлу для остальных цехов, где требуется листовая штамповка. Основными потребителями цеха крупной штамповки являются автоматические и полуавтоматические прессы, гильотины, комбинированные ножницы, а также, трубрезные станки.

Задачей прессового цеха является изготовление штамповок и оригинальных деталей автомобилей. Основными потребителями цеха крупной штамповки являются автоматические и полуавтоматические прессы.

Задачей цеха крупной штамповки является изготовление лицевых деталей автомобилей. Основными потребителями цеха крупной штамповки являются автоматические и полуавтоматические прессы.

Стоит отметить, что прессовое производство является специализированной обособленной производственной единицей в системе управления автозавода.

Главной особенностью прессового производства автозавода является крупносерийный характер производства.

## 1.2 Характеристика системы электроснабжения предприятия

Электроснабжение автозавода осуществляется от ГПП, расположенной на территории предприятия. От ГПП электроэнергия распределяется по производствам автозавода.

Для прессового производства установлена отдельная КТП 10/0,4 кВ, питающая три цеха прессового производства.

Номинальная мощность, а также, коэффициенты мощности и спроса потребителей прессового производства приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для разработки системы электроснабжения

| Наименование ЭП                  | Кол-во ЭП, шт | Номинальная (установленная) мощность, кВт |            | ки   | tgφ  |
|----------------------------------|---------------|---|------------|------|------|
|                                  |               | одного ЭП, кВт                            | Общая, кВт |      |      |
| Заготовительный цех              | 89            | 0,4 – 208                                 | 1760,2     | 0,3  | 1,02 |
| Прессовый цех                    | 48            | 0,5 – 30                                  | 638,4      | 0,25 | 1,04 |
| Цех крупной штамповки            | 20            | 1 – 20                                    | 143,1      | 0,2  | 0,97 |
| Итого по прессовому производству | 157           | -   | 2541,7     | 0,3  | 1,32 |

## 1.3 Анализ потребителей

Классы цехов прессового производства по степени опасности поражения электротоком приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Классы цехов прессового производства по степени опасности поражения электротоком

| № цеха | Наименование цеха     | Класс помещений |
|--------|-----------------------|-----------------|
| 1      | Заготовительный цех   | III             |
| 2      | Прессовый цех         | III             |
| 3      | Цех крупной штамповки | III             |

Категории надежности электроснабжения цехов прессового производства приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Категории надежности электроснабжения цехов прессового производства

| № цеха | Наименование цеха     | Категория надежности |
|--------|-----------------------|----------------------|
| 1      | Заготовительный цех   | II                   |
| 2      | Прессовый цех         | II                   |
| 3      | Цех крупной штамповки | II                   |

Как видно по таблице 3, цеха прессового производства автозавода относятся ко второй категории надежности электроснабжения. Случае перерыва в электроснабжении прессового производства произойдет недоотпуск продукции.

Для обеспечения требуемого уровня надежности электроснабжения требуется два силовых трансформатора без АВР.

Выводы по разделу 1.

Установлено, что объектом исследования является прессовое производство автозавода. Прессовое производство автозавода выполняет функции заготовительного производства предприятия. Основными задачами прессового производства является:

- переработка листового проката металлов;
- изготовление штампованных изделий и заготовок.

В состав прессового производства автозавода входят следующие цеха:

- заготовительный цех.
- прессовый цех;
- цех крупной штамповки.

Задачей заготовительного цеха является выполнение раскройных работ по металлу для остальных цехов, где требуется листовая штамповка. Основными потребителями цеха крупной штамповки являются автоматические и полуавтоматические прессы, гильотины, комбинированные ножницы, а также, труборезные станки.

Задачей прессового цеха является изготовление штамповок и оригинальных деталей автомобилей. Основными потребителями цеха крупной штамповки являются автоматические и полуавтоматические прессы.

Задачей цеха крупной штамповки является изготовление лицевых деталей автомобилей. Основными потребителями цеха крупной штамповки являются автоматические и полуавтоматические прессы.

Стоит отметить, что прессовое производство является специализированной обособленной производственной единицей в системе управления автозавода.

Установлено, что цеха прессового производства относятся к потребителям III классу помещений по степени опасности поражения электротоком – помещения с особой опасностью.

Определено, что потребители прессового производства автозавода относятся ко второй категории надежности электроснабжения. Перерыв в электроснабжении прессового производства приводит к недоотпуску продукции.

Для обеспечения требуемого уровня надежности электроснабжения требуется два силовых трансформатора без АВР.

## 2 Разработка системы электроснабжения

### 2.1 Расчет электрических нагрузок

Определяющими факторами при проектировании системы электроснабжения являются параметры потребителей электроэнергии и источников питания, в том числе расчет электрических нагрузок.

В том случае, если результат расчета будет превышать реальные значения, это приведет к перерасходу денежных средств на проводниковую продукцию. В случае же, если результат расчета окажется меньше реальных значений, это приведет к низкой пропускной способности и надежности системы электроснабжения.

Для определения электрических нагрузок существует несколько методов, в зависимости от требований к их точности, а также от наличия тех или иных исходных данных. Каждый метод определения нагрузки предприятия основывается на данных, полученных опытным путем с применением методов теории вероятности и математической статистики

В графе 7 и 8 заносятся результаты расчетов активной и реактивной мощности потребителей прессового производства.

Расчет активной мощности для заготовительного цеха составит [20]:

$$k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}} = 1760,2 \cdot 0,3 = 528,1 \text{ кВт}$$

Расчет реактивной мощности для заготовительного цеха составит [20]:

$$k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}} \cdot \text{tg}\varphi = 1760,0 \cdot 0,3 \cdot 1,02 = 538,6 \text{ квар}$$

Расчет активной мощности для прессового цеха составит:

$$k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}} = 638,4 \cdot 0,25 = 159,6 \text{ кВт}$$

Расчет реактивной мощности для прессового цеха составит:

$$k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}} \cdot \text{tg}\varphi = 638,4 \cdot 0,25 \cdot 1,04 = 166,0 \text{ квар}$$

Расчет активной мощности для цеха крупной штамповки составит:

$$k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}} = 143,1 \cdot 0,2 = 28,6 \text{ кВт}$$

Расчет реактивной мощности для цеха крупной штамповки составит:

$$k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}} \cdot \text{tg}\varphi = 143,0 \cdot 0,2 \cdot 0,97 = 27,7 \text{ квар}$$

Общее значение активной мощности прессового производства, в таком случае [20]:

$$\sum k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}} = 528,1 + 259,6 + 28,6 = 716,3 \text{ кВт}$$

Общее значение реактивной мощности прессового производства, в таком случае [20]:

$$\sum k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}} \cdot \text{tg}\varphi = 538,6 + 166,0 + 27,7 = 732,4 \text{ квар}$$

Групповой коэффициент использования для прессового производства [20]:

$$k_{\Sigma\text{И}} = \frac{\sum k_{\text{И}} \cdot P_{\text{н}}}{\sum P_{\text{н}}} \quad (1)$$

Таким образом, для прессового производства групповой коэффициент использования составит:

$$k_{\Sigma И} = \frac{716,3}{1760,2 + 638,4 + 143,0} = 0,3$$

В графу 9 заносятся результаты расчетов квадрата мощности цехов прессового производства.

Расчет квадрата мощности для заготовительного цеха:

$$nP_{\text{н}}^2 = 1760,2^2 = 3098374 \text{ кВт}$$

Расчет квадрата мощности для прессового цеха:

$$nP_{\text{н}}^2 = 638,4^2 = 407606 \text{ кВт}$$

Расчет квадрата мощности для цеха крупной штамповки:

$$nP_{\text{н}}^2 = 143,0^2 = 20449 \text{ кВт}$$

Общее значение квадрата мощности для прессового производства:

$$\sum_1^n nP_{\text{н}}^2 = 3098374 + 407606 + 20449 = 3526429 \text{ кВт}$$

В графе 10 заносятся результаты расчетов эффективного числа электроприемников прессового производства:

$$n_э = \frac{2 \cdot \sum_1^n P_H}{P_{H.макс}} \quad (2)$$

где  $P_{H.макс}$  – максимальная единичная мощность потребителя электроэнергии, кВт.

Для прессового производства эффективное число электроприемников составит:

$$n_э = \frac{2 \cdot 2541,6}{208} = 24$$

В [4] при  $n_э=9-25$  и  $k_{И} \leq 0,3$  коэффициент расчётной нагрузки  $K_P$  равен 0,75.

В графах 12, 13 и 14 указываются результаты расчетов расчетной мощности.

Расчетная активна мощность определяется формулой:

$$P_P = K_P \cdot \sum k_{И} \cdot P_H \quad (3)$$

Расчетная реактивная мощность определяется формулой:

$$Q_P = 1,1 \cdot \sum k_{И} \cdot P_H \cdot tg\varphi \quad (4)$$

Расчетная полная мощность определяется формулой:

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2} \quad (5)$$

Таким образом, для прессового производства активная мощность составит:

$$P_p = 0,75 \cdot 716,3 = 537,2 \text{ кВт}$$

Таким образом, для прессового производства реактивная мощность составит:

$$Q_p = 1,1 \cdot 732,4 = 805,6 \text{ квар}$$

Таким образом, для прессового производства полная мощность составит:

$$S_p = \sqrt{537,2^2 + 805,6^2} = 968,3 \text{ кВА}$$

В графе 15 указываются результаты расчетов силы тока, определяющейся по формулам [20]:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{л}} \quad (6)$$

где  $U_{л}$  – линейное напряжение сети, кВ (в данном случае принимаем 0,4 кВ).

В таком случае, сила тока прессового производства составит:

$$I_p = \frac{968,3}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1472,9 \text{ А}$$

Результаты расчеты сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов без учета компенсации реактивной мощности

| Исходные данные                  |               |                |            |                      | Расчетные величины |       |          | пэ      | Кр | Расчетная мощность |         |          | I, А  |         |
|----------------------------------|---------------|----------------|------------|----------------------|--------------------|-------|----------|---------|----|--------------------|---------|----------|-------|---------|
| по заданию технологов            |               |                |            | по справочным данным |                    | КиРН  | КиРН tgφ |         |    | np2                | Рр, кВт | Qр, квар |       | Sp, кВт |
| Наименование ЭП                  | Кол-во ЭП, шт | РН, кВт        |            | ки                   | tgφ                |       |          |         |    |                    |         |          |       |         |
|                                  |               | одного ЭП, кВт | Общая, кВт |                      |                    |       |          |         |    |                    |         |          |       |         |
| Заготовительный цех              | 89            | 0,4 – 208      | 1760,2     | 0,3                  | 1,02               | 528,1 | 538,6    | 3098374 | -  | -                  | -       | -        | -     | -       |
| Прессовый цех                    | 48            | 0,5 – 30       | 638,44     | 0,25                 | 1,04               | 159,6 | 166,0    | 407606  | -  | -                  | -       | -        | -     | -       |
| Цех крупной штамповки            | 20            | 1 – 20         | 143,0      | 0,2                  | 0,97               | 29,6  | 27,7     | 20449   | -  | -                  | -       | -        | -     | -       |
| Итого по прессовому производству | 157           | -              | 2541,6     | 0,3                  | 1,32               | 716,3 | 732,4    | 6460036 | 24 | 0,75               | 537,2   | 805,6    | 968,3 | 1472,9  |

## 2.2 Компенсация реактивной мощности

После расчета электрической нагрузки необходимо произвести расчет компенсации реактивной мощности.

В таблице 5 приведены исходные данные для расчета.

Таблица 5 – Характеристик нагрузки цеха

| Наименование | P, кВт | Q, квар | S, кВа | cosφ | tgφ  |
|--------------|--------|---------|--------|------|------|
| Шины НН      | 537,2  | 805,6   | 968,3  | 0,55 | 1,50 |

Реактивная мощность, которую необходимо компенсировать, определяется по формуле [23]:

$$Q_{KP} = \alpha \cdot P \cdot (tg\varphi - tg\varphi_K) \quad (7)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий повышение коэффициента мощности естественным способом, принимается равным 0,9.

$P$  – активная мощность, согласно таблице 5.

$tg\varphi$  – коэффициент реактивной мощности, согласно таблице 5.

$tg\varphi_K$  – требуемый коэффициент реактивной мощности, равный 0,33.

$$Q_{KP} = 0,9 \cdot 537,2 \cdot (1,50 - 0,33) = 565,5 \text{ квар}$$

Компенсирующие устройства будут подключены к секциям шин 0,4 кВ. Так как силовых трансформаторов требуется два – компенсирующих устройства будет тоже два.

По результатам расчета выбраны два устройства компенсации реактивной мощности УКРМ мощностью по 275 квар [8].

В результате компенсации реактивной мощности, коэффициент мощности должен быть ниже. Фактическое значение определяется выражением [23]:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{факт}} = \operatorname{tg} \varphi - \frac{Q_{KV}}{\alpha \cdot P} \quad (8)$$

В таком случае, значение итогового фактического коэффициента мощности для прессового производства составит [23]:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{факт}} = 1,50 - \frac{2 \cdot 275}{0,9 \cdot 537,2} = 0,36$$

Что соответствует:

$$\cos \varphi_{\text{факт}} = \cos(\operatorname{arctg}(\varphi_{\text{факт}})) \quad (9)$$

$$\cos \varphi_{\text{факт}} = 0,94$$

С учетом полученных коэффициентов мощности реактивная мощность будет равна [23]:

$$Q_{KP} = P \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{факт}} \quad (10)$$

Тогда, для прессового производства реактивная мощность составит:

$$Q_{KP} = 537,2 \cdot 0,36 = 193,4 \text{ квар}$$

Полная мощность определяется формулой [23]:

$$S_{ТПНН} = \sqrt{P^2 + Q_{KP}^2} \quad (11)$$

Таким образом, полная мощность на шинах НН ТП прессового производства будет определяться формулой [23]:

$$S_{\text{ТПНН}} = \sqrt{537,2^2 + 193,4^2} = 571,0 \text{ кВа}$$

### 2.3 Выбор силовых трансформаторов

После расчета мощности нагрузки прессового производства с учетом компенсации реактивной мощности необходимо определить мощность силовых трансформаторов.

Расчет мощности силовых трансформаторов выполняется по формуле [7]:

$$S_{\text{ном.тр}} = \frac{S_{\text{ТПНН}}}{k_3 \cdot N} \quad (12)$$

где  $S_{\text{ТПНН}}$  - расчетная нагрузка цеха с учетом компенсации реактивной мощности,

$S_{\text{ном.тр}}$  – номинальная мощность трансформатора,

$k_3$  – коэффициент загрузки трансформатора,

$N$  – число трансформаторов.

Для второй категории надежности коэффициент загрузки  $k_3$  должен быть в пределах 0,7-0,8 [15, 16].

Таким образом:

$$S_{\text{ном.тр}} = \frac{571,0}{0,7 \cdot 2} = 407,9 \text{ кВА}$$

По расчетной номинальной мощности выбираются два силовых трансформатора мощностью 630 кВА – ТМГ-630/10/0,4 кВ.

Ток трансформатора на шинах 10 кВ вычисляется:

$$I_{\text{трВН}} = \frac{S_{\text{ТР}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}} \quad (13)$$

Таким образом, для трансформатора ТМГ 630 10/0,4 кВ сила тока на шинах 10 кВ составит:

$$I_{\text{трВН}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 35 \text{ А}$$

Ток трансформатора на шинах 0,4кВ вычисляется:

$$I_{\text{трНН}} = \frac{S_{\text{ТР}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НН}}} \quad (14)$$

Таким образом, для трансформатора ТМГ 630 10/0,4 кВ сила тока на шинах 0,4 кВ составит:

$$I_{\text{трНН}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 957 \text{ А}$$

## 2.4 Выбор схемы КТП-10/0,4 кВ

Схему подстанции следует выбирать, руководствуясь требованиями надежности.

Количество источников питания зависит от категории надежности потребителей предприятия.

Так как трансформаторная подстанция питает потребителей 2 категории, на трансформаторной подстанции требуется установить 2 силовых трансформатора.

Расчетная мощность силовых трансформаторов зависит от ряда факторов:

- расчетная нагрузка потребителей;
- коэффициент загрузки в зависимости от категории надежности потребителей;
- перспектива развития нагрузки предприятия (резерв мощности).

В РУ-10 кВ КТП используются шкафы высоковольтного ввода ШВВ.

В данном случае выбраны шкафы ШВВ-2Л и ШВВ-2П. Расшифровка обозначения:

- ШВВ – шкаф высоковольтного ввода;
- 2 – исполнение с выключателем нагрузки ВНА-10/630 и предохранителем;
- Л, П – левый, правый.

Для РУ-0,4 кВ выбраны панели серии ЩО-01.

Таблица 6 – Перечень панелей РУ-0,4 кВ

| Номер панель | Тип панели | Номер ячейки | Назначение ячейки     |
|--------------|------------|--------------|-----------------------|
| 1            | ЩО-01-49   | 1            | Ввод                  |
| 2            | ЩО-01-08   | 2            | Заготовительный цех   |
|              |            | 3            | Прессовый цех         |
|              |            | 4            | Цех крупной штамповки |
|              |            | 5            | Резерв                |
| 3            | ЩО-01-70   | 6            | Секционная панель     |
| 4            | ЩО-01-08   | 7            | Заготовительный цех   |
|              |            | 8            | Прессовый цех         |
|              |            | 9            | Цех крупной штамповки |
|              |            | 10           | Резерв                |
| 5            | ЩО-01-49   | 11           | Ввод                  |

Результаты используются в работе далее.

## 2.5 Расчет токов КЗ

Для определения величины токов короткого замыкания необходимо составить расчетную схему (рисунок 1) и схему замещения (рисунок 2).

Расчетная схема представляет собой упрощенную схему электроснабжения прессового производства с отмеченными на ней точками короткого замыкания и основными структурными элементами.

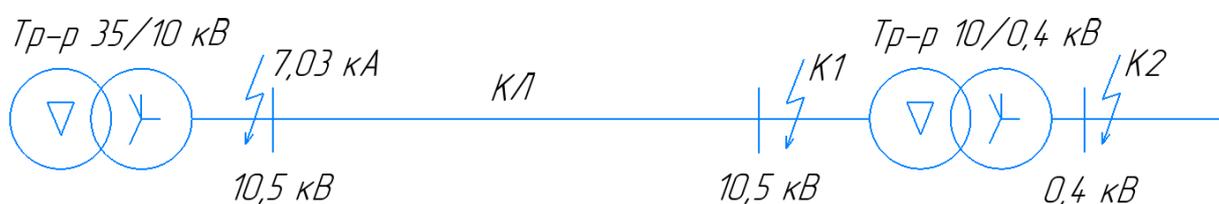


Рисунок 1 – Расчетная схема

Схема замещения представляет собой упрощенную схему электроснабжения прессового производства с отмеченными на ней сопротивлениями основных структурных элементов.

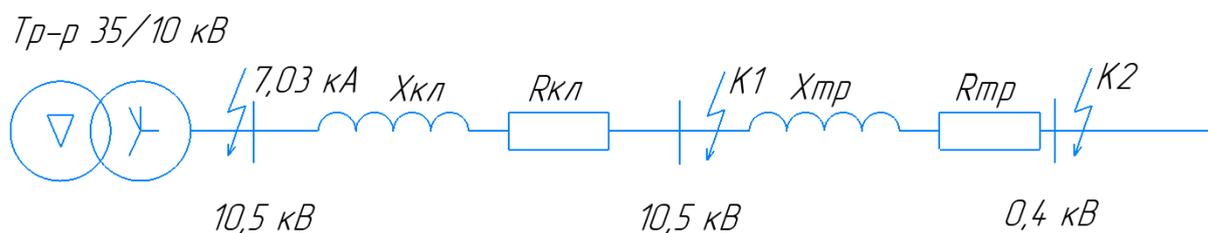


Рисунок 2 – Схема замещения

Как видно на расчетной схеме, точка К1 расположена на шинах 10 кВ силового трансформатора 10/0,4 кВ. Базисное напряжение для точки К1 составит:

$$U_{\delta 1} = 10,5 \text{ кВ}$$

Как видно на расчетной схеме, ток трехфазного короткого замыкания на шинах 10 кВ в центре питания (силового трансформатора 35/10 кВ) составляет 7,03 кА.

Затем, в соответствии со схемой замещения, требуется определить значение суммарного сопротивления системы электроснабжения до точки К1.

Определяется реактивное сопротивление системы [17]:

$$X_C = Z_C = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot I_C} \quad (10)$$

Таким образом, значение суммарного сопротивления системы электроснабжения до точки К1, составит:

$$X_C = Z_C = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 7,03} = 0,862 \text{ Ом}$$

Затем, в соответствии со схемой замещения, требуется определить значение суммарного реактивного сопротивления системы электроснабжения до точки К1 по формуле:

$$X_{K1} = X_C + X_{KL} \quad (11)$$

где  $X_{K1}$  – результирующее реактивное сопротивление до точки К1, Ом;

$X_C$  – реактивное сопротивление системы, Ом;

$X_{KL}$  – реактивное сопротивление кабельной линии, Ом;

Затем, в соответствии со схемой замещения, требуется определить значение суммарного активного сопротивления системы электроснабжения до точки К1 по формуле:

$$R_{K1} = R_{KL} \quad (12)$$

где  $R_{K1}$  – результирующее активное сопротивление до точки К1, Ом;

$R_{KL}$  – активное сопротивление кабельной линии, Ом;

Затем, в соответствии со схемой замещения, требуется определить значение суммарного сопротивления системы электроснабжения до точки К1 по формуле:

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} \quad (13)$$

В тоже время, активное сопротивление кабельной линии, питающей КТП-10/0,4 кВ прессового производства определяется по формуле:

$$R_{KL} = r_0 \cdot l \quad (14)$$

где  $r_0$  – удельное сопротивление, Ом/км;

$l$  – протяженность кабельной линии, км.

В тоже время, реактивное сопротивление кабельной линии, питающей КТП-10/0,4 кВ прессового производства определяется по формуле:

$$X_{KL} = x_0 \cdot l \quad (15)$$

где  $x_0$  – удельное реактивное сопротивление, Ом/км;

$l$  – протяженность кабельной линии, км.

Согласно расчетам в п. 2.3, ток силового трансформатора на шинах 10,5 кВ равен 35 А. Для питания трансформатора потребуется кабельная линия сечением 3х25. Кабельная линия принята марки АСБ. Согласно справочным данным, для кабельной линии АСБ 3х25 длительно-допустимый ток составляет 91 А (удельное активное сопротивление составляет  $r_0=1,24$  Ом/км, удельное реактивное сопротивление  $x_0=0,099$  Ом/км). Протяженность кабельной линии 0,8 км.

Таким образом, активное сопротивление кабельной линии АСБ 3х25 протяженностью 0,8 км составит:

$$R_{KL} = 1,24 \cdot 0,8 = 0,992 \text{ Ом}$$

Таким образом, реактивное сопротивление кабельной линии АСБ 3х25 протяженностью 0,8 км составит:

$$X_{KL} = 0,099 \cdot 0,8 = 0,079 \text{ Ом}$$

Таким образом, в соответствии со схемой замещения, требуется определить значение суммарного реактивного сопротивления системы электроснабжения до точки К1 составит:

$$X_{K1} = 0,862 + 0,079 = 0,941 \text{ Ом}$$

Таким образом, суммарное активное сопротивление системы до точки К1 составит:

$$R_{K1} = 0,992 \text{ Ом}$$

Таким образом, полное сопротивление до точки К1 составит:

$$Z_{K1} = \sqrt{0,992^2 + 0,941^2} = 1,367 \text{ Ом}$$

Значение установившегося трехфазного тока короткого замыкания [17]:

$$I_K^{(3)} = \frac{U_\delta}{\sqrt{3} \cdot Z_\Sigma} \quad (16)$$

Значение ударного тока КЗ равно:

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot I_K \cdot K_{y\delta 1} \quad (17)$$

где  $K_{y\delta 1}$  – ударный коэффициент, равный 1,8 для секции шин 10 кВ и 1,3 для секции шин 0,4 кВ.

Значение мощности короткого замыкания равно [18]:

$$S_K = \sqrt{3} \cdot I_K \cdot U_\delta \quad (18)$$

Таким образом, для точки К1 значение установившегося тока короткого замыкания составит [17]:

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,367} = 4,435 \text{ кА}$$

Значение ударного тока КЗ в точке К1 равно [17]:

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 4,435 \cdot 1,8 = 11,29$$

Таким образом, значение мощности короткого замыкания в точке К1 составит:

$$S_{K1} = \sqrt{3} \cdot 4,435 \cdot 10,5 = 80,657 \text{ кВА}$$

Как видно на расчетной схеме, точка К2 расположена на шинах 0,4 кВ силового трансформатора 10/0,4 кВ. Базисное напряжение для точки К2 составит:

$$U_{\delta 2} = 0,38 \text{ кВ}$$

Затем, в соответствии со схемой замещения, требуется определить суммарное сопротивление до системы электроснабжения до точки короткого замыкания – К2.

Согласно [4], активное сопротивление трансформатора ТМГ мощностью 630 кВА составляет 9,4 мОм, реактивное сопротивление составляет 27,2 мОм.

Таким образом, активное сопротивление:

$$R_{TP} = 9,4 \text{ мОм}$$

Таким образом, реактивное сопротивление:

$$X_{TP} = 27,2 \text{ мОм}$$

Согласно схеме замещения, суммарное активное сопротивление системы до точки К2 можно определить следующим выражением:

$$R_{K2} = R'_{K1} + R_{TP} \quad (19)$$

где  $R'_{K1}$  – эквивалентное активное сопротивление в цепи короткого

замыкания до точки К1, приведенное к базисному уровню напряжения в точке К2.

Согласно схеме замещения, суммарное реактивное сопротивление системы до точки К2 можно определить следующим выражением:

$$X_{K2} = X'_{K1} + X_{TP} \quad (20)$$

где  $X'_{K1}$  – эквивалентное реактивное сопротивление в цепи короткого замыкания до точки К1, приведенное к базисному уровню напряжения в точке К2;

В таком случае, полное сопротивление системы до точки К2 можно определить следующим выражением [17]:

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} \quad (21)$$

Эквивалентное активное сопротивление в цепи короткого замыкания до точки К1, определяется формулой [17]:

$$R'_{K1} = R_{K1} \cdot \left(\frac{U_{\delta 2}}{U_{\delta 1}}\right)^2 \quad (22)$$

Эквивалентное активное сопротивление в цепи короткого замыкания до точки К1, определяется формулой [17]:

$$X'_{K1} = X_{K1} \cdot \left(\frac{U_{\delta 2}}{U_{\delta 1}}\right)^2 \quad (23)$$

Таким образом, эквивалентное активное сопротивление для прессового производства составит:

$$R_{K2} = 0,992 \cdot \left(\frac{0,38}{10,5}\right)^2 = 1,299 \text{ мОм}$$

Таким образом, эквивалентное индуктивное сопротивление для прессового производства составит:

$$X_{K2} = 0,941 \cdot \left(\frac{0,38}{10,5}\right)^2 = 1,232 \text{ мОм}$$

Таким образом, суммарное активное сопротивление системы до точки К2 составит:

$$R_{K2} = 1,299 + 9,4 = 10,699 \text{ Ом}$$

Таким образом, суммарное реактивное сопротивление системы до точки К2 составит:

$$X_{K2} = 1,232 + 27,2 = 28,432 \text{ мОм}$$

Полное сопротивление до точки К2 составит:

$$Z_{K2} = \sqrt{10,699^2 + 28,432^2} = 30,378 \text{ мОм}$$

Таким образом, для точки К2 значение установившегося тока короткого замыкания составит [17]:

$$I_K = \frac{380}{\sqrt{3 \cdot 30,378}} = 7,222 \text{ кА}$$

Значение ударного тока КЗ в точке К2 равно [17]:

$$i_{y0} = \sqrt{2} \cdot 1,3 \cdot 7,222 = 13,277 \text{ Ом}$$

Таким образом, значение мощности короткого замыкания в точке К2 составит:

$$S_{K2} = \sqrt{3} \cdot 7,222 \cdot 0,38 = 4,753 \text{ кВА}$$

В таблице 7 приведены результаты расчетов короткого замыкания в системе электроснабжения прессового производства.

Таблица 7 – Результаты расчетов короткого замыкания в системе электроснабжения прессового производства

| Точка КЗ | Uб, кВ | R, Ом | X, Ом | Z, Ом | Iкз, кА | Iуд, кА | Sкз, МВА |
|----------|--------|-------|-------|-------|---------|---------|----------|
| К1       | 10,5   | 0,992 | 0,941 | 1,367 | 4,435   | 11,29   | 80,657   |
| К2       | 0,38   | 0,01  | 0,03  | 0,03  | 7,222   | 13,277  | 4,753    |

## 2.6 Выбор оборудования РУ-10 кВ

В РУ-10 кВ для коммутации электрических сетей выбраны выключатели нагрузки серии ВНА-10/630 [18].

В таблице 8 приведены результаты проверки выключателей нагрузки в РУ-10 кВ.

Таблица 8 – Результаты проверки выключателей нагрузки ВНА-10/630

| Ячейка  | I, А | Тип ВН     | Ток ВН,<br>А | Термическая стойкость  |   |
|---------|------|------------|--------------|--|---|
|         |      |            |              | Расчетные данные   | Паспортные данные   |
| Ввод №1 | 35   | ВНА-10/630 | 630          | $I_{K1}^2 \cdot t = 4,435^2 \cdot 0,5 = 9,835 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $I_{мер}^2 \cdot t_{np} = 20^2 \cdot 1 = 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |
| Ввод №2 | 35   | ВНА-10/630 | 630          | $I_{K1}^2 \cdot t = 4,435^2 \cdot 0,5 = 9,835 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $I_{мер}^2 \cdot t_{np} = 20^2 \cdot 1 = 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |

Для измерения силы тока выбраны трансформаторы тока 10 кВ – серии ТОЛ-10.

В таблице 9 приведены результаты проверки трансформаторов тока в РУ-10 кВ.

Таблица 9 – Результаты проверки трансформаторов тока ТОЛ-10

| Ячейка  | I, А | Тип ТТ         | Ток ТТ,<br>А | Термическая стойкость  |  |
|---------|------|----------------|--------------|--|--|
|         |      |                |              | Расчетные данные   | Паспортные данные  |
| Ввод №1 | 27,4 | ТОЛ-10<br>50/5 | 50/5         | $I_{K1}^2 \cdot t = 4,435^2 \cdot 0,5 = 9,835 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $I_{мер}^2 \cdot t_{np} = 40^2 \cdot 1 = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |
| Ввод №2 | 27,4 | ТОЛ-10<br>50/5 | 50/5         | $I_{K1}^2 \cdot t = 4,435^2 \cdot 0,5 = 9,835 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $I_{мер}^2 \cdot t_{np} = 40^2 \cdot 1 = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |

Для измерения напряжения выбраны трансформаторы напряжения ЗНОЛ-СЭЩ.

## 2.7 Выбор оборудования РУ-0,4 кВ

В РУ-0,4 кВ принимается выключатель типа ВА-99С [18].

В линейных панелях №2 и 4 – ЩО-01-08 используется автоматический выключатель ВА 51-35.

В таблице 10 приведены результаты проверки трансформаторов тока в РУ-10 кВ.

Таблица 10 – Выбор автоматических выключателей

| № панели | № яч. | Назначение            | Ток линии, А | $i_{уд}$ , кА | Ток АВ А | $I_{дс}$ , кА |
|----------|-------|-----------------------|--------------|---------------|----------|---------------|
| 1        | 1     | Ввод 1                | 957          | 13,277        | 1000     | 45            |
| 2        | 2     | Заготовительный цех   | 640          | 13,277        | 1000     | 36            |
|          | 3     | Прессовый цех         | 196          | 13,277        | 250      | 36            |
|          | 4     | Цех крупной штамповки | 34           | 13,277        | 100      | 36            |
|          | 5     | Резерв                | –            | –             | –        | –             |
| 3        | 6     | Секционная панель     | 957          | 13,277        | 1000     | 45            |
| 4        | 7     | Заготовительный цех   | 640          | 13,277        | 1000     | 36            |
|          | 8     | Прессовый цех         | 196          | 13,277        | 250      | 36            |
|          | 9     | Цех крупной штамповки | 34           | 13,277        | 100      | 36            |
|          | 10    | Резерв                | -            | -             | -        | -             |
| 5        | 11    | Ввод                  | 957          | 13,277        | 1000     | 45            |

Для создания видимого разрыва в панели ЩО-01-49, а также в секционной ЩО-01-70 используется разъединитель РЕ19-45 с номинальным током 2500 А.

Проверка выбранного разъединителя приведена в таблице 11.

Таблица 11 – Условие выбора разъединителя

| Параметры              | Расчетные данные | Условие | Паспортные данные |
|------------------------|------------------|---------|-------------------|
| Номинальное напряжение | 0,4              | $\leq$  | 0,4               |
| Номинальный ток        | 957              | $\leq$  | 1000              |

Для измерения силы тока выбраны трансформаторы тока серии ТНШЛ-0,66 [11].

В таблице 12 приведены результаты проверки трансформаторов тока в РУ-0,4 кВ.

Таблица 12 – Выбор трансформаторов тока 0,4 кВ

| № панели | № яч. | Назначение | Ток линии, А | $i_{уд}$ , кА | Ток ТТ А | $I_{дс}$ , кА |
|----------|-------|------------|--------------|---------------|----------|---------------|
| 1        | 1     | Ввод 1     | 379,8        | 13,277        | 400/5    | 45            |
| 5        | 11    | Ввод 2     | 379,8        | 13,277        | 400/5    | 45            |

## 2.8 Выбор кабельных линий

Для питания ЦТП принимаем кабель с пропитанной изоляцией из бумаги, передающее и распределяющее электрический ток в установках стационарного типа, а также имея без проблемную укладку на наклонных типах под любым углом. Кабельные линии проложены в траншее.

Определяем экономическое сечение [6]:

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}} \quad (24)$$

где  $F_{\text{ЭК}}$  - экономическое сечение жил кабеля, мм<sup>2</sup>;

$I_p$  - расчетный ток, А;

$j_{\text{ЭК}}$  - экономическая плотность тока, А/мм<sup>2</sup>.

Для кабельной линии, питающей РУ-10 кВ, номинальный ток составляет 35А.

По экономическому сечению выбираем стандартное (паспортное) сечение жил. При этом необходимо соблюдение следующего условия:

$$F_{\text{КЛ}} \geq F_{\text{ЭК}} \quad (25)$$

Таким образом:

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{35}{1,2} = 29,2 \text{ мм}^2$$

Выбран АСБ сечением 25 мм<sup>2</sup> (допустимый ток 91 А, удельное активное сопротивление – 1,24 Ом/км, удельное реактивное сопротивление – 0,099 Ом/км).

Действительные потери определяются формулой [14], В:

$$\Delta U_B = \frac{S_{расч} \cdot l \cdot 100}{U_n} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \quad (25)$$

где  $S_{расч}$  – длительно-допустимый ток кабельной линии, ВА;

$l$  – протяженность кабельной линии, км;

$r_0$  – удельной активной сопротивлению кабельной линии, Ом/км;

$x_0$  – удельной реактивной сопротивлению кабельной линии, Ом/км;

$U_n$  – напряжение кабельной линии, В.

Действительные потери определяются формулой [6], %:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U_B}{U_n} \cdot 100\% \quad (26)$$

Для кабельной линии АСБ 3×25, питающей РУ-10 кВ:

$$\Delta U_B = \frac{5710000 \cdot 0,8}{10500} \cdot (1,24 \cdot 0,94 + 0,099 \cdot 0,36) = 52,3 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{52,3}{10500} \cdot 100\% = 0,5\%$$

Согласно [5], отклонение напряжения не должно превышать 10%:

$$\Delta U_{\%} \leq 10\% \quad (27)$$

Таким образом, кабельная линия проходят проверку по потерям напряжения.

Аналогично выбирается кабельные линии отходящих линий 0,4 кВ.

Для отходящих кабельных линий 0,4 кВ выбран кабель АВБбшв, четырехжильный.

Результаты выбора и проверки кабельных линий 0,4 кВ приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты выбора и проверки кабельных линий 0,4 кВ

| № яч. | КЛ                    | L, км | P, кВт | Q, кВар | S, кВА | I, А  | Сеч-е         | r <sub>0</sub> , Ом/км | x <sub>0</sub> , Ом/км | ΔU, В | ΔU, % |
|-------|-----------------------|-------|--------|---------|--------|-------|---------------|------------------------|------------------------|-------|-------|
| 2     | Заготовительный цех   | 0,2   | 264,0  | 269,3   | 377,2  | 573,7 | 2×<br>(2×240) | 0,066                  | 0,029                  | 12,7  | 3,2   |
| 3     | Прессовый цех         | 0,2   | 79,8   | 83,0    | 115,1  | 175,1 | 4×95          | 0,340                  | 0,060                  | 16,1  | 4,0   |
| 4     | Цех крупной штамповки | 0,2   | 14,3   | 13,9    | 19,9   | 30,3  | 4×25          | 1,280                  | 0,066                  | 9,6   | 2,4   |
| 7     | Заготовительный цех   | 0,2   | 264,0  | 269,3   | 377,2  | 573,7 | 2×<br>(2×240) | 0,066                  | 0,029                  | 12,7  | 3,2   |
| 8     | Прессовый цех         | 0,2   | 79,8   | 83,0    | 115,1  | 175,1 | 4×95          | 0,340                  | 0,060                  | 16,1  | 4,0   |
| 9     | Цех крупной штамповки | 0,2   | 14,3   | 13,9    | 19,9   | 30,3  | 4×25          | 1,280                  | 0,066                  | 9,6   | 2,4   |

Как видно по таблице 13, потери в кабельных линиях не превышают 10%.

Таким образом, кабельная линия проходит проверку по потерям напряжения.

Выводы по разделу 2.

Определено, что фактические значения коэффициента реактивной мощности превышают оптимальные.

Получено, что по расчетному значению реактивной мощности, требуется два устройство УКРМ 0,4-275, общей мощностью 550 квар.

Получено, что по итоговому значению мощности цехов требуется два силовых трансформатора ТМГ-630/10/0,4.

Определено, что значение тока короткого замыкания на шинах 10 кВ КТП-10/0,4 кВ составляет 4,435 кА, на шинах 0,4 кВ – 7,222 кА.

Определено, что выбранное оборудование и кабельные линии отвечают условиям проверок.

### 3 Расчет заземления

Все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции, должны надежно соединяться с землей.

Требуемое сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{3y} \leq 4 \text{ Ом}$$

Расчетное сопротивление вертикального заземлителя – электрода, определяется формулой [9]:

$$r_B = 0,27 \cdot \rho \cdot K_{сез} \quad (28)$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление грунта;

$K_{сез}$  - коэффициент сезонности.

$$r_B = 0,27 \cdot 100 \cdot 1,7 = 45,9 \text{ Ом}$$

Требуемое число вертикальных заземлителей без учета экранирования определяется по формуле [6]:

$$N'_{B.P} = \frac{r_B}{R_{3y}} \quad (29)$$

где  $r_B$  - сопротивление одного вертикального электрода.

$$N'_{B.P} = \frac{45,9}{4} = 11,475$$

Таким образом, без учета экранирования требуется 12 вертикальных заземлителей – электродов.

Требуемое число вертикальных заземлителей с учетом экранирования определяется по формуле [6]:

$$N_{B.P} = \frac{N'_{B.P}}{\eta_B} \quad (30)$$

где  $\eta_B$  - коэффициент использования вертикального электрода.

$$N_{B.P} = \frac{12}{0,52} = 23,07$$

Таким образом, с учетом экранирования требуется 24 вертикальных заземлителей – электродов.

Далее необходимо определить требуемый периметр контурного заземления по выражению:

$$L_{\Pi} = (A + 2) \cdot 2 + (B + 2) \cdot 2 = 164\text{м.}$$

Вертикальные электроды распределяются равномерно по периметру контурного заземления – по одному электроду по углам и оставшиеся между ними.

Для равномерного распределения электродов принимаем 24 шт, тогда:

$$a = \frac{B'}{n - 1} = 5,3$$

Определяем уточненное значение сопротивления вертикального электрода по формуле [6]:

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \cdot \eta_B} \quad (31)$$

$$R_B = \frac{45,9}{24 \cdot 0,52} = 3,67 \text{ Ом}$$

Определяем уточненное значение горизонтального электрода по формуле [6]:

$$R_\Gamma = \frac{0,366 \cdot K_{\text{сез}} \cdot \rho}{L} \cdot \lg \frac{2l^2}{bt} \quad (32)$$

$$R_\Gamma = \frac{0,366 \cdot 1,7 \cdot 100}{128} \cdot \lg \frac{2 \cdot 128^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} = 2,94 \text{ Ом}$$

Определяем фактическое значение заземляющего устройства по формуле [9]:

$$R_{3\Phi} = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B + R_\Gamma} \quad (33)$$

$$R_{3\Phi} = \frac{3,67 \cdot 2,94}{3,67 + 2,94} = \frac{10,78}{6,61} = 1,63 \text{ Ом}$$

Таким образом:

$$R_{3\Phi} = 1,63 \text{ Ом} \leq R_{3y} = 4 \text{ Ом}$$

Следовательно расчетное сопротивление заземляющего устройства не превышает допустимое, так образом, заземляющее устройство работает эффективно.

Выводы по разделу 3.

Установлено, что все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции, должны надежно соединяться с землей.

Установлено, что требуемое сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом.

Показано, что расчетное сопротивление заземляющего устройства не превышает допустимое, так образом, заземляющее устройство работает эффективно.

Следовательно, данное заземление с рассчитанными параметрами можно применить в работе.

## Заключение

В результате написания работы была достигнута цель работы – разработка проекта системы электроснабжения прессового производства автозавода.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

- выполнен расчет силовых электрических нагрузок прессового производства;
- выполнен расчет компенсации реактивной мощности и силовых трансформаторов прессового производства;
- выполнен расчет токов КЗ;
- выполнен выбор коммутационного оборудования в трансформаторной подстанции прессового производства;
- выполнен выбор кабельных линий;
- выполнен расчет заземляющего устройства.

В первом разделе проведен анализ объекта исследования.

Объектом исследования является прессовое производство автозавода. Прессовое производство автозавода выполняет функции заготовительного производства предприятия. Основными задачами прессового производства является:

- переработка листового проката металлов;
- изготовление штампованных изделий и заготовок.

В состав прессового производства автозавода входят следующие цеха:

- заготовительный цех.
- прессовый цех;
- цех крупной штамповки.

Задачей заготовительного цеха является выполнение раскройных работ по металлу для остальных цехов, где требуется листовая штамповка. Основными потребителями цеха крупной штамповки являются

автоматические и полуавтоматические прессы, гильотины, комбинированные ножницы, а также, трубрезные станки.

Задачей прессового цеха является изготовление штамповок и оригинальных деталей автомобилей.

Основными потребителями цеха крупной штамповки являются автоматические и полуавтоматические прессы.

Задачей цеха крупной штамповки является изготовление лицевых деталей автомобилей.

Основными потребителями цеха крупной штамповки являются автоматические и полуавтоматические прессы.

Стоит отметить, что прессовое производство является специализированной обособленной производственной единицей в системе управления автозавода.

Главной особенностью прессового производства автозавода является крупносерийный характер производства.

Цеха прессового производства автозавода относятся ко второй категории надежности электроснабжения.

В случае перерыва в электроснабжении прессового производства произойдет недоотпуск продукции.

Для обеспечения требуемого уровня надежности электроснабжения требуется два силовых трансформатора без АВР.

Во втором разделе проведен расчет системы электроснабжения.

Расчет силовых нагрузок будет выполнен по коэффициенту расчётной нагрузки.

Было установлено, что фактические значения коэффициента реактивной мощности превышают оптимальные.

По расчетному значению реактивной мощности, требуется два устройство УКРМ 0,4-275, общей мощностью 550 квар.

По итоговому значению мощности цехов требуется два силовых трансформатора ТМГ-630/10/0,4.

После выбора силовых трансформаторов определены токи короткого замыкания в системе электроснабжения.

Для определения величины токов короткого замыкания необходимо составить расчетную схему и схему замещения.

Расчетная схема представляет собой упрощенную схему электроснабжения прессового производства с отмеченными на ней точками короткого замыкания и основными структурными элементами.

Схема замещения представляет собой упрощенную схему электроснабжения прессового производства с отмеченными на ней сопротивлениями основных структурных элементов.

Так, в точке К1 (на шинах 10 кВ силового трансформатора 10/0,4 кВ) ток короткого замыкания составил 4,435 кА, в точке К2 (на шинах 0,4 кВ силового трансформатора 10/0,4 кВ) – 7,222 кА.

В РУ-10 кВ КТП используются шкафы высоковольтного ввода ШВВ.

В РУ-10 кВ для коммутации электрических сетей выбраны выключатели нагрузки серии ВНА-10/630. Для измерения силы тока выбраны трансформаторы тока 10 кВ – серии ТОЛ-10.

Для измерения напряжения выбраны трансформаторы напряжения ЗНОЛ-СЭЩ.

Для РУ-0,4 кВ выбраны панели серии ЩО-01.

В РУ-0,4 кВ принимается выключатель типа ВА-99С [18].

В линейных панелях №2 и 4 – ЩО-01-08 используется автоматический выключатель ВА 51-35.

Для создания видимого разрыва в панели ЩО-01-49, а также в секционной ЩО-01-70 используется разъединитель РЕ19-45 с номинальным током 2500 А.

Для измерения силы тока выбраны трансформаторы тока серии ТНШЛ-0,66.

Для питания КТП-10/0,4 кВ выбрана кабельная линия АСБ 3х25. Для отходящих кабельных линий 0,4 кВ выбран кабель АВБбшв, четырехжильный. Потери в кабельных линиях не превышают 10%.

Таким образом, кабельная линия проходит проверку по потерям напряжения.

Выбранное оборудование и кабельные линии отвечают условиям проверок.

В третьем разделе проведен расчет заземляющего устройства.

Установлено, что все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции, должны надежно соединяться с землей.

Требуемое сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом.

Расчетное сопротивление заземляющего устройства не превышает допустимое, так образом, заземляющее устройство работает эффективно.

## Список используемых источников

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. - 343 с.
3. Курдюмов В.И., Зотов Б.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности. – М.: Колос, 2016. 184 с.
4. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ-016-2001): (серия 17, норматив. док. по надзору в электроэнергетике). – М.: ОАО «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2016. 208 с.
5. Михайлов Ю.М. Охрана труда при эксплуатации электроустановок. – М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2015. 224 с.
6. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для ВУЗов. – 5-е издание, перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2014. - 608 с.
7. Никитенко Г.В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение. Дипломное проектирование: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2018. 316 с.
8. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - 4-е изд., перераб. и доп. - М: Энергоатомиздат, 2017. 174 с.
9. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2017.
10. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – М.: Альвис, 2018. 632 с.
11. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального

образования / Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. - М.: ИЦ Академия, 2016. - 448 с.

12. Сибикин Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. 464 с.

13. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 328 с.

14. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: ЭНАС, 2018. - 312 с.

15. СТО 56947007-29.240.30.010-2008. «Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения». [Электронный ресурс]: URL: <https://www.twirpx.com/file/24666/> (дата обращения: 05.05.2022).

16. Трансформаторы ТМН-6300/110-У1 – Тольяттинский Трансформатор. Электронный ресурс: URL: <https://silovoytransformator.ru/110kv/tmn-6300-110.htm> (дата обращения: 05.05.2022).

17. Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 № 35-ФЗ об энергосбережении [Электронный ресурс]: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_41502/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/) (дата обращения: 05.05.2022).

18. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_93978/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/) (дата обращения: 05.05.2022).

19. Фролов Ю. М. Основы электроснабжения / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. - М.: Лань, 2015. 480 с.

20. Шеховцов В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и

электроснабжению. – М.: Форум, Инфра. 2015. 136 с.

21. Шкрабак В.С., Луковников А.В., Тургиев А.К. Безопасность жизнедеятельности на производстве. – М.: Колос, 2019. 360 с.