

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов
_____ 2020 г.

Проектирование электроснабжения и реконструкция электрооборудования
электромеханического цеха

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2020.089.00.000ПЗ ВКР

Руководитель работы, доцент
_____ А.В. Прохоров
_____ 2020 г.

Автор работы
студент группы ДО – 503
_____ М.В. Гусев
_____ 2020 г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 2020 г.

Челябинск 2020

Аннотация

Гусев М.В. Проектирование электроснабжения и реконструкция электрооборудования электромеханического цеха. Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», ИОДО; 2020, 68 с., 6 ил.

Библиография – 12 наименований, чертежей Формата А0 – 1 листа. Формата А1 – 4 листа.

Целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование электроснабжения и реконструкция электрооборудования электромеханического цеха.

Основные вопросы, которые рассматриваются в процессе дипломного проектирования:

- определение электрических нагрузок;
- определение количества, мощности и типа трансформаторов;
- выбор схемы электроснабжения;
- электрический расчет в основных режимах для выбранной схемы электроснабжения;
- расчет токов короткого замыкания;
- проверка сети по допустимой потере напряжения
- выбор защитной аппаратуры и устройств релейной защиты;
- выбор и расчет молниезащиты здания;
- расчет заземляющего устройства
- защитные меры при работе в электромеханическом цехе

Основными задачами проектирования являются:

- выбор системы электроснабжения здания для питания потребителей электроэнергии;
- Обеспечение надежного и качественного снабжения электроэнергией здания с учетом требований, предъявляемых к электроприемникам и особой группы надежности электроснабжения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.					Проектирование электроснабжения и реконструкция электрооборудования электромеханического цеха	Лит.	Лист	Листов
Провер.							7	68
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	10
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КОМПЛЕКСА.....	18
3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЗДАНИЯ.....	20
3.1 Расчет осветительной нагрузки цеха	22
3.2 Выбор числа и мощности трансформаторов.	27
3.3 Определение центра электрических нагрузок. Построение картограммы нагрузок.....	29
3.4 Составление картограммы нагрузок.....	31
3.5 Электрический расчет основных режимов схемы электроснабжения.....	33
4 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ В ОСНОВНЫХ НОРМАЛЬНЫХ И АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ ВЫБРАННОГО ВАРИАНТА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	39
5 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ.....	44
5.1 Расчет трехфазного короткого замыкания в выбранном варианте схемы. ...	45
5.2 Расчет токов однофазного замыкания.....	47
6 РАСЧЕТ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ	52
7 РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ МЕР ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА.	55
8 ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ:	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	67
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	68

ВВЕДЕНИЕ

Электромеханический цех предназначен для подготовки заготовок из металла для обеспечения деталями других структурных единиц завода с последующей их обработкой различными способами.

Он является одним из цехов химико-металлургического завода обрабатывающего металл. Цех имеет станочное отделение, в котором установлено штатное оборудование: радиальные токарные, плоскошлифовальные, строгальные, механические станки и др. В цехе не предусмотрены помещения для цеховой ТП, вентиляторной, инструментальной, для бытовых нужд и пр.

Цех получает электроснабжение от главной понизительной подстанции (ГПП). Расстояние от ГПП до цеховой ТП — 0,2 км. Напряжение на ГПП — 10 кВ. Количество рабочих смен — 2. Потребители электроэнергии цеха имеют 2 и 3 категорию надежности электроснабжения. Грунт в районе ЭМЦ — песок с температурой +20 °С. Каркас здания цеха смонтирован из блоков-секций длиной 6м каждый. Размеры цеха А×В×Н = 42×24×10 м. Перечень оборудования электромеханического цеха дан в таблице 1. Мощность электропотребления указана для одного электроприёмника.

Расположение основного оборудования на плане показано на рисунке 1.

					ЮУрГУ–13.03.02.2020.089.00.000ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		9

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

При реконструкции системы электроснабжения необходимо руководствоваться следующими аспектами [1]:

- необходимо обеспечить комплексное, централизованное электроснабжение всех потребителей электрической энергии, расположенных в зоне действия электрических сетей, независимо от их принадлежности;
- ограничение токов КЗ предельными уровнями, определяемыми на перспективу;
- снижение потерь электрической энергии;
- соответствие принимаемых решений условиям охраны окружающей среды;
- необходимо обеспечить возможное дальнейшее развитие реконструируемой энергосистемы и системы электроснабжения;
- Потребители, входящие в состав реконструируемой системы электроснабжения, должны получать электроэнергию нормируемого качества согласно [2].

При этом, необходимо рассматривать совокупность внешнего и внутреннего электроснабжения с учетом возможностей и экономической целесообразности технологического резервирования. При решении вопросов резервирования необходимо учитывать перегрузочную способность элементов системы электроснабжения, а также наличие резерва технологического оборудования. При решении вопросов развития систем электроснабжения следует учитывать нормальные и послеаварийные режимы работы.

При выборе независимых взаимно резервирующих источников питания, являющихся частью одной энергосистемы, следует учитывать вероятность одновременного кратковременного снижения или полного исчезновения напряжения на время действия релейной защиты и автоматики при повреждениях в электрической части энергосистемы, а также одновременного длительного исчезновения напряжения на этих источниках питания при тяжелых системных авариях.

Проектирование электрических сетей должно осуществляться с учетом вида их обслуживания (постоянное дежурство, дежурство на дому, выездные бригады и другие виды обслуживания).

Работа электрических сетей напряжением до 35 кВ может осуществляться как с изолированной нейтралью, так и с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор.

При проектировании системы электроснабжения или анализе режимов ее работы, потребители электроэнергии, от отдельного приемника до всего завода в целом, рассматриваются в качестве нагрузок. Первым этапом проектирования системы электроснабжения является определение электрических нагрузок. По значению электрических нагрузок выбирают и проверяют электрооборудование

системы электроснабжения, определяют потери мощности и электроэнергии. От правильной оценки ожидаемых нагрузок зависят капитальные затраты на систему электроснабжения, эксплуатационные расходы, надежность работы электрооборудования [4].

В практике проектирования систем электроснабжения применяются различные методы определения электрических нагрузок, которые делятся на основные и вспомогательные[5].

К основным методам относятся расчеты:

- По установленной мощности и коэффициенту использования;
- Установленной мощности и коэффициенту спроса;
- Средней мощности и коэффициенту формы графика нагрузок;
- Средней мощности и отклонению расчетной нагрузки от средней (статистический метод);
- Средней мощности и коэффициенту максимума (метод упорядоченных диаграмм).

Вспомогательные методы расчета:

- По удельному расходу электроэнергии на единицу продукции при заданном объеме выпуска продукции за определенный период времени;
- По удельной нагрузке на единицу производственной площади.

Решение об использовании того или иного метода расчета определяется допустимой погрешностью вычислений. На стадии проектного задания и при проектировании укрупненных расчетов, используются методы, базирующиеся на данных о суммарной установленной мощности отдельных групп приемников, таких как отделение, цех, корпус. Методы, основанные на использовании данных о единичных приемниках, относят к наиболее точным [1]. Наиболее распространен расчет электрических нагрузок по методу коэффициента использования.

Расчет электрических нагрузок для элементов системы электроснабжения, создаваемых трехфазными электроприемниками, выполняется в соответствии с указаниями по расчету электрических нагрузок РТМ 36.18.32.4-92[6].

Действие указаний не распространяется на определение электрических нагрузок электроприемников с резкопеременным графиком нагрузки, промышленного электрического транспорта, жилых и общественных зданий, а также электроприемников, с известным графиком нагрузки.

Для определения расчетных нагрузок является спецификация на электрооборудование, в котором указано число электроприемников, номинальная мощность единичного приемника $p_{ном}$, коэффициент использования $k_{и}$, коэффициенты активной и реактивной мощности $\cos\varphi, tg\varphi$. При интервальных значениях этих величин, для расчета следует принимать наибольшее значение.

В общем случае, расчетная нагрузка цеховой подстанции определяется нагрузкой силовых приемников и осветительной нагрузкой. Помимо этого, учитываются низковольтные конденсаторные батареи, при их наличии. При определении расчетной нагрузки от силовых электроприемников, они группируются в характерные группы с одинаковым характером работы, коэффициентом использования и коэффициентом реактивной мощности. При этом, резервные и ремонтные электроприемники, а также электроприемники, работающие кратковременно, не учитываются. Исключение составляют те случаи, когда мощности данных электроприемников определяют выбор элементов сети системы электроснабжения [7].

Силовая номинальная активная мощность трансформаторной подстанции определяется по формуле:

$$P_{\text{НОМ}} = \sum_{i=1}^n p_{\text{НОМ},i}, \quad (1.1)$$

где $p_{\text{НОМ},i}$ – активная мощность i -ого электроприемника, кВт;
 n – число электроприемников цеховой трансформаторной подстанции.

Средняя групповая активная мощность определяется по формуле:

$$P_c = \sum_{i=1}^n P_{\text{НОМ},i} \cdot K_{и,i} \quad (1.2)$$

где $P_{\text{НОМ},i}$ – активная групповая мощность группы электроприемников, кВт;
 $K_{и,i}$ – групповой коэффициент использования для группы электроприемников;
 n – число групп электроприемников.

Коэффициент использования, согласно [6], это – отношение средней активной мощности отдельного электроприемника или группы электроприемников за наиболее загруженную смену, к ее номинальному значению, при этом:

$$k_{и} = p_c / p_{\text{Н}} \quad (1.3)$$

$$K_{и} = P_c / P_{\text{Н}} \quad (1.4)$$

Фактическое число электроприемников определяют по формуле:

$$N_{\text{ф}} = \sum_{i=1}^n i \quad (1.5)$$

Эффективное число электроприемников определяется по формуле:

$$n_{\text{э}} = (\sum P_{\text{н}})^2 / \sum n \cdot p_{\text{н}}^2 \quad (1.6)$$

В случае, если число электроприемников значительно (в случае расчета магистрального шинопровода, шин цеховых трансформаторных подстанций, в целом по цеху, корпусу предприятию), эффективное число электроприемников может определяться по упрощенной формуле:

$$n_{\text{э}} = 2 \cdot \sum P_{\text{н}} / p_{\text{н.макс}} \quad (1.7)$$

При этом, если найденное по упрощенному выражению число $n_{\text{э}}$ окажется больше $N_{\text{ф}}$, то следует принимать $n_{\text{э}} = N_{\text{ф}}$. Также, если $p_{\text{н.макс}} / p_{\text{н.мин}} \leq 3$, где $p_{\text{н.мин}}$ – номинальная мощность наименее мощного электроприемника группы, также принимается $n_{\text{э}} = N_{\text{ф}}$

Найденное по формулам (1.6) и (1.7) значение округляется до ближайшего меньшего числа. Средневзвешенное значение группового коэффициента реактивной мощности определяется по формуле:

$$tg\varphi = \frac{\sum K_{\text{и},i} \cdot P_{\text{ном},i} \cdot tg\varphi_i}{\sum K_{\text{и},i} \cdot P_{\text{ном},i}} \quad (1.8)$$

По таблицам, представленных в РТМ, в зависимости от полученных значений $K_{\text{и}}$ и $n_{\text{э}}$, определяется коэффициент расчетной мощности $K_{\text{р}}$ – отношение расчетной активной мощности $P_{\text{р}}$ к значению $K_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}}$ группы электроприемников, то есть показывает степень превышения расчетного максимума нагрузки над средней нагрузкой. С учетом коэффициента расчетной мощности, расчетная силовая мощность трансформаторной подстанции определяется по формулам:

$$P_{\text{р,с}} = K_{\text{р}} \cdot P_{\text{с}} \quad (1.9)$$

$$Q_{\text{р,с}} = P_{\text{р,с}} \cdot tg\varphi \quad (1.10)$$

$$S_{\text{р,с}} = \sqrt{P_{\text{р,с}}^2 + Q_{\text{р,с}}^2} \quad (1.11)$$

На промышленных предприятиях около 10% потребляемой электрической энергии затрачивается на электрическое освещение. Правильное выполнение осветительных установок способствует рациональному использованию электроэнергии, повышению производительности труда и уменьшению количества аварий и случаев травматизма. Электрическая часть расчета осветительной нагрузки включает в себя определение расчетных нагрузок освещения, выбор схемы питания осветительной установки, выбор рационального напряжения для питания приборов освещения, выбор сечения и марки проводов, а также определение способа прокладки сети[8]. Расчетная активная нагрузка от освещения $P_{\text{р,о}}$ определяется по формуле:

$$P_{\text{р,о}} = K_{\text{с}} \cdot K_{\text{пра}} \cdot P_{\text{уст}} \quad (1.12)$$

Где K_c – коэффициент спроса осветительных установок;
 $K_{пра}$ – коэффициент, учитывающий потери активной мощности в пускорегулирующей аппаратуре для газоразрядных источников света;
 $P_{уст}$ – установленная мощность осветительных приборов, кВт.

Расчетная реактивная нагрузка от освещения определяется по формуле:

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \cdot tg \varphi_0 \quad (1.13)$$

Полная расчетная мощность трансформаторной подстанции определяется по формулам:

$$P_p = P_{p.c} + P_{p.o} \quad (1.14)$$

$$Q_p = Q_{p.c} + Q_{p.o} \quad (1.15)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (1.16)$$

Количество цеховых трансформаторных подстанций оказывает непосредственное влияние на капитальные затраты на сооружение и обслуживание распределительных устройств напряжением 6-10 кВ, а также затраты на внутривозовские и цеховые электрические сети. При уменьшении числа цеховых трансформаторных подстанций уменьшается число ячеек распределительных устройств, суммарная длина линий, а также снижаются потери электроэнергии в сетях 6-10 кВ. При этом, стоимость сетей напряжением 0.4 кВ и потери в них возрастают. Увеличение числа цеховых трансформаторных подстанций, наоборот, снижает затраты на цеховые сети, но увеличивает число ячеек РУ 6-10 кВ и затраты на сети этого класса напряжения[1].

Правильное определение числа и мощности цеховых трансформаторов возможно только с учетом результатов технико-экономического расчета, с учетом следующих факторов [4]:

- Категории надежности электроснабжения потребителей;
- Устройств компенсации реактивной мощности на напряжении менее 1 кВ;
- Перегрузочной способности трансформаторов в нормальном и послеаварийном режимах;
- Шага стандартных мощностей;
- Экономических режимов работы трансформаторов в зависимости от графика нагрузки

На выбор числа трансформаторов цеховых подстанций в первую очередь влияет категория надежности электроснабжения имеющихся потребителей. В этом случае необходимо также правильно осуществить выбор мощности трансформаторов, при числе их, обеспечивающих надежное электроснабжение потребителя.

Наиболее эффективные и дешевые решения имеют место при применении одното трансформаторных подстанций. Их рекомендуется применять для питания

электроприемников третьей категории, если перерыв электроснабжения, необходимый для замены или ремонта поврежденного элемента не превышает одних суток. Помимо этого, однострансформаторные подстанции также могут применяться для питания электроприемников третьей категории и небольшой части электроприемников второй категории, если требуемая резервируемость может быть обеспечена путем использования кабельных линий низшего напряжения от другого источника питания и время замены трансформатора не превышает одних суток.

При сосредоточенной нагрузке электроприемников третьей категории значительной мощности, возможно использование одной двухтрансформаторной подстанции без устройства автоматического ввода резерва на вторичном напряжении.

Для питания электроприемников первой и второй категории предусматриваются двухтрансформаторные подстанции с питанием от двух независимых взаимно резервирующих источников.

В случае неравномерного суточного или годового графика нагрузок может быть целесообразнее использование двухтрансформаторных подстанций, вне зависимости от категории надежности электроснабжения потребителей. Здесь можно изменять присоединенную мощность трансформаторов, используя их в более рациональных режимах работы.

Минимальная мощность трансформаторов, при полной компенсации реактивной мощности в сетях до 1 кВ, S_{min} и максимальная мощность трансформаторов, при отсутствии компенсации реактивной мощности, S_{max} определяется по формулам:

$$S_{min} = \frac{P_p}{\beta \cdot n} \quad (1.17)$$

$$S_{max} = \frac{S_p}{\beta \cdot n} \quad (1.18)$$

Где S_p , P_p – полная и активная расчетные мощности цеховой трансформаторной подстанции;

β – коэффициент загрузки трансформаторов;

n – количество трансформаторов цеховой трансформаторной подстанции.

Полученные по формулам (1.17) и (1.18) значения мощности принимаются равными ближайшим стандартным значениям номинальной мощности трансформаторов $S_{ном,i}$. Коэффициент загрузки β принимается в зависимости от степени взаимного резервирования трансформаторов.

Не зависимо от числа трансформаторов, для повышения экономичности их работы, рекомендуется полностью использовать их нагрузочную способность с

учетом их систематических нагрузок в нормальном режиме и допустимых перегрузок в послеаварийном режиме[9].

С учетом вышеизложенного, при проектировании системы электроснабжения, для двухтрансформаторных подстанций, коэффициент загрузки β предварительно принимается равным от 0.6 до 0.7. Для трансформаторов однострансформаторных подстанций с взаимным резервированием по переключкам вторичного напряжения расчетная мощность определяется с учетом степени резервирования. При наличии электроприемников только третьей категории надежности электроснабжения - $\beta \approx 1$, при наличии второй и третьей категории коэффициент загрузки принимается равным $0.7 \div 0.8$.

Для каждого из вариантов, рассматриваемых в проекте, рассчитываются:

- Наибольшая реактивная мощность, которая может быть передана через трансформаторы со стороны высшего напряжения на сторону низшего:

$$Q_{т,i} = \sqrt{(\beta \cdot n \cdot S_{ном,i})^2 - P_p^2} \quad (1.19)$$

где $S_{ном,i}$ – номинальная мощность трансформатора соответствующего варианта.

$Q_{ку,i}$ – мощность устройств компенсации реактивной мощности напряжением до 1 кВ, которая определяется по формуле:

$$Q_{ку,i} = Q_p - Q_{т,i} \quad (1.20)$$

При преобладании нагрузок с низким коэффициентом мощности $\cos\varphi$ может возникнуть ситуация, когда номинальной мощности трансформаторов не хватит для обеспечения потребителей необходимым количеством реактивной мощности. Компенсировать недостающую реактивную мощность $Q_{ку,i}$ можно либо увеличив номинальную мощность трансформаторов, или установкой устройств компенсации реактивной мощности напряжением до 1 кВ. Количество устанавливаемых устройств должно быть пропорционально количеству трансформаторов, установленных на трансформаторной подстанции, а сумма мощностей всех устройств компенсации, присоединенных к шинам распределительных устройств, должна быть не меньше $Q_{ку,i}$.

В случае, если при определении мощности устройств компенсации реактивной мощности по формуле (1.20) значение $Q_{ку,i}$ получилось меньше нуля, то проводить мероприятия по компенсации реактивной мощности не требуется.

Далее проводится технико-экономическое сравнение всех имеющихся вариантов. Если удастся добиться минимума приведенных затрат, при обеспечении заданной степени надежности электроснабжения, то такой вариант будет являться наиболее оптимальным, и его следует рассматривать как окончательный [7].

Система внешнего электроснабжения включает в себя схему электроснабжения и источники питания предприятия. Распределение нагрузки

между источниками осуществляют с учетом мощности, удаленности и экономичности источника питания, а также сезонности работы предприятия. В качестве резервных целесообразно использовать маломощные и удаленные источники питания.

Основными условиями проектирования рациональной системы внешнего электроснабжения являются надежность, экономичность и качество электроэнергии в сети [1].

Экономичность определяется приведенными затратами на систему электроснабжения. Надежность, в свою очередь, зависит от категории надежности электроснабжения потребителей электроэнергии и особенностей технологического процесса, неправильная оценка которых может привести, как к снижению надежности системы электроснабжения, так и к неоправданным затратам на излишнее резервирование [10].

При проектировании, как правило, разрабатывается несколько вариантов, наиболее целесообразный из которых определяется в результате технико-экономического сравнения.

					ЮУрГУ–13.03.02.2020.089.00.000ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		17

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КОМПЛЕКСА.

Электроприемники можно подразделить на три режима работы:

Продолжительный режим. Работа машины при неизменной нагрузке достаточно длительное время для достижения неизменной температуры всех ее частей.

Кратковременный режим. Работа машины при неизменной нагрузке в течение времени, недостаточного для достижения всеми частями машины установившейся температуры, после чего следует остановка машины на время, достаточное для охлаждения машины до температуры, не более чем на 2°С превышающей температуру окружающей среды. Для кратковременного режима работы нормируется продолжительность рабочего периода 15, 30, 60, 90 мин.

Повторно-кратковременный режим. Последовательность идентичных циклов работы, каждый из которых включает время работы при неизменной нагрузке, за которое машина не нагревается до установившейся температуры, и время стоянки, за которое машина не охлаждается до температуры окружающей среды. В этом режиме цикл работы таков, что пусковой ток не оказывает заметного влияния на превышение температуры. Продолжительность цикла недостаточна для достижения теплового равновесия и не превышает 10 мин.

Электроприёмники делятся так же и на три категории:

Электроприёмники 1 категории - Электроприемники перерыв электроснабжения, которых может повлечь за собой опасность для жизни: людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса. Из состава электроприемников 1 категории выделенная так называемая особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждение дорогостоящего оборудования.

Электроприёмники 2 категории - это такие электроприёмники, перерыв в электроснабжении которых приводит к массовому недоотпуску продукции, к массовому простоям механизмов и рабочих совершению нормальной деятельности большого числа людей.

Электроприемники 3 категории - называются все остальные электроприемники, неподходящие под определение 1 и 2 категории. К ним можно отнести электроприемники во вспомогательных цехах, на неотвественных складах, в цехах неотвественного производства и.т.п.

Перечень электрооборудования приведен в таблице №1

По заданию проекта электроприемники 2 категории составляют 70%, электроприемники, электроприемники 3 категории составляют 30% по бесперебойности электроснабжения. Электроприемники 1 категории по электроснабжению - отсутствуют.

Станки под № 1-7,9 работают в длительном режиме, пуск лёгкий, относятся ко 2-ой категории электроприёмников по бесперебойности электроснабжения, крупносерийное производство; $K_{и}=0,16$; $\cos\varphi=0,6$.

Станок с ЧПУ №8 работает в длительном режиме, относится ко 2-ой категории электроприёмников по бесперебойности электроснабжения, $K_{и}=0,7$; $\cos\varphi=0,6$.

Фрезерно-револьверный станок №10 работает в длительном режиме, относится ко 2-ой категории электроприёмников по бесперебойности электроснабжения, $\cos\varphi=0,65$; $K_{и}=0,6$.

Сварочный преобразователь №11 работает в длительном режиме, относится ко 2-ой категории электроприёмников по бесперебойности электроснабжения, $K_{и}=0,25$; $\cos\varphi=0,5$

Компрессор и сантехнический вентилятор №12,13 работают в длительном режиме, относятся ко 2-ой категории электроприёмников по бесперебойности электроснабжения; $\cos\varphi=0,8$; $K_{и}=0,8$.

Тельфер №14. Работает в длительном режиме, относится ко 2-ой категории электроприёмников по бесперебойности электроснабжения, $\cos\varphi=0,8$; $K_{и}=0,5$.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЗДАНИЯ.

В ходе развития технологического процесса производства существенно изменилось потребление электроэнергии. Это, в свою очередь, отразилось на загруженность силовых трансформаторов. Вследствие чего появились неудовлетворительные экономические показатели электроснабжения. В связи с этим, одной из задач реконструкции системы электроснабжения является рассмотрение экономичных режимов работы сети при соблюдении необходимых требований к надежности и резервированию питания. С целью оптимизации электропотребления и экономических параметров системы электроснабжения необходимо произвести анализ загрузки трансформаторов. Необходимо определить расчетную нагрузку реконструируемого здания. Определение расчетной мощности проводится в соответствии с указаниями[6]. Данные по электрооборудованию представлены в таблице 1.

Таблица 1- Перечень электрооборудования

№ п/п	Наименование	Количество	Номинальная мощность, кВт	Коэффициент использования $k_{и}$	Коэффициент мощности $\cos\varphi$
1	Токарный станок	8	10	0,16	0,6
2	Радиально-сверлильный станок	10	25	0,16	0,6
3	Вертикально-фрезерный станок	4	15	0,16	0,6
4	Вертикально-сверлильный станок	10	4	0,16	0,6
5	Продольно-строгальный станок	8	60	0,16	0,6
6	Плоскошлифовальный станок	6	6	0,16	0,6
7	Горизонтально-фрезерный станок	2	28	0,16	0,6
8	Токарный станок в ЧПУ	16	12	0,6	0,7
9	Фрезерно-револьверный станок	3	40	0,6	0,16

№ п/п	Наименование	Количество	Номинальная мощность, кВт	Коэффициент использования $k_{и}$	Коэффициент мощности $\cos\varphi$
10	Токарно-фрезерный станок	1	10	0,25	0,35
11	Сварочный преобразователь многопостовой	1	50	0,7	0,5
12	Компрессор	2	10	0,8	0,8
13	Сантехнический вентилятор	2	10	0,8	0,8
14	Тельфер	5	1,5	0,5	0,8

Расчет электрических нагрузок выполняется в соответствии с формулами (1.1-1.11).

Активная номинальная мощность равна

$$P_{\text{ном}} = \sum_{i=1}^n p_{\text{ном},i} = 1421,5 \text{ кВт}$$

Средневзвешенный коэффициент использования определяется по формуле:

$$K_{и} = \frac{\sum k_{и} \cdot P_{н} \cdot \text{tg}\varphi}{\sum k_{и} \cdot P_{н}} \quad (3.1)$$

$$K_{и} = 0,30$$

В связи с большим числом электроприемников, эффективное число электроприемников определяется по формуле (1.7):

$$n_{э} = \frac{2020662,25}{48809,25} = 41,4$$

Полученное значение округляется до ближайшего меньшего целого числа [6]. В таком случае, принимается равным $n_{э} = 41$. По таблице коэффициентов расчетной нагрузки K_p , представленной в РТМ, исходя из полученных значений коэффициента использования и эффективного числа электроприемников, определяем значение K_p . Интерполируя значения, принимаем равным $K_p = 0,75$.

Расчетная активная и реактивная нагрузки определяются по формулам (1.9) и (1.10)

$$P_{p.c} = 0,75 \cdot 420,77 = 315,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{p.c} = 507,22 \text{ кВАр}$$

В таком случае, полная расчетная мощность силового электрооборудования будет равна:

$$S_p = \sqrt{507,22^2 + 315,6^2} = 597 \text{ кВА}$$

3.1 Расчёт осветительной нагрузки цеха

Согласно заданию на проектирование, высота технологических участков 8 метров. Для освещения таких помещений наиболее рационально использовать лампы типа ДРИ с использованием светильников ГСП17 (марка: ГСП-17-400-701)

На производстве используется общее освещение в системе комбинированного. Разряд зрительных работ для каждого помещения определялся в соответствии с Отраслевыми нормами проектирования искусственного освещения основных цехов промышленных предприятий Минтрансстроя, а нормы освещённости повышаются на одну ступень шкалы освещенности (с 200 лк до 300 лк), так как зрительные работы выполняются более половины рабочего дня и присутствует персонал с возрастом более 40 лет.

Чтобы окончательно определить удельную установленную мощность рассчитаем индекс помещения i по следующей формуле:

$$i = \frac{a \times b}{H_p (a+b)},$$

где a и b – длина и ширина помещения соответственно, H_p – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, которая определяется следующим образом: $H_p = H - h_{св} - h_p$, где H – высота помещения; $h_{св}$ – высота свеса светильника, для выбранных ламп ДРИ $h_{св} = 0,64$ м, для люминесцентных ламп $h_{св} = 0,23$ м; $h_p = 0,8$ м – высота условной рабочей поверхности, так как действительная высота рабочей поверхности не задана.

Для основных производственных помещений с лампами ДРИ:

$$H_p = 8 - 0.64 - 0.8 = 6.56 \text{ м}$$

Для вспомогательных помещений с люминесцентными лампами:

$$H_p = 3.6 - 0.23 - 0.8 = 2.57 \text{ м}$$

По полученным данным рассчитаны индексы и по [4] определены удельные установленные мощности помещений, данные сведены в таблицу 2.

Для расчета осветительной нагрузки применяем метод удельных нагрузок. Территорию цеха надо разбить на модули, для каждого из которых определяем необходимую освещенность. Всего 10 строительных модулей В каждом модуле расположено различное оборудование от этого зависит требуемая освещённость. Требуемая освещённость над станками 300 люкс, зона

					ЮУрГУ–13.03.02.2020.089.00.000ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		22

погрузки -разгрузки 50 люкс, токарный станок с ЧПУ 400 люкс. Высота подвеса светильников в местах, где передвигается управляемый с пола кран 10 метров, где его нет- 6 метров.

Произведем расчет осветительной нагрузки по следующим формулам:

$$P_{р\text{ мод}} = P_{уд} \cdot K_{спр} \cdot K_{пра} \cdot K_{зап} \cdot S_{мод} \cdot K_E;$$

$$K_E = \frac{E_{треб}}{E_{табл}}$$

где, $P_{модуля}$ – активная мощность модуля (кВт);

$P_{уд}$ – удельная плотность нагрузки (табличное значение) (Вт/м²);

$S_{модуля}$ – площадь модуля (м²);

$K_{спр}$ – коэффициент спроса, для больших цеховых пролётов равен 1;

$K_{пра}$ – коэффициент потерь пускорегулирующей аппаратуры для ламп типа ДРЛ

$K_{пра} = 1,05$, если $P > 400$ Вт; $K_{пра} = 1,05$, если $P \leq 400$ Вт;

K_e – коэффициент освещённости.

$$P_{р\text{ мод}1} = 24 \times 1 \times 1,2 \times 1,5 \times 72 \times 0,66 = 2,05 \text{ (кВт)}$$

$$P_{р\text{ мод}2} = 31,3 \times 1 \times 1,05 \times 1,5 \times 144 \times 0,5 = 3,54 \text{ (кВт)}$$

Аналогично рассчитываем остальные модули, результаты приведены в таблице.

$$\begin{aligned} \sum P_{мод} &= 2,05 + 3,54 + 3,54 + 3,54 + 3,11 + 3,11 + 2,91 + 2,05 + 3,11 + 2,21 \\ &= 29,17 \text{ (кВт)} \end{aligned}$$

$$Q_{р\text{ мод}} = P_{р\text{ мод}} \cdot \tan \varphi_{мод}$$

$$\cos \varphi = 0,95 \text{ – ЛЛ } \tan \varphi = 0,32$$

$$\cos \varphi = 0,9 \text{ – ДРЛ } \tan \varphi = 0,48$$

$$Q_{р.мод.} = P_{мод} \times \tan \varphi$$

$$Q_{р.мод.1} = 2,05 \times 0,32 = 0,656 \text{ (кВАр)}$$

$$Q_{р.мод.2} = 3,54 \times 0,48 = 1,7 \text{ (кВАр)}$$

$$\begin{aligned} \sum Q_{мод} &= 0,656 + 1,7 + 1,7 + 1,7 + 0,99 + 0,99 + 1,39 + 0,65 + 0,99 + 1,06 \\ &= 11,8 \text{ (кВАр)} \end{aligned}$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Таблица 2- Результаты расчетов модулей освещения.

№ модуля	$P_{уд}, \text{Вт/м}^2$	$S_{\text{модуля}}, \text{м}^2$	$K_{спр}$	$K_{пра}$	$P_{\text{модуля}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{модуля}}, \text{кВАР}$
1	24	72	1	1,05	2,05	0,656
2	31,3	144	1	1,05	3,54	1,7
3	31,3	144	1	1,05	3,54	1,7
4	31,3	144	1	1,05	3,54	1,7
5	24	72	1	1,05	3,11	0,99
6	24	72	1	1,05	3,11	0,99
7	39	72	1	1,05	2,91	1,39
8	24	72	1	1,05	2,05	0,65
9	24	72	1	1,05	3,11	0,99
10	39	72	1	1,05	2,21	1,06

В соответствии с формулами (1.14-1.16) определяется полная мощность с учетом расчетной мощности силового и осветительного оборудования:

$$S_p = \sqrt{344,7^2 + 519^2} = 623,1 \text{ кВА}$$

Коэффициент реактивной мощности будет равен:

$$tg\varphi = \frac{Q}{P} = \frac{519}{344,7} = 1,5$$

Нормированное значение коэффициента реактивной мощности для сетей 0.4 кВ равняется 0.35. В связи с этим, необходимо провести компенсацию реактивной мощности до нормируемого значения.

$$tg\varphi = \frac{Q_p - Q_k}{P_p}$$

Из формулы (3.2) выражается $Q_k = Q_p - P_p \cdot tg\varphi$

$$Q_k = 519 - 0.35 \cdot 344,7 = -398,3 \text{ кВАр.}$$

Определим необходимую мощность единичной установки для компенсации мощности: $Q_{ку} = \frac{Q_k}{2} = \frac{398,3}{2} = 199,17 \text{ кВАр}$

Для компенсации необходимого количества реактивной мощности выбираем устройства компенсации ближайшего стандартного значения. Используем 2 УКМ-58 0,4-200-10

Паспортные данные устройства представлены в таблице 3

Таблица 3-Паспортные данные УКРМ

Параметр	Значение
Номинальное напряжение, В	380
Частота, Гц	50
Номинальная реактивная мощность установки	200 кВАр
Шаг регулирования	10 кВАр
Число ступеней регулирования	20
Тип ввода	Кабельный

С учетом компенсации реактивной мощности:

$$S_p = \sqrt{344,7^2 + (519 - 400)^2} = 364,7 \text{ кВА}$$

Расчет представлен в таблице 4.

3.2 Выбор числа и мощности трансформаторов

Передача значительного количества реактивной мощности из энергосистемы к потребителям нерациональна по следующим причинам: возникают дополнительные потери активной мощности и энергии во всех элементах системы электроснабжения, обусловленные загрузкой их реактивной мощностью, и дополнительные потери напряжения в питательных сетях. Ввод источника реактивной мощности приводит к снижению потерь в период максимума нагрузки.

При выборе средств компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий необходимо различать по функциональным признакам две группы промышленных сетей в зависимости от состава их нагрузок: первая группа - сети общего назначения (сети с режимом прямой последовательности основной частоты 50 Гц.); вторая группа – сети со специфическими нелинейными, несимметричными и резко переменными нагрузками.

По входной реактивной мощности $Q_{Э1}$ определяют суммарную мощность компенсирующего устройства предприятия, а по назначению $Q_{Э2}$ регулируемую часть компенсирующего устройства. Суммарную мощность компенсирующего устройства $Q_{Э1}$ определяют по балансу реактивной мощности на границе электрического раздела предприятия и энергосистемы в период наибольшей активной нагрузки энергосистемы: $Q_{К1} = Q_{M1} + Q_{Э2}$. Для промышленных предприятий с присоединяемой суммарной мощностью трансформаторов менее 750 кВ*А, значение мощности компенсирующего устройства $Q_{Э1}$ задается энергосистемой и является обязательным при выполнении проекта электроснабжения предприятия.

По согласованию с энергосистемой, выдавшей технические условия на присоединение потребителей, допускается принимать большую по сравнению с $Q_{Э1}$ суммарную мощность компенсирующего устройства, если это снижает приведенные затраты на систему электроснабжения предприятия в целом.

Средствами компенсации реактивной мощности являются в сетях общего назначения батареи конденсаторов (низшего напряжения – НБК и высшего напряжения – ВБК) и синхронные двигатели в сетях со специфическими нагрузками, дополнительно к указанным средствам, силовые резонансные фильтры (СРФ), симметрирующие и фильтросимметрирующие устройства, устройства динамической и статической компенсации реактивной мощности с быстродействующими системами управления (СТК) и специальные быстродействующие синхронные компенсаторы (ССК).

Количество трансформаторов определяется категорией по надежности электроснабжения. Так как электроприемники здания относятся ко 2 и 3 категории, то количество трансформаторов $n=1$. Мощность трансформаторов определяется по формуле (1.18): $S_{расчТ} = \frac{364,7}{0.6} = 607,8$ кВА.

Ближайшим по мощности является масляный трансформатор $S_{НОМ} = 630$ кВА. ТМ-630/6. Проверку трансформатора по перегрузочной способности в послеаварийном режиме не делаем, потому что проверка осуществляется только для 2-х трансформаторной подстанции при отключении одного из трансформаторов.

В случае отказа оборудования, предназначенного для компенсации реактивной мощности, перегрузочный коэффициент будет равен:

$$S_{рбк} = \sqrt{\left(\frac{P_p}{2}\right)^2 + \left(\frac{Q_p}{2}\right)^2} = \sqrt{(344,7)^2 + (519)^2} = 623 \text{ кВА}$$

$$\beta_{ав} = \frac{623}{600} = 1,03$$

В обоих случаях, при выводе одного из трансформаторов в ремонт или отказе конденсаторной установки, коэффициент перегрузки удовлетворяет требованиям. Следовательно, выбранный трансформатор ТМ-600/6 подходит.

Паспортные данные трансформатора ТМ-600/6 представлены в таблице 5 [11].

Таблица 5-Паспортные данные трансформатора ТМ-630/6

$U_{ВН}$, кВ	6
$U_{НН}$, кВ	0.4
Потери холостого хода, $P_{хх}$, кВт	1,05
Потери при коротком замыкании, $P_{кз}$, кВт	7,6
u_k , %	5,5
$I_{хх}$, %	1,6

Далее необходимо выбрать питающий кабель. Сечение жил кабеля выбирается по экономической плотности тока, которая в свою очередь зависит от времени наибольших нагрузок и материала жилы. Время наибольших нагрузок для предприятия, работающего круглосуточно, принимается равным $T_{нб} = 7000$ ч [8]. Значение экономической плотности тока для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией и алюминиевыми жилами принимается $j_{жк}=1,4$ [4]. Предпочтение было отдано кабелю с алюминиевыми жилами, так как стоимость кабеля и его монтаж на 1 км линии дешевле, чем у кабеля с медными жилами.

Расчетный ток, протекающий по кабельной линии:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{364,7}{\sqrt{3} \cdot 6} = 264,2 \text{ А.}$$

Экономически целесообразное сечение выбирается по формуле:

$$F_э = \frac{I_p}{j_{эк}} = \frac{264,2}{1,4} = 188,7 \text{ мм}^2$$

Минимальное сечение производимых кабелей с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение 6 кВ составляет 16 мм², так как это сечение – минимально допустимое сечение по условию механической прочности. В соответствии с выше указанными требованиями будем использовать кабель марки ААБл – 3 x 240. Данный кабель состоит из алюминиевых токопроводящих жил в алюминиевой оболочке, защищенной броней из двух стальных лент, которые завиты внахлест, что позволяет защитить кабель при небольших нагрузках на изгиб или растяжение. В составе подушки имеется 1 дополнительная лавсановая лента. Кабель с броней этого типа сохраняет достаточную гибкость и может применяться при строительстве кабельных трасс практически любой конфигурации.

3.3 Определение центра электрических нагрузок. Построение картограммы нагрузок

Центр электрических нагрузок (ЦЭН) - это условный центр потребления электрической нагрузки. В общем случае координаты центра электрических нагрузок (X_0, Y_0) можно определить по следующим выражениям:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ном.i} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n P_{ном.i}} \quad (3.3)$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ном.i} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n P_{ном.i}} \quad (3.4)$$

где $X_0; Y_0$ – центр электрических нагрузок по оси X и Y;

$x_i; y_i$ – координаты электроприемника по оси X и Y;

$\sum_{i=1}^n P_{pi}$ – групповая расчетная мощность электроприемников;

n – число приемников;

i – порядковый номер приемников.

$$\sum_{i=1}^n P_{pi} = 10 \times 8 + 25 \times 10 + 15 \times 4 + 4 \times 10 + 60 \times 8 + 6 \times 6 + 28 \times 2 + 12 \times 16 + 40 \times 3 + 10 \times 1 + 50 \times 1 + 10 \times 2 + 10 \times 2 + 1,5 \times 5 = 1421,5 \text{ (кВт)}$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i \cdot P_{pi})}{\sum_{i=1}^n P_{pi}}$$

$$= (21 \times 8 \times 10 + 21 \times 8 \times 25 + 4 \times 2 \times 25 + 9 \times 4 \times 15 + 9 \times 8 \times 4 + 4 \times 2 \times 4 + 1 \times 5 \times 60 + 5 \times 3 \times 60 + 2 \times 6 \times 6 + 11 \times 2 \times 28 + 18 \times 16 \times 12 + 5 \times 3 \times 40 + 22 \times 1 \times 1,75 + 23 \times 1 \times 55,5 + 21 \times 1 \times 11,1 + 1 \times 1 \times 11,1 + 20,5 \times 1 \times 5,55 + 2 \times 1 \times 5,55 + 10 \times 5 \times 1,5) / 1421,5 = 10,3 \text{ (м)}$$

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \cdot P_{pi})}{\sum_{i=1}^n P_{pi}}$$

$$= (5 \times 8 \times 10 + 24 \times 8 \times 25 + 5 \times 1 \times 25 + 33 \times 1 \times 25 + 15 \times 4 \times 15 + 5,5 \times 8 \times 4 + 7 \times 2 \times 4 + 17,5 \times 3 \times 60 + 18 \times 5 \times 60 + 39 \times 6 \times 6 + 21 \times 2 \times 28 + 36 \times 16 \times 12 + 2 \times 3 \times 40 + 17 \times 1,75 \times 1 + 13 \times 55,5 \times 1 + 13 \times 11,1 \times 1 + 35 \times 11,1 \times 1 + 15 \times 5,55 \times 1 + 39 \times 5,55 \times 1 + 21 \times 5 \times 1,5) / 1421,5 = 19,3 \text{ (м)}$$

Координаты центра электрических нагрузок:

$$X_0 = 19,3 ; Y_0 = 10,3$$

3.4 Составление картограммы нагрузок

Картограмма нагрузок предприятия представляет собой размещённые на генеральном плане окружности. Площади, ограниченные этими окружностями соответствуют расчётным нагрузкам участка. Для каждого цеха или отдельного участка наносится своя окружность, причём центр окружности совпадает с центром нагрузки цеха. Центр нагрузок цеха, или всего предприятия, является символическим центром потребления электрической энергии цеха или предприятия. ГПП, цеховые ТП поэтому следует располагать как можно ближе к центру нагрузок, так как это позволяет приблизить высокое напряжение к центру потребления электрической энергии и значительно сократить протяжённость, как распределительных сетей высокого напряжения, так и цеховых распределительных сетей низкого напряжения, уменьшить расход проводникового материала и снизить потери электрической энергии.

Для анализа структуры нагрузок цеха, отыскания места размещения цеховых трансформаторных подстанций и распределительных пунктов используют картограмму нагрузок. Картограмма нагрузок – план, на котором изображена картина средней интенсивности распределения нагрузок электроприёмников.

Картограмма нагрузок представляет собой размещённые на плане цеха площади, ограниченные кругами, которые в выбранном масштабе соответствуют расчётным активным и реактивным нагрузкам цеха. Центр каждого круга совмещают с ЦЭН. Расположение цеховых подстанций вблизи питаемых ими нагрузок позволяет приблизить высокое напряжение к центру потребления электроэнергии и сократить протяжённость, как сетей высокого напряжения, так и цеховых электрических сетей низкого напряжения. Это позволяет уменьшить расход проводникового материала и снизить потери электроэнергии. При расчётной активной мощности цеха $P_{рт}$ площадь круга, ей соответствующая, равна $\pi r^2 m = P_{рт}$

Отсюда радиус круга равен:

$$r = \sqrt{\frac{P_{рт}}{(\pi \cdot m)}} \quad (3.5)$$

где m – масштаб для определения площади круга, кВт/м². Масштаб принимается произвольным, но так, чтобы картограмма была наглядной.

Круг может быть разделен на секторы, соответствующие силовой и осветительной нагрузкам. В этом случае картограмма даёт представление не только о величине, но и о структуре нагрузки. Пусть масштаб равен $m=1$ кВт/м²,

тогда: $r = \sqrt{\frac{344,7}{3,14 \cdot 1}} = 10,4$ м

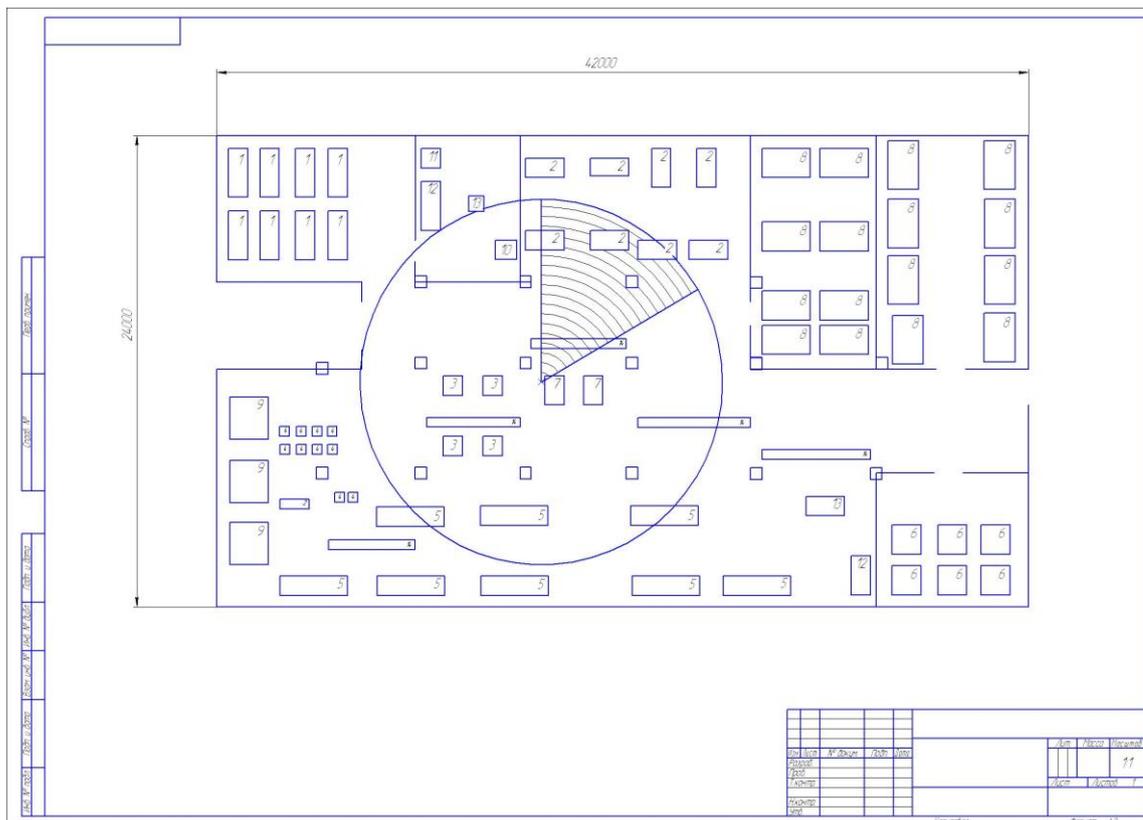


Рисунок 1-Расположение основного оборудования

Аналогичным образом определяются центры электрических нагрузок остальных магистральных щитов. На основании этого принимается решение о расположении щитов.

Угол кругового сегмента, площадь которого будет соответствовать расчетной мощности освещения, находится следующим образом:

$$\alpha_{\text{осв}} = \frac{P_{\text{р ос}}}{P_{\text{р}}} \cdot 360^{\circ} = \frac{29,17}{344,7} \cdot 360 = 30,4^{\circ}$$

Центр электрических нагрузок показан на рисунке 1 (заштрихованная область указывает долю мощности освещения от общей мощности).

Выбор схемы электроснабжения цеха

На выбор схемы распределения электроэнергии и её конструктивное исполнение оказывают влияние следующие факторы: требования к бесперебойности питания, размещение технологического оборудования по площади цеха, условия среды в цехе, размещение трансформаторных подстанций. Схема электроснабжения должна быть надёжна и безопасна, удобна и экономична, то есть соответствовать минимуму расчётных затрат на её сооружение. Она не должна быть многоступенчатой и содержать недолуженное оборудование, должен быть использован наиболее простой способ прокладки сети [12].

Распределительные устройства, если они необходимы, размещают вблизи центров нагрузок. Питающие сети должны иметь по возможности минимальную

длину. Каждый участок цеха питается от своих распределительных устройств, исключая по возможности подключение потребителей других участков цеха.

В схемах электроснабжения применяют электрооборудование со степенью защиты, соответствующей характеру среды в помещении.

В цеховых сетях различают питающую и распределительную сети. Линии цеховой сети, отходящие от цеховой трансформаторной подстанции (ТП) или вводного устройства, образуют питающую сеть, а линии, подводящие энергию от шинопроводов или распределительных пунктов к электроприёмникам, – распределительную сеть.

Схемы могут быть радиальными, магистральными и смешанными, с односторонним и двусторонним питанием.

Магистральные схемы в основном применяют при равномерном распределении нагрузки по площади цеха. Их выполняют шинопроводами (неизолированными шинами или комплектными шинопроводами типа ШРА) или кабелями. Магистральные схемы, выполненные шинопроводами, относят к высоконадёжным элементам системы электроснабжения и применяют для питания потребителей любой категории надёжности.

Радиальные схемы применяют для питания сосредоточенных нагрузок большой мощности, при неравномерном размещении приёмников в цехе или на отдельных его участках. Их выполняют кабелями или проводами, прокладываемыми открыто, в трубах или специальных каналах.

К достоинствам радиальных схем относятся: высокая надёжность и удобство автоматизации, поэтому они рекомендуются для питания потребителей 1 категории. Основным недостатком является значительный расход проводникового материала.

Следует избегать питания малоамперных (до 20 А) электроприёмников отдельными линиями от силовых пунктов. В этом случае подключение приёмников возможно по схеме «шлейфа» или под один защитный аппарат.

Исходя из вышеописанных рекомендаций, будет использоваться радиальная схема сети. Для автоматизированных технологических потоков подразумевается, что на каждой линии имеется щит управления, с которого непосредственно осуществляется питание электроприёмников, входящих в состав каждой линии. При этом, электроприёмники каждой линии подключены шлейфом. Щит управления, по сути, представляет собой автоматический выключатель, к которому присоединены приёмники электрической энергии, и который, в свою очередь, подключен к секции шин РУ НН.

3.5 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ РЕЖИМОВ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Исходными данными для расчета служат номинальные мощности электроприёмников, расчетная мощность цеха и значения напряжения на шинах источника питания для расчетных режимов. Электрический расчет включает в себя: выбор сечения проводников для питания отдельных электроприёмников и расчет отклонений напряжения в различных режимах.

Расчет сечений кабельных линий от ТП к цеховым РУ 0.4 кВ производится по длительно допустимому току.

К распределительному пункту №1 подключены: Продольно-строгальный станок. Исходные данные этих электроприемников представлены в таблице 1.

Определяется общая номинальная мощность электроприемников:

$$\sum P_H = 60 + 60 + 60 + 60 = 240 \text{ кВт}$$

Для каждого электроприемника, по заданным параметрам находится значение произведения $K_u \cdot P_H$

$$\sum K_u \cdot P_H = 0,16 \times 60 + 0,16 \times 60 + 0,16 \times 60 + 0,16 \times 60 = 38,4$$

Следующим шагом расчета является определение средневзвешенного коэффициента использования.

$$K_u = \frac{\sum K_u \cdot P_H}{\sum P_H} = \frac{38,4}{240} = 0,16$$

Эффективное число электроприемников определяется по формуле:

$$n_э = \frac{\sum P_H^2}{\sum n \cdot p_H^2} = \frac{57600}{14400} = 4$$

Полученное значение $n_э$ округляется до ближайшего целого. Следовательно, принимается $n_э = 4$

По средневзвешенному коэффициенту использования и полученному эффективному числу электроприемников, согласно таблице 2 РТМ, определяется коэффициент расчетной нагрузки:

$$K_p = 1,73$$

Определение расчетной активной мощности щита управления №1:

$$P_p = K_p \cdot \sum K_u \cdot P_H = 1,73 \cdot 38,4 = 7.84 \text{ кВт}$$

При $n_э \leq 10$ реактивная мощность щита управления №1 определяется по формуле:

$$Q_p = 1.1 \cdot \sum K_u \cdot P_H \cdot tg\varphi = 1.1 \cdot 38,4 \cdot 1.33 = 56,17 \text{ квар}$$

Полная расчетная мощность будет равна:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{66.4^2 + 56.3^2} = 87.1 \text{ кВА}$$

Рабочий ток определяется по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{нн}}} = \frac{87.1}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 132 \text{ А}$$

Аналогичным образом произведен расчет токов распределительных пунктов №2-12

Полученные значения представлены в таблице 8.

Таблица 6-Расчетные данные РП 1-12

Распределительный Пункт	P_H (кВт)	$K_u \cdot P_H$ (кВт)	$n_{\text{эф}}$	$K_{\text{и}}$	K_p	P_p (кВт)	Q_p (кВАр)	I_p (А)
РП1	240	38,4	4	0,16	1,73	94,8	55,88	167
РП2	240	38,4	4	0,16	1,73	94,8	55,88	167
РП3	40	6,4	10	0,16	1,65	10,5 6	9,35	21,4
РП4	145	23,2	4	0,16	2,47	57,3	33,9	101,3
РП5	116	18,6	5	0,16	2,10	39	27,3	27,3
РП6	77,65	22,14	6	0,3	1,28	28,3	25,1	43,7
РП7	80	12,8	8	0,16	1,78	22,8	18,65	29,3
РП8	74	12,9	2	0,6	1,33	57	42,13	107,8
РП9	200	37,6	8	0,7	1,78	67	46,8	124,3
РП10	96	57,6	8	0,6	1,02	58,7 5	64,2	132,4
РП11	96	57,6	8	0,6	1,02	58,7 5	64,2	132,4
РП12	7,5	3,75	5	0,5	2,84	10,6 5	3,3	16,1

При эксплуатации электросетей длительные перегрузки проводов и кабелей, КЗ вызывают повышение температуры токопроводящих жил больше допустимой.

Это приводит к преждевременному износу их изоляции, следствием чего может быть пожар, взрыв во взрывоопасных помещениях, поражение персонала.

Для предотвращения этого линия ЭСН имеет аппарат защиты, отключающий поврежденный участок.

Аппаратами защиты являются: автоматические выключатели, предохранители с плавкими вставками и тепловые реле, встраиваемые в магнитные пускатели.

Автоматические выключатели являются наиболее совершенными аппаратами защиты, надежными, срабатывающими при перегрузках и КЗ в защищаемой линии.

Чувствительными элементами автоматов являются расцепители: тепловые, электромагнитные и полупроводниковые.

Тепловые расцепители срабатывают при перегрузках, электромагнитные — при КЗ, полупроводниковые — как при перегрузках, так и при КЗ.

Наиболее современные автоматические выключатели серии ВА предназначены для замены устаревших АЗ7, АЕ, АВМ и «Электрон».

Они имеют уменьшенные габариты, совершенные конструктивные узлы и элементы. Работают в сетях постоянного и переменного тока. В таблице А.6 предоставлены данные ВА, так как они наиболее современные и применяются в комплектных распределительных устройствах в виде различных комбинаций. Автоматические выключатели серии ВА

Выключатели серии ВА разработок 51, 52, 53, 55 предназначены для отключений при КЗ и перегрузках в электрических сетях, отключений при недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей.

Выключатели серии ВА разработок 51 и 52 имеют тепловой (ТР) и электромагнитный расцепители, иногда только ЭМР.

В сетях напряжением до 1000В выбору по экономической плотности тока не подлежат питающие и распределительные сети, для которых $T_{нб} < (4000 \div 5000)$ ч. Выбор производится из условия допустимого нагрева проводника ($I_p \leq I_{доп.}$) и условия механической прочности ($F_p \geq F_{доп.}$). Для проводов и кабелей с медными жилами минимальное сечение по механической прочности $F_{доп.} = 1.5 \text{ мм}^2$.

Значения $I_{доп.}$ определены согласно таблице 1.3.4 ПУЭ. Для щитов управления и РП. Для трехфазных электроприемников, согласно с выбранной схемой заземления TN-S выбраны пятижильные кабели.

					ЮУрГУ–13.03.02.2020.089.00.000ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		36

Таблица 7-Выбор распределительных шкафов

№ гр.	Вид распределительного пункта	Количество выключателей		
		однополюсных	трехполюсных	
		ВА51-31 (6,3-100А)	ВА51-31 (6,3-100А)	ВА51-35 (100-250А)
1	ПР-8501-1-153-1	–	–	4
2	ПР-8501-1-153-1	–	–	4
3	ПР-8501-1-029-1	–	10	–
4	ПР-8501-1-017-1	–	4	–
5	ПР-8501-1-018-1	–	6	–
6	ПР-8501-1-029-1	–	10	–
7	ПР-8501-1-023-1	–	8	–
8	ПР-8501-1-154-1	–	2	2
9	ПР-8501-1-038-1	–	8	–
10	ПР-8501-1-023-1	–	8	–
11	ПР-8501-1-023-1	–	8	–
12	ПР-8501-1-023-1		5	

Таблица 8-Структура условного обозначения.

ПР	
ПР8X01-XXXX-X-XX	ПР — пункт (шкаф) распределительный
ПР8X01-XXXX-X-XX	8 — класс низковольтного комплектного устройства — ввода и распределения электроэнергии
ПР8X01-XXXX-X-XX	Группа класса: 5 — распределение электроэнергии с применением автоматических выключателей переменного тока 7 — распределение электроэнергии с применением автоматических выключателей постоянного тока
ПР8X01-XXXX-X-XX	Порядковый номер в серии - 01
ПР8X01-XXXX-X-XX	Исполнение по способу установки: 1 — навесное; 2 — напольное; 3 — утопленное.
ПР8X01-XXXX-X-XX	Номер схемы (см. соответствующую таблицу в номенклатурном каталоге)

ПР8Х01-XXXX- Х-XX	Степень защиты оболочки, ввода и изоляции кабеля: 1— IP21,ввод сверху; 2— IP54,ввод сверху; 3 — IP21, ввод снизу; 4— IP54,ввод снизу.
ПР8Х01-XXXX- Х-XX	Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69

Таблица9-Выбор сечение и марку кабелей для питание распределительных

Распределительный Пункт	Сечение кабеля	Марка кабеля	r_0 мОм /м	x_0 мОм /м	Прокладка кабеля
РП1	5x70	ВВГнг	0,265	0,082	В железобетонном кабельном канале
РП2	5x70	ВВГнг	0,265	0,082	В железобетонном кабельном канале
РП3	5x2,5	ВВГнг	7,4	0,116	В железобетонном кабельном канале
РП4	5x35	ВВГнг	0,53	0,088	В железобетонном кабельном канале
РП5	5x16	ВВГнг	1,16	0,095	В железобетонном кабельном канале
РП6	5x10	ВВГнг	1,84	0,099	В железобетонном кабельном канале
РП7	5x4	ВВГнг	4,63	0,107	В железобетонном кабельном канале
РП8	5x35	ВВГнг	0,53	0,088	В железобетонном кабельном канале
РП9	5x50	ВВГнг	0,37	0,085	В железобетонном кабельном канале
РП10	5x50	ВВГнг	0,37	0,085	В железобетонном кабельном канале
РП11	5x50	ВВГнг	0,37	0,085	В железобетонном кабельном канале
РП12	5x4	ВВГнг	12,3	0,126	В железобетонном кабельном канале

4 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ В ОСНОВНЫХ НОРМАЛЬНЫХ И АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ ВЫБРАННОГО ВАРИАНТА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Электрическая энергия, вырабатываемая источниками питания и предназначенная для работы электроприемников, должна иметь определенные качественные показатели, которые определяют надежность и экономичность их работы. Качественные показатели электроэнергии нормируются государственными стандартами; на эти нормы ориентированы технические условия работы всех электроприемников.

Показателями качества электроэнергии являются [2]:

для однофазных сетей — отклонения и колебания напряжения и частоты; несинусоидальность формы кривой напряжения;

для трехфазных сетей — то же что и в пункте а, а также смещение нейтрали и несимметрия напряжения основной частоты.

Вся сеть от центра питания до электроприемников должна быть проверена на допустимые отклонения напряжения с учетом режима напряжения на шинах центра питания. В том случае, если отклонения напряжения больше соответствующего предела, необходимо предусмотреть в сетях соответствующие технические мероприятия по регулированию напряжения.

Согласно государственным стандартам на зажимах электроприемников электрической энергии допускается отклонения напряжения в течении 95% времени суток в пределах $\pm 5\%$ от номинального и в течение всего времени, включая послеаварийные режимы, они должны находиться в пределах максимально допустимых значений. В послеаварийных режимах допускается дополнительное понижение напряжения на 5%.

На рисунке 2 представлена схема замещения для расчета отклонения и потери напряжения для следующих электроприемников

Потеря напряжения в кабеле определяется по формуле:

$$\Delta U_{\text{лин}} = \frac{P_{\text{р вн}} \times R_{\text{л}} + Q_{\text{р вн}} \times X_{\text{л}}}{U_{\text{ном}}}$$

где, $\Delta U_{\text{лин}}$ – потеря напряжения на линии (В);

$P_{\text{р вн}}$ – расчётная активная мощность на линии (кВт);

$Q_{\text{р вн}}$ – расчётная реактивная мощность на линии (кВАр);

$U_{\text{ном}}$ – напряжение на РУНН (В),

$$\Delta U_{\text{лин}} = \frac{150 \times 3960 + 181,7 \times 220}{10000} = 63,3 \text{ В}$$

Активное и индуктивное сопротивления кабеля рассчитываются по формулам:

					ЮУрГУ–13.03.02.2020.089.00.000ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		39

$$R_{л} = \frac{R_0 \cdot l}{n}$$

$$X_{л} = \frac{X_0 \cdot l}{n}$$

где R_0, X_0 - удельное сопротивление кабеля, Ом/км;

l – длина линии, км;

n – число параллельных линий, ед.

$$R_{л} = r_0 \times l_{л} = 1,98 \times 2000 = 3960 \text{ мОм}$$

$$X_{л} = x_0 \times l_{л} = 0,11 \times 2000 = 220 \text{ мОм}$$

Находим напряжение с учетом потерь на кабельной линии:

$$U_{рувн} = U_{гпп} - \Delta U_1 = 10000 - 63,3 = 9936,7 \text{ (В)}$$

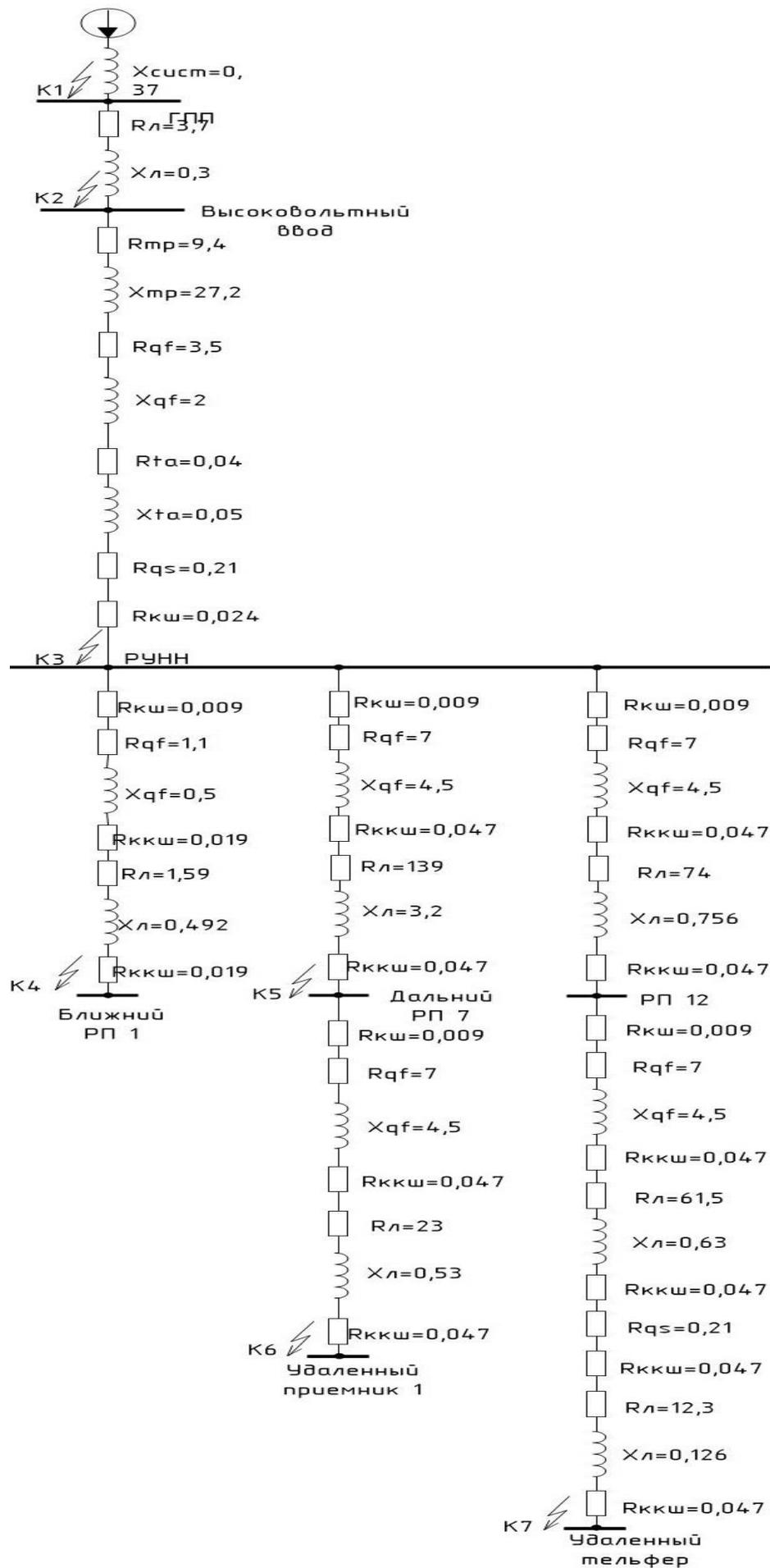
Далее необходимо определить значение напряжения на стороне низшего напряжения трансформатора, приведенное к высшему с учетом потерь на кабельной линии и трансформаторе:

$$U'_{рунн} = U_{рувн} - \Delta U_{тр} = U_{рувн} - \left(\frac{P_p^{нн} \cdot R'_{тр} + Q_p^{нн} \cdot X'_{тр}}{U_n} \right) =$$

$$= 9936,7 - \left(\frac{146 \cdot 9,4 + 163 \cdot 27,2}{10} \right) = 9356,1 \text{ (В)}$$

Необходимо привести значение $U'_{рунн}$ к стороне НН трансформатора:

$$U_{рунн} = \frac{U'_{рунн}}{K_{тр}} = \frac{9356,1}{25} = 374,244 \text{ (В)}$$



Для дальнейшего определения отклонения напряжения на электроприемниках, необходимо определить потери напряжения на линии, соединяющей данный электроприемник с РУ НН.

$$\Delta U_{\text{эл1 рунн-рп}} = \frac{(P_p \cdot r_0 + Q_p \cdot x_0) \times L}{U_H} = \frac{(22,8 \times 4,63 + 18,65 \times 0,107) \times 30}{380} = 8,49 \text{ (В)}$$

$$\Delta U_{\text{эл1 рп-эл}} = \frac{(P_p \cdot r_0 + Q_p \cdot x_0) \times L}{U_H} = \frac{(10 \times 4,63 + 13,3 \times 0,107) \times 5,5}{380} = 0,69 \text{ (В)}$$

$$\Delta U_{\text{эл2 рунн-рп}} = \frac{(P_p \cdot r_0 + Q_p \cdot x_0) \times L}{U_H} = \frac{(94,8 \times 0,265 + 55,88 \times 0,082) \times 6}{380} = 0,46 \text{ (В)}$$

$$\Delta U_{\text{эл2 рп-эл}} = \frac{(P_p \cdot r_0 + Q_p \cdot x_0) \times L}{U_H} = \frac{(60 \times 0,265 + 79,8 \times 0,082) \times 2}{380} = 0,118 \text{ (В)}$$

$$\Delta U_{\text{эл3 рунн-рп}} = \frac{(P_p \cdot r_0 + Q_p \cdot x_0) \times L}{U_H} = \frac{(1,3 \times 12,3 + 0,82 \times 0,126) \times 6}{380} = 0,254 \text{ (В)}$$

$$\Delta U_{\text{эл3 рп-эл}} = \frac{(P_p \cdot r_0 + Q_p \cdot x_0) \times L}{U_H} = \frac{(1,5 \times 12,3 + 2,6 \times 0,126) \times 11}{380} = 0,54 \text{ (В)}$$

Потери напряжения на самом дальнем электроприемнике:

$$U_{\text{эл1}} = U_{\text{рунн}} - \Delta U_{\text{эл1 рунн-рп}} - \Delta U_{\text{эл1 рп-эл}} = 374,244 - 8,49 - 0,69 = 365,064 \text{ (В)}$$

Потери напряжения на самом ближнем электроприемнике:

$$U_{\text{эл2}} = U_{\text{рунн}} - \Delta U_{\text{эл2 рунн-рп}} - \Delta U_{\text{эл2 рп-эл}} = 374,244 - 0,46 - 0,118 = 373,666 \text{ (В)}$$

Потери напряжения на самом дальнем тельфере:

$$U_{\text{эл3}} = U_{\text{рунн}} - \Delta U_{\text{эл3 рунн-рп}} - \Delta U_{\text{эл3 рп-эл}} = 374,244 - 0,118 - 0,54 = 373,586 \text{ (В)}$$

Отклонение напряжения на самом дальнем электроприемнике:

$$\Delta V_{\text{эл1}} = \frac{U_{\text{эл1}} - U_H}{U_H} \cdot 100\% = \frac{365,064 - 380}{380} = -0,039\%$$

Отклонение напряжения на самом ближнем электроприемнике:

$$\Delta V_{\text{эл2}} = \frac{U_{\text{эл2}} - U_H}{U_H} \cdot 100\% = \frac{373,666 - 380}{380} = -0,016\%$$

Отклонение напряжения на самом дальнем тельфере:

$$\Delta V_{\text{эпз}} = \frac{U_{\text{эпз}} - U_{\text{н}}}{U_{\text{н}}} \cdot 100\% = \frac{373,586 - 380}{380} = -0,016\%$$

Допустимые отклонения напряжения от номинального на зажимах силовых электроприемников не должны превышать в нормальном режиме $\pm 5\%$. [9].

Полученные отклонения напряжения входят в допустимый диапазон.

					ЮУрГУ–13.03.02.2020.089.00.000ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		43

5 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Расчёт тока короткого замыкания как во время проектирования систем и элементов электроснабжения, так и при анализе работы существующих систем преследует две цели:

-определение максимально возможных токов короткого замыкания для проверки проводников и аппаратов на термическую и динамическую стойкость во время короткого замыкания, а так же для выбора мер по ограничению токов короткого замыкания или времени их действия;

-определение минимально возможных токов короткого замыкания для проверки чувствительности защиты, правильного выбора системы и параметров срабатывания защиты и определения максимально возможного времени срабатывания защиты.

В первом случае расчётным видом КЗ обычно выбирают трёхфазное короткое замыкание, так как случаи, когда токи двух- или однофазного КЗ больше, чем токи трёхфазного КЗ, относительно редки. Расчётную точку выбирают так, чтобы ток, проходящий через проверяемые аппарат или проводник, оказался максимально возможным (в начале проверяемой линии, непосредственно за проверяемым аппаратом и т.п.). По этой же причине в данном случае рассчитывается металлическое КЗ, то есть без учёта сопротивления дуги в месте КЗ.

Во втором случае расчётным видом КЗ служит дуговое одно- или двухфазное КЗ, происходящее в конце проверяемого участка при таких реально возможных схеме сети и числе источников питания, при которых токи КЗ минимальны [25].

При расчете токов КЗ необходимо учитывать активные и индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи, включая проводники, разъединители, контакты, силовые трансформаторы, трансформаторы тока, токовые катушки автоматических выключателей и т.п.

При расчетах не учитываются:

- токи намагничивания трансформаторов;
- насыщение магнитных систем электрических машин;
- затухание периодической составляющей тока КЗ во времени при питании от энергосистемы в виду большой электрической удалённости точки КЗ от источника питания;
- влияние асинхронных двигателей при расчётах дуговых КЗ;
- влияние асинхронных двигателей, непосредственно примыкающих к месту КЗ, если их суммарный номинальный ток не превышает 1% начального значения периодической составляющей тока КЗ, рассчитанного без учета этих двигателей.

Расчет токов КЗ ведется в именованных единицах, параметры расчетной схемы замещения приведены к напряжению той ступени, где находится точка КЗ, а все сопротивления выражены в миллиомах.

Указанные допущения приводят к незначительному преувеличению токов короткого замыкания (погрешность не превышает 10%, что допустимо).

Чтобы определить расчетный ток КЗ необходимо составить расчетную схему электроснабжения и на ее основе схему замещения.

Расчетная схема представляет собой упрощенную однолинейную схему, на которой указывают все элементы системы электроснабжения, влияющие на ток КЗ. Здесь же указывают точки, в которых необходимо определить ток КЗ. Схема замещения представляет собой электрическую схему, соответствующую расчетной схеме, в которой все магнитные связи заменены электрическими и все элементы системы электроснабжения представлены сопротивлениями.

5.1 Расчет трехфазного короткого замыкания в выбранном варианте схемы

Рассчитаем ток трехфазного короткого замыкания в точке К1 на шинах ГПП. Схема замещения представлена на рисунке 3

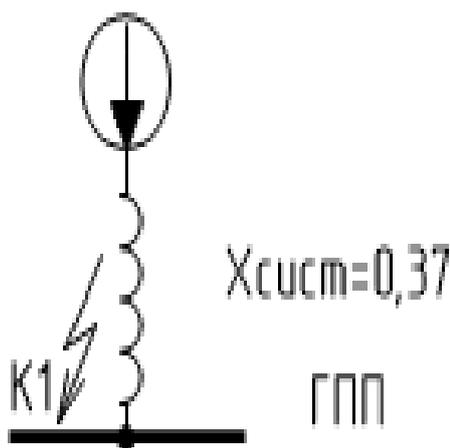


Рисунок 3-Схема замещения для точки К1

$$X_c = \frac{U_6^2}{S_{кз}}$$

где, $X_{сист}$ - суммарное сопротивление системы на ГПП;

U_6 - базовое напряжение на ГПП;

$S_{кз}$ - мощность короткого замыкания на шинах ГПП

Значение периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания рассчитывается по формуле [ГОСТ]:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot X_{сист}}$$

где, $I_k^{(3)}$ - ток трёхфазного короткого замыкания;

U_6 - базовое напряжение на ГПП;

$X_{\text{сист}}$ - суммарное сопротивление системы на ГПП.

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot X_{\text{сист}}} = \frac{10,5}{1,73 \cdot 0,3675} = 16,4 \text{ (кА)}$$

Далее для проверки по электродинамической устойчивости, необходимо определить значение ударного тока.

Ударный ток определяется по выражению:

$$i_{\text{уд}} = I_k^{(3)} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд}}$$

где, $i_{\text{уд}}$ - ударный ток;

$I_k^{(3)}$ - ток трёхфазного короткого замыкания;

$K_{\text{уд}}$ - ударный коэффициент.

$$i_{\text{уд}} = I_{k1}^{(3)} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд}} = 16,4 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,94 = 44,99 \text{ (кА)}$$

Рассчитаем ток двухфазного и трехфазного короткого замыкания в точке К2 на шинах РУВН. Схема замещения представлена в рисунке 45

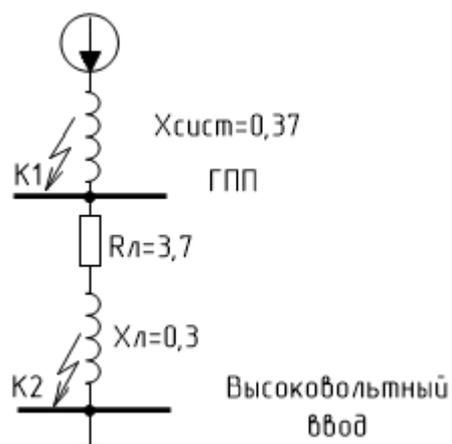


Рисунок 4-Схема замещения для точки К2

$$I_k^{(3)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{\Sigma k}^2 + X_{\Sigma k}^2}}$$

где, $I_k^{(3)}$ - ток трёхфазного короткого замыкания;

U_6 - базовое напряжение на ГПП;

$R_{\Sigma k}$ - сумма активных сопротивлений;

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

$X_{\Sigma K}$ - сумма индуктивных сопротивлений.

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{\Sigma K2}^2 + X_{\Sigma K2}^2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 6,5} = 1,6 \text{ (кА)}$$

Далее для проверки по электродинамической устойчивости, необходимо определить значение ударного тока.

$$i_{уд} = I_{K2}^{(3)} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд} = 1,6 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,94 = 4,4 \text{ (кА)}$$

Находим ток двухфазного короткого замыкания в точке К2 по формуле:

$$I_K^{(2)} = \frac{I_K^{(3)} \cdot \sqrt{3}}{2}$$

где, $I_K^{(2)}$ - ток двухфазного короткого замыкания;

$I_K^{(3)}$ - ток трёхфазного короткого замыкания.

$$I_{K2}^{(2)} = \frac{I_{K2}^{(3)} \cdot \sqrt{3}}{2} = \frac{1,6 \cdot \sqrt{3}}{2} = 1,38 \text{ (кА)}$$

5.2 Расчет токов однофазного замыкания

Рассчитаем ток однофазного КЗ в точке К3. В данном случае сопротивления всех последовательностей до точки К3 известны и расчёт токов КЗ ведётся с составлением схемы для всех последовательностей, а ток однофазного КЗ определяется по формуле:

$$I_{по}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{ср.НН}}{\sqrt{(2 \cdot R_{1E} + R_{0E})^2 + (2 \cdot X_{1E} + X_{0E})^2}}$$

где R_{0E} , X_{0E} - соответственно суммарное активное и суммарное реактивное сопротивления нулевой последовательности расчетной схемы до точки К3, мОм;

R_{1E} , X_{1E} - соответственно суммарное активное и суммарное реактивное сопротивления прямой последовательности расчетной схемы до точки К3, определяются без учёта элементов сети 10 кВ.

Сопротивления прямой и обратной последовательностей для всех элементов расчётной схемы равны, это обусловлено тем, что в схеме отсутствуют вращающиеся механизмы (подпитка от двигателей при расчёте однофазного КЗ не учитывается), поэтому отдельно составлять схему для обратной последовательности не требуется. Создаваемые токами нулевой последовательности первичных и вторичных обмоток намагничивающие силы (ампер-витки) направлены встречно и почти полностью компенсируют друг друга, что обуславливает небольшую величину реактивных сопротивлений трансформатора. При этом сопротивления прямой и нулевой последовательностей

приблизительно равны: $R1 = R0$; $X1 = X0$. Сопротивления нулевой последовательности контактных соединений, катушек и контактов автоматических выключателей, трансформаторов тока и разъединителей принимаются такими же, как и сопротивления этих элементов при прямой последовательности.

Схемы замещения для прямой и нулевой последовательностей представлены на рисунке 5 а, б.

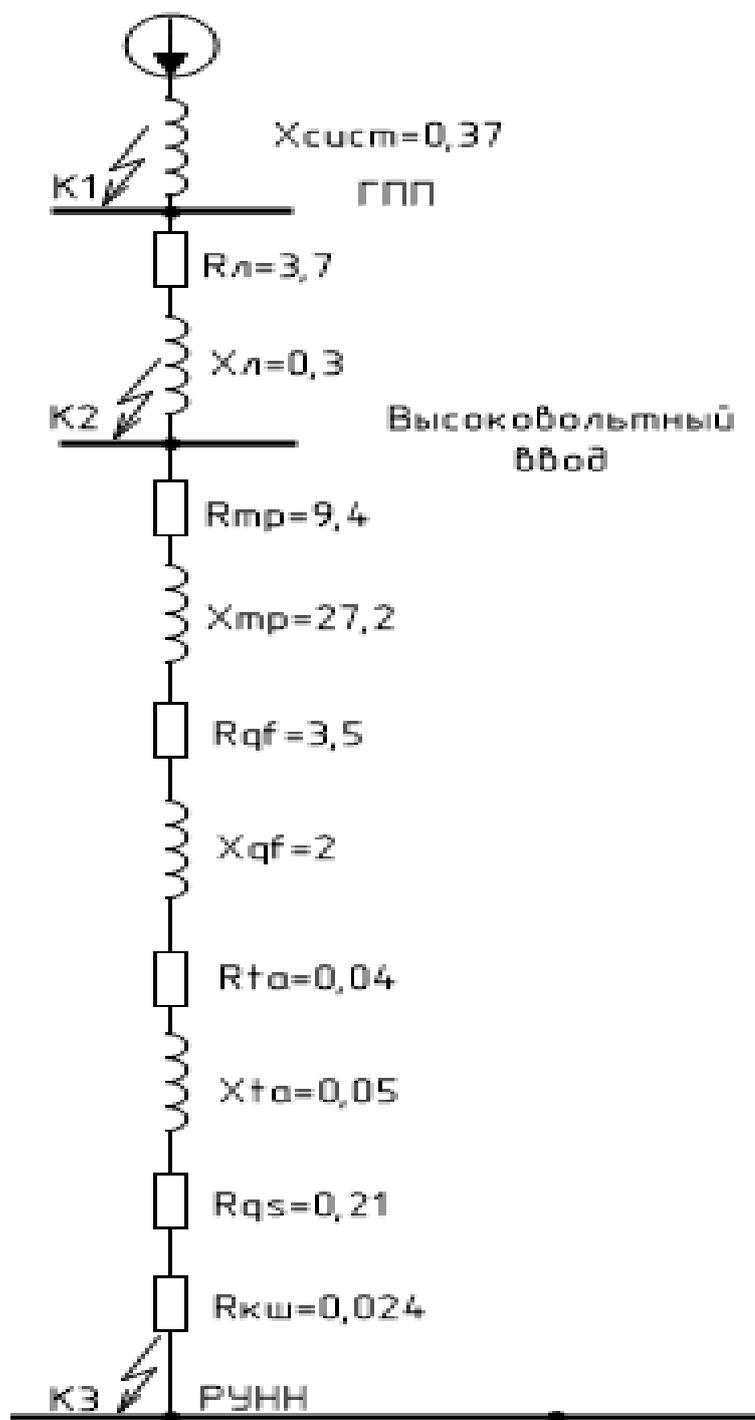


Рисунок 5а-Схема замещения прямой последовательности

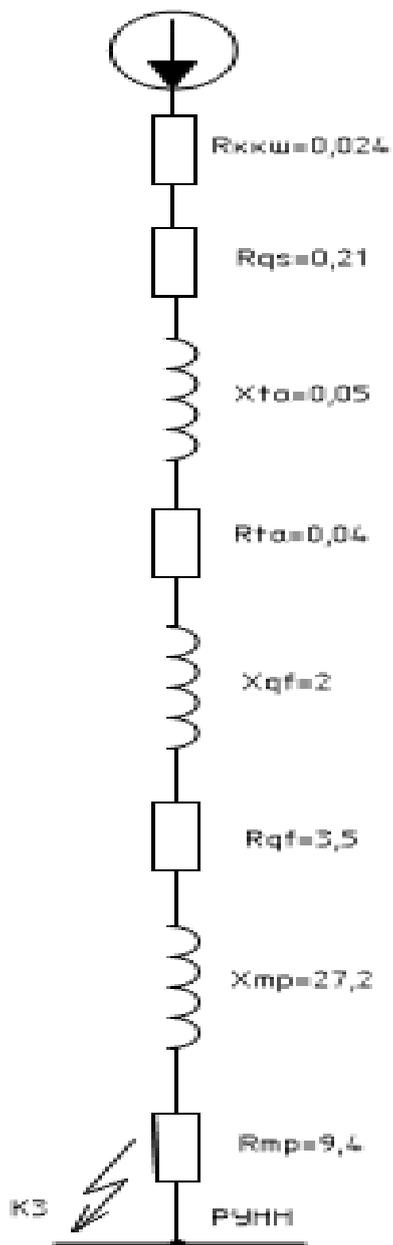


Рисунок 5б-Схема замещения обратной последовательности

Рассчитаем ток однофазного, двухфазного и трехфазного короткого замыкания в точке КЗ на шинах РУНН.

$$I_{кЗ}^{(3)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{\Sigma к2}^2 + X_{\Sigma к2}^2}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 59,4} = 6,7 \text{ (кА)}$$

$$I_{кЗ}^{(2)} = \frac{I_{кЗ}^{(3)} \cdot \sqrt{3}}{2} = \frac{6,7 \cdot \sqrt{3}}{2} = 5,8 \text{ (кА)}$$

Далее для проверки по электродинамической устойчивости, необходимо определить значение ударного тока.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

$$i_{уд} = I_{к3}^{(3)} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд} = 6,7 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,3 = 12,3 \text{ (кА)}$$

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_6}{\sqrt{(2R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}}$$

где, $I_{к3}^{(1)}$ - ток однофазного короткого замыкания;

$U_н$ - номинальное напряжение сети;

r_1 - активное сопротивление прямой последовательности;

r_0 - активное сопротивление нулевой последовательности;

x_1 - индуктивное сопротивление прямой последовательности;

x_0 - индуктивное сопротивление нулевой последовательности.

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_6}{\sqrt{(2R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{\sqrt{(33,7 + 13,1)^2 + (60 + 29)^2}} = 6,88 \text{ (кА)}$$

Аналогично рассчитываются остальные точки короткого замыкания, результаты расчетов сведены в таблицу 10.

Данные сопротивлений для прямой и обратной схем замещения представлены в отдельном файле.

Таблица 10-Токи короткого замыкания в характерных точках.

№	Место короткого замыкания	Ток однофазного КЗ	Ток двухфазного КЗ	Ток трёхфазного КЗ	Ударный ток
К1	На шинах ГПП			16,4 кА	45 кА
К2	РУВН		1,38 кА	1,6 кА	4,4 кА
К3	На шинах РУНН	6,88 кА	5,8 кА	6,7 кА	12,3 кА
К4	Самый близкий РП			6,3 кА	8,9кА
К5	Самый дальний РП	1,4 кА			
К6	Самый дальний приёмник	1,17 кА			
К7	Самый тельфер	1,26 кА		1,25 кА	1,76 кА

6 РАСЧЕТ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ

Молниезащита представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предотвращение попадания прямого удара молнии в объект или на устранение опасных последствий, связанных с прямым ударом; к этому комплексу относятся также средства защиты, предохраняющие объект от вторичных воздействий молний и заноса высокого потенциала.

Прямой удар молнии вызывает электрические воздействия, связанные с поражением людей или животных электрическим током и появлением перенапряжения на пораженных элементах. При отсутствии молниезащиты пути растекания тока молнии неконтролируемы и ее удар может создать опасность поражения током, опасные напряжения шага и прикосновения, перекрытия на другие объекты.

Вторичные проявления молнии связаны с действием на объект электромагнитного поля близких разрядов. Обычно это поле рассматривают в виде двух составляющих: электростатической и электромагнитной индукцией. Электростатическая индукция проявляется в виде перенапряжения, возникающего на металлических конструкциях объекта. При отсутствии надлежащего заземлителя перенапряжение может достигать сотен киловольт и создавать опасность поражения людей и перекрытий между разными частями объекта. Электромагнитная индукция связана с образованием в металлических контурах ЭДС. Протяженные коммуникации в современных производственных зданиях могут образовывать охватывающие большую площадь контуры, в которых возможно наведение ЭДС в несколько десятков киловольт. В местах сближения протяженных металлических конструкций, в разрывах незамкнутых контуров создается опасность перекрытий и искрений с возможным рассеянием энергии около десятых долей джоуля.

Занос высокого потенциала по вводимым в объект коммуникациям представляет собой перенапряжение, возникающее на коммуникации при прямых и близких ударах молнии и распространяющееся в виде набегающей на объект волны. Опасность создается за счет возможных перекрытий с коммуникации на заземленные части объекта. Подземные коммуникации также представляют опасность, так как могут принять на себя часть растекающихся в земле токов молнии и занести их в объект. [28]

Средством защиты от прямых ударов молнии служит молниеотвод – устройство, рассчитанное на непосредственный контакт с каналом молнии и отводящее ее ток от земли. В качестве естественных молниеотводов рекомендуется использовать металлическую кровлю зданий, высотные конструкции. По типу молниеприемника молниеотводы разделяются на стержневые (вертикальные), тросовые (горизонтальные протяженные) и сетки, состоящие из продольных и поперечных горизонтальных электродов, соединенных в местах пересечений. Стержневые и тросовые молниеотводы могут быть как отдельно стоящие, так и установленные на объекте; молниеприемные

					ЮУрГУ–13.03.02.2020.089.00.000ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		52

сетки укладываются на неметаллическую кровлю защищаемых зданий и сооружений. Однако укладка сеток рациональна лишь на зданиях с горизонтальными крышами, где равновероятно поражение молнией любого их участка.

В соответствии с требованиями, Молниезащита осуществляется[28]:

-от прямых ударов молний при помощи двух стержневых молниеприемников, установленных на кровле здания и на вытяжной вентиляционной трубе. Каждый молниеприемник соединен двумя токоотводами с заземлителями;

-от заноса высоких потенциалов по подземным и надземным коммуникациям путем присоединения их на вводе в здание к заземлителю;

-от вторичных проявлений молнии:

а)путем присоединения металлических конструкций и корпусов всего оборудования к заземлителю;

б)устройством перемычек между трубопроводами и другими протяженными металлическими конструкциями;

в)устройством перемычек в соединениях элементов металлических трубопроводов.

В качестве токоотводов следует использовать металлические конструкции зданий и сооружений при условии обеспечения непрерывной электрической связи в соединениях конструкций и арматуры с молниеприемниками и заземлителями, выполняемых, как правило, сваркой.

Принимается решение об установке стержневого молниеотвода на вытяжной вентиляционной трубе типа СМ-1, высотой 10 метров. В качестве молниеотвода применяется сталь круглая сечением 16 мм². Расчет производится согласно следующим формулам:

Высота конуса определяется по формуле:

$$h_0 = 0.92 \cdot h \quad (6.1)$$

где h –высота молниеотвода (от уровня земли), м.

Радиус основания конуса (на уровне земли):

$$r_0 = 1.5 \cdot h \quad (6.2)$$

Также, необходимо проверить принадлежность различных уровней здания зоне защиты стержневого молниеотвода. Радиус конуса защиты на различной высоте определяется по формуле:

$$R_x = 1.5 \cdot \left(h - \frac{h_x}{0.92} \right) \quad (6.3)$$

где h_x -высота, на которой необходимо определить радиус конуса защиты, м.

					ЮУрГУ–13.03.02.2020.089.00.000ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		53

На принадлежность рассматриваются следующие уровни: Вершина вентиляционной трубы ($h_{x1} = 15$ м), высота основания вентиляционной трубы ($h_{x2} = 11$ м), крыша здания ($h_{x3} = 14.6$ м). Также, производится расчет для второго стержневого молниеотвода типа СМ-1 с высотой 10 метров. Место установки второго молниеотвода – уровень, на котором расположено основание вентиляционной трубы. Расчет производится по формулам (6.1) – (6.3) и представлен в таблице 11.

Таблица 11- Расчет зон защиты молниеотводов.

	h, м	h_0 , м	r_0 , м	r_{x1} , м	r_{x2} , м	r_{x3} , м
Молниеотвод №1	75	69	112.5	6.52	45.65	56.07
Молниеотвод №2	51	46.9	76.5	-	9.65	20.08

7 РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ МЕР ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА.

Защитное заземление — это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Цель защитного заземления — снизить до безопасной величины напряжение относительно земли на металлических частях оборудования, которые не находятся под напряжением, но могут оказаться под напряжением вследствие нарушения изоляции электроустановок. В результате замыкания на корпус заземленного оборудования снижается напряжение прикосновения и, как следствие, ток, проходящий через тело человека, при его прикосновении к корпусам.

Применяется также заземление электрооборудования, зданий и сооружений для защиты от действия атмосферного электричества.

Защитное заземление применяется в трехфазных трехпроводных сетях напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью, а в сетях напряжением 1000 В и выше — с любым режимом нейтрали.

Заземляющее устройство

Заземляющее устройство — это совокупность заземлителя и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части электроустановки с заземлителем.

Различают естественные и искусственные заземлители.

Для заземляющих устройств в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители:

- водопроводные трубы, проложенные в земле;
- металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие
- надежное соединение с землей;
- металлические оболочки кабелей (кроме алюминиевых);
- обсадные трубы артезианских скважин.

Запрещается в качестве заземлителей использовать трубопроводы с горючими жидкостями и газами, трубы теплотрасс.

Естественные заземлители должны иметь присоединение к заземляющей сети не менее чем в двух разных местах.

В качестве искусственных заземлителей применяют:

- стальные трубы диаметром 3-5 см, толщиной стенок 3,5 мм,
- длиной 2-3 м;
- полосовую сталь толщиной не менее 4 мм;
- угловую сталь толщиной не менее 4 мм;

- прутковую сталь диаметром не менее 10 мм, длиной до 10 м и более.

Для искусственных заземлителей в агрессивных почвах (щелочных, кислых и др.), где они подвергаются усиленной коррозии, применяют медь, омедненный или оцинкованный металл.

В качестве искусственных заземлителей нельзя применять алюминиевые оболочки кабелей, а также голые алюминиевые проводники, так как в почве они окисляются, а окись алюминия — это изолятор.

Каждый отдельный проводник, находящийся в контакте с землей, называется одиночным заземлителем, или электродом. Если заземлитель состоит из нескольких электродов, соединенных между собой параллельно, он называется групповым заземлителем.

Для погружения в землю вертикальных электродов предварительно роют траншею глубиной 0,7-0,8 м, после чего забивают трубы или уголки с помощью механизмов. Стальные стержни диаметром 10-12 мм заглубляют в землю с помощью специального приспособления, а более длинные — с помощью вибратора. Верхние концы погруженных в землю вертикальных электродов соединяют стальной полосой методом сварки.

устройство защитного заземления может быть осуществлено двумя способами: контурным расположением заземляющих проводников и выносным.

При контурном размещении заземлителей обеспечивается выравнивание потенциалов при однофазном замыкании на землю. Кроме того, благодаря взаимному влиянию заземлителей уменьшается напряжение прикосновения и напряжение шага в защищаемой зоне. Выносные заземления этими свойствами не обладают. Зато при выносном способе размещения есть выбор места для заглубления заземлителей.

В помещениях заземляющие проводники следует располагать таким образом, чтобы они были доступны для осмотра и надежно защищены от механических повреждений. На полу помещений заземляющие проводники укладывают в специальные канавки. В помещениях, где возможно выделение едких паров и газов, а также с повышенной влажностью заземляющие проводники прокладывают вдоль стен на скобах в 10 мм от стены.

Каждый корпус электроустановки должен быть присоединен к заземлителю или к заземляющей магистрали с помощью отдельного ответвления. Последовательное включение нескольких заземляемых корпусов электроустановок в заземляющий проводник запрещается.

Сопротивление заземляющего устройства представляет собой сумму сопротивлений заземлителя относительно земли и заземляющих проводников.

Сопротивление заземлителя относительно земли есть отношение напряжения на заземлителе к току, проходящему через заземлитель в землю.

Величина сопротивления заземлителя зависит от удельного сопротивления грунта, в котором заземлитель находится; типа размеров и расположения элементов, из которых заземлитель выполнен; количества и взаимного расположения электродов.

Величина сопротивления заземлителей может изменяться в несколько раз в зависимости от времени года. Наибольшее сопротивление заземлители имеют зимой при промерзании грунта и в засушливое время.

Наибольшее допустимое значение сопротивления заземления в установках до 1000 В: 10 Ом — при суммарной мощности генераторов и трансформаторов 100 кВА и менее, 4 Ом — во всех остальных случаях.

Указанные нормы обосновываются допустимой величиной напряжения прикосновения, которая в сетях до 1000 В не должна превышать 40 В. В установках свыше 1000 В допускается сопротивление заземления $R_3 \leq 125/I_3$ Ом, но не более 4 Ом или 10 Ом.

В установках свыше 1000 В с большими токами замыкания на землю сопротивление заземляющего устройства не должно быть более 0,5 Ом для обеспечения автоматического отключения участка сети в случае аварии.

Определяется расчётный ток замыкания на землю по формуле:

$$I_3 = \frac{U_{\text{л}} \cdot (35 \cdot I_{\text{к}})}{380}$$

где, I_3 - ток замыкания на землю;

$U_{\text{л}}$ - напряжение сети;

$I_{\text{к}}$ - общая длина подключенных к сети кабельных линий.

$$I_3 = \frac{U_{\text{л}}(35 \cdot I_{\text{к}})}{380} = \frac{10 \cdot (35 \cdot 4)}{380} = 4 \text{ А}$$

Определяется расчётное удельное сопротивление грунта с учётом климатического коэффициента:

$$\rho_{\text{расч}} = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi$$

где, $\rho_{\text{расч}}$ - расчётное удельное сопротивление грунта;

$\rho_{\text{изм}}$ - удельное сопротивление грунта, полученное путём измерения или справочной литературы;

ψ - климатический коэффициент.

$$\rho_{\text{расч}} = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi = 70 \cdot 1,36 = 95,2 \text{ (Ом} \cdot \text{м)}$$

$$R_{3 \max} = \frac{U_{\text{пр}}}{I_3} = \frac{125}{4} = 31,2 \text{ (Ом)} \Rightarrow 4 \text{ (Ом)}$$

По ПУЭ сопротивление заземлителей должно быть не более 4 Ом для сети до 1 кВ.

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot H + l}{5 \cdot H - l} \right)$$

где, ρ - удельное сопротивление грунта;

l - длина стержня;

d - диаметр стержня;

H - высота от поверхности грунта до центра стержня;

R - сопротивление одиночного вертикального заземлителя.

$$R'_B = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4H + l}{5H - l} \right) = \frac{95,2}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,024} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 3,5 + 5}{5 \cdot 3,5 - 5} \right) = 23,6 \text{ (Ом)}$$

$$n = \frac{R_1}{R_3 \cdot \eta_B} = \frac{23,6}{4 \cdot 0,5} = 11,8$$

Следовательно берем 20 заземлителей.

$$\Pi = 43 \cdot 2 + 25 \cdot 2 = 136 \text{ (м)}$$

$$\eta_B = 0,5; n = 20; a = 1$$

$$x = \frac{\Pi}{n} = \frac{136}{20} = 6,8 \text{ (м)} - \text{расстояние между заземлителями}$$

$$R_B = \frac{R'_B}{n \cdot \eta_B} = \frac{23,6}{20 \cdot 0,5} = 2,36 \text{ (Ом)}$$

Определяем сопротивление соединительных полос.

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{dH}$$

где, R - сопротивление полос;

ρ - удельное сопротивление грунта;

l - длина полос;

d - диаметр полосы;

H - высота заглубления полосы.

$$R'_r = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{dH} = \frac{95,2}{2 \cdot 3,14 \cdot 136} \ln \frac{136^2}{0,024 \cdot 3,5} = 22,2 \text{ (Ом)}$$

$$\eta_r = 0,42; n = 20; a = 1$$

$$R_r = \frac{R'_r}{\eta_r} = \frac{22,2}{0,42} = 52,8 \text{ (Ом)}$$

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B + R_r} = \frac{2,36 \cdot 52,8}{2,36 + 52,8} = 2,25 \text{ (Ом)}$$

$$2,25 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$$

8 ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ:

Оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

Ответственными за безопасное ведение работ являются:

Выдающий наряд, отдающий распоряжение, утверждающий перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

- ответственный руководитель работ;
- допускающий;
- производитель работ;
- наблюдающий;
- члены бригады.

Выдающий наряд, отдающий распоряжение определяет необходимость и возможность безопасного выполнения работы. Он отвечает за достаточность и правильность указанных в наряде (распоряжении) мер безопасности, за качественный и количественный состав бригады и назначение ответственных за безопасность, а также за соответствие выполняемой работе групп перечисленных в наряде работников, проведение целевого инструктажа ответственного руководителя работ (производителя работ, наблюдающего).

Право выдачи нарядов и распоряжений предоставляется работникам из числа административно-технического персонала организации, имеющим группу V — в электроустановках напряжением выше 1000 В и группу IV — в электроустановках напряжением до 1000 В.

В случае отсутствия работников, имеющих право выдачи нарядов и распоряжений, при работах по предотвращению аварий или ликвидации их последствий допускается выдача нарядов и распоряжений работниками из числа оперативного персонала, имеющими группу IV. Предоставление оперативному персоналу права выдачи нарядов должно быть оформлено письменным указанием руководителя организации

Ответственный руководитель работ назначается, как правило, при работах в электроустановках напряжением выше 1000 В. В электроустановках напряжением до 1000 В ответственный руководитель, как правило, не назначается.

Ответственный руководитель работ отвечает за выполнение всех указанных в наряде мер безопасности и их достаточность, за принимаемые им дополнительные меры безопасности, необходимые по условиям выполнения работ, за полноту и качество целевого инструктажа бригады, в том числе проводимого допускающим и производителем работ, а также за организацию безопасного ведения работ.

Ответственными руководителями работ назначаются работники из числа административно-технического персонала, имеющие группу V в электроустановках напряжением выше 1000 В и группу IV в электроустановках напряжением до 1000 В. В тех случаях, когда отдельные работы (этапы работы) необходимо выполнять под надзором и управлением ответственного руководителя работ, выдающий наряд должен сделать запись об этом в строке «Отдельные указания» наряда.

Порядок организации работ по наряду. Наряд выписывается в двух, а при передаче его по телефону, радио—в трех экземплярах. В последнем случае выдающий наряд выписывает один экземпляр, а работник, принимающий текст в виде телефоно- или радиограммы, факса или электронного письма, заполняет два экземпляра наряда и после обратной проверки указывает на месте подписи выдающего наряд его фамилию и инициалы, подтверждая правильность записи своей подписью.

В зависимости от местных условий (расположения диспетчерского пункта) один экземпляр наряда может оставаться у работника, разрешающего подготовку рабочего места (диспетчера).

Выдавать наряд разрешается на срок не более 15 календарных дней со дня начала работы. Наряд может быть продлен 1 раз на срок не более 15 календарных дней со дня продления. При перерывах в работе наряд остается действительным.

Наряды, работы по которым полностью закончены, должны храниться в течение 30 суток, после чего они могут быть уничтожены. Если при выполнении работ по нарядам имели место аварии, инциденты или несчастные случаи, то эти наряды следует хранить в архиве организации вместе с материалами расследования.

Учет работ по нарядам ведется в Журнале учета работ по нарядам и распоряжениям.

Организация работ по распоряжению. Распоряжение имеет разовый характер, срок его действия определяется продолжительностью рабочего дня исполнителей. При необходимости продолжения работы, при изменении условий работы или состава бригады распоряжение должно отдаваться заново.

При перерывах в работе в течение дня повторный допуск осуществляется производителем работ.

Распоряжение на работу отдается производителю работ и допускающему. В электроустановках, не имеющих местного оперативного персонала, в тех случаях, когда допуск на рабочем месте не требуется, распоряжение может быть отдано непосредственно работнику, выполняющему работу.

Допуск к работам по распоряжению должен быть оформлен в Журнале учета работ по нарядам и распоряжениям.

По распоряжению оперативным и оперативно-ремонтным персоналом или под его наблюдением ремонтным персоналом в электроустановках напряжением выше 1000 В могут проводиться неотложные работы продолжительностью не более 1 часа без учета времени на подготовку рабочего места.

Члены бригады, работающие в электроустановках напряжением до и выше 1000 В, должны Иметь группу III.

Отключения.

При подготовке рабочего места должны быть отключены:

- токоведущие части, на которых будут производиться работы;
- неогражденные токоведущие части, к которым возможно случайное приближение людей, механизмов и грузоподъемных машин на не допустимые расстояния;
- цепи управления и питания приводов, закрыт воздух в системах управления коммутационными аппаратами, снят завод с пружин и грузов у приводов выключателей и разъединителей.

Силовые трансформаторы и трансформаторы напряжения, связанные с выделенным для работ участком электроустановки, должны быть отключены и схемы их разобраны также со стороны других своих обмоток для исключения возможности обратной трансформации.

После отключения выключателей, разъединителей (отделителей) и выключателей нагрузки с ручным управлением необходимо визуально убедиться в их отключении и отсутствии шунтирующих перемычек.

В электроустановках напряжением выше 1000 В для предотвращения ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов, которыми может быть подано напряжение к месту работы, должны быть приняты следующие меры:

- у разъединителей, отделителей, выключателей нагрузки ручные приводы в отключенном положении должны быть заперты на механический замок (в электроустановках напряжением 6-10 кВ с однополюсными разъединителями вместо механического замка допускается надевать на ножи диэлектрические колпаки);
- у разъединителей, управляемых оперативной штангой, стационарные ограждения должны быть заперты на механический замок;

					ЮУрГУ–13.03.02.2020.089.00.000ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		62

- у приводов коммутационных аппаратов, имеющих дистанционное управление, должны быть отключены силовые цепи и цепи управления, а у пневматических приводов, кроме того, на подводящем трубопроводе сжатого воздуха должна быть закрыта и заперта на механический замок задвижка и выпущен сжатый воздух, при этом спускные клапаны должны быть оставлены в открытом положении;
- у грузовых и пружинных приводов включающий груз или включающие пружины должны быть приведены в нерабочее положение;
- должны быть вывешены запрещающие плакаты.

В электроустановках напряжением до 1000 В со всех токоведущих частей, на которых будет проводиться работа, напряжение должно быть снято отключением коммутационных аппаратов с ручным приводом, а при наличии в схеме предохранителей — снятием последних. При отсутствии в схеме предохранителей предотвращение ошибочного включения коммутационных аппаратов должно быть обеспечено такими мерами, как запирающие рукоятки или дверцы шкафа, закрытие кнопок, установка между контактами коммутационного аппарата изолирующих накладок и др. При снятии напряжения коммутационным аппаратом с дистанционным управлением необходимо разомкнуть вторичную цепь включающей катушки.

Отключенное положение коммутационных аппаратов напряжением до 1000 В с недоступными для осмотра контактами определяется проверкой отсутствия напряжения на их зажимах либо на отходящих шинах, проводах или зажимах оборудования, включаемого этими коммутационными аппаратами. Проверку отсутствия напряжения в комплектных распределительных устройствах заводского изготовления допускается производить с использованием встроенных стационарных указателей напряжения.

Вывешивание запрещающих плакатов.

На приводах (рукоятках приводов) коммутационных аппаратов с ручным управлением (выключателей, отделителей, разъединителей, рубильников, автоматов) во избежание подачи напряжения на рабочее место должны быть вывешены плакаты «Не включать! Работают люди».

У однополюсных разъединителей плакаты вывешиваются на приводе каждого полюса, у разъединителей, управляемых оперативной штангой, — на ограждениях. На задвижках, закрывающих доступ воздуха в пневматические приводы разъединителей, вывешивается плакат «Не открывать! Работают люди».

На присоединениях напряжением до 1000 В, не имеющих коммутационных аппаратов, плакат «Не включать! Работают люди» должен быть вывешен у снятых предохранителей, в КРУ — в соответствии с п. 4.6.2 настоящих Правил.

Плакаты должны быть вывешены на ключах и кнопках дистанционного и местного управления, а также на автоматах или у места снятых предохранителей

цепей управления и силовых цепей питания приводов коммутационных аппаратов.

На приводах разъединителей, которыми отключена для работ ВЛ или КЛ, независимо от числа работающих бригад, вывешивается один плакат «Не включать! Работа на линии». Этот плакат вывешивается и снимается по указанию оперативного персонала, ведущего учет числа работающих на линии бригад.

Проверка отсутствия напряжения. Проверять отсутствие напряжения необходимо указателем напряжения, исправность которого перед применением должна быть установлена с помощью предназначенных для этой цели специальных приборов или приближением к токоведущим частям, заведомо находящимся под напряжением.

В комплектных распределительных устройствах заводского изготовления (в том числе с заполнением элегазом) проверку отсутствия напряжения допускается производить с использованием встроенных стационарных указателей напряжения.

В электроустановках напряжением 35 кВ и выше для проверки отсутствия напряжения можно пользоваться изолирующей штангой, прикасаясь ею несколько раз к токоведущим частям. Признаком отсутствия напряжения является отсутствие искрения и потрескивания. На одноцепных ВЛ напряжением 330 кВ и выше достаточным признаком отсутствия напряжения является отсутствие коронирования.

В РУ проверять отсутствие напряжения разрешается одному работнику из числа оперативного персонала, имеющему группу IV, — в электроустановках напряжением выше 1000 В и имеющему группу III, — в электроустановках напряжением до 1000 В.

На ВЛ проверку отсутствия напряжения должен выполнять на ВЛ напряжением до 1000 В — работник, имеющий группу III.

Установка заземления.

Устанавливать заземления на токоведущие части необходимо непосредственно после проверки отсутствия напряжения.

Переносное заземление сначала нужно присоединить к заземляющему устройству, а затем, после проверки отсутствия напряжения, установить на токоведущие части.

Снимать переносное заземление необходимо в обратной последовательности: сначала снять его с токоведущих частей, а затем отсоединить от заземляющего устройства.

Установка и снятие переносных заземлений должны выполняться в диэлектрических перчатках с применением в электроустановках напряжением выше 1000 В изолирующей штанги. Закреплять зажимы переносных заземлений

					ЮУрГУ–13.03.02.2020.089.00.000ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		64

следует этой же штангой или непосредственно руками в диэлектрических перчатках. Не допускается пользоваться для заземления проводниками, не предназначенными для этой цели.

Установка заземлений в распределительных устройствах. При работах на отключенном линейном разъединителе на провода спусков со стороны ВЛ независимо от наличия заземляющих ножей на разъединителе должно быть установлено дополнительное заземление, не нарушаемое при манипуляциях с разъединителем.

Заземленные токоведущие части должны быть отделены от токоведущих частей, находящихся под напряжением, видимым разрывом.

Установленные заземления могут быть отделены от токоведущих частей, на которых непосредственно ведется работа, отключенными выключателями, разъединителями, отделителями или выключателями нагрузки, снятыми предохранителями, демонтированными шинами или проводами, выкатными элементами комплектных устройств.

Непосредственно на рабочем месте заземление на токоведущие части дополнительно должно быть установлено в тех случаях, когда эти части могут оказаться под наведенным напряжением (потенциалом).

Переносные заземления следует присоединять к токоведущим частям в местах, очищенных от краски.

В электроустановках напряжением до 1000 В при работах на сборных шинах РУ, щитов, сборок напряжение с шин должно быть снято и шины (за исключением шин, выполненных изолированным проводом) должны быть заземлены. Необходимость и возможность заземления присоединений этих РУ, щитов, сборок и подключенного к ним оборудования определяет выдающий наряд, распоряжение.

Допускается временное снятие заземлений, установленных при подготовке рабочего места, если это требуется по характеру выполняемых работ (измерение сопротивления изоляции и т. п.).

Временное снятие и повторную установку заземлений выполняют оперативный персонал либо по указанию выдающего наряд производитель работ.

Разрешение на временное снятие заземлений, а также на выполнение этих операций производителем работ должно быть внесено в строку наряда «Отдельные указания» с записью о том, где и для какой цели должны быть сняты заземления.

В электроустановках, конструкция которых такова, что установка заземления опасна или невозможна (например, в некоторых распределительных ящиках, КРУ отдельных типов, сборках с вертикальным расположением фаз), должны быть разработаны дополнительные мероприятия по обеспечению безопасности работ,

					ЮУрГУ–13.03.02.2020.089.00.000ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		65

включающие установку диэлектрических колпаков на ножи разъединителей, диэлектрических накладок или отсоединение проводов, кабелей и шин. Перечень таких электроустановок утверждается работодателем и доводится до сведения персонала.

В электроустановках напряжением до 1000 В операции по установке и снятию заземлений разрешается выполнять одному работнику, имеющему группу III, из числа оперативного персонала.

Отключать заземляющие ножи и снимать переносные заземления единолично может работник из числа оперативного персонала, имеющий группу III.

					ЮУрГУ–13.03.02.2020.089.00.000ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		66

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной выпускной квалификационной работы было электроснабжение механического цеха.

Был произведён расчет электрических нагрузок, который произведён с целью выявления полной максимальной мощности цеха необходимой для последующего выбора трансформаторов. Выбрано компенсирующее устройство, необходимое для снижения реактивной мощности и повышения коэффициента мощности. Был произведен расчет электрического освещения, он произведен с целью выявления необходимой мощности на освещение цеха. Так как механический цех относится к потребителю второй категории по надежности, то на подстанции есть возможность установки одного трансформатора. Были выбраны питающие и распределительные сети напряжением до 1000 В. Были выбраны распределительные пункты, щиты освещения. Также к ним была выбрана защита от токов короткого замыкания и перегрузок. Для выполнения защитных функций были выбраны автоматические выключатели с электромагнитными расцепителями. Для защиты рабочего персонала был произведен расчет заземляющих устройств. В качестве проводникового материала необходимого для подключения электрооборудования, был произведён выбор проводов и кабелей. В механическом цехе электроснабжение выполнено по радиальной схеме. К достоинствам этой схемы можно отнести надёжность.

В ходе выпускной квалификационной работы была спроектирована однолинейная схема механического цеха, план подключения оборудования механического цеха с распределительными сетями. К этой схеме был указан перечень оборудования, находящегося механическом цехе. Электроснабжение механического цеха инструментального завода было спроектировано с учетом всех условий, необходимых для надежной и безопасной работы

					ЮУрГУ–13.03.02.2020.089.00.000ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		67

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Федоров А.А. Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электрическому снабжению промышленных предприятий: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
- 2 ГОСТ 32144 -2013 «Качество электроэнергии»
- 3 Правила устройств электроустановок. – 7-е изд. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2003.
- 4 Федоров, Каменев. Основы энергоснабжения промышленных предприятий
- 5 Мукосеев Ю.Л. Энергоснабжение промышленных предприятий. Учебник для вузов. М., «Энергия», 2015г. 584с. с ил.
- 6 РТМ 36.18.32.4-92 Указания по расчету электрических нагрузок / Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. ВНИПИ Тяжпромэлектропроект - Москва, 1992г
- 7 Попов В.Н., Фролова Н.С. Электрические нагрузки промышленных предприятий
- 8 Чиндяскин В.И.; А.Ф. Абдюкаева. Методические указания к выпускной квалификационной работе, 2016
- 9 Федоров А.А. Рихстейн Э.М. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Энергия, 2016
- 10 Пособие по дипломному и курсовому проектированию под редакцией В.М. Блока, - М. Высш. Школа. 2016г.
- 11 Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. Пособие для вузов. – 4-е изд, перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.: ил.
- 12 Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения, Москва, 2009.