Содержание

Введение 3

1. Краткое описание завода по изготовлению компонентов для сельскохозяйственной техники4

2. Электроснабжение цеха механической обработки деталей 6

2.1 Выбор напряжения распределительной сети6

2.2 Выбор и обоснование схемы распределительной сети 6

2.3 Расчет нагрузок цеха механической обработки деталей 8

2.4 Выбор числа, мощности и места расположения трансформаторных подстанций 10

2.5 Светотехнический расчет 12

2.6 Выбор элементов распределительной сети 18

2.7 Расчет токов КЗ. Проверка элементов сети на действие токов КЗ 22

3. Расчет распределительной сети завода по изготовлению компонентов для сельскохозяйственной техники 28

3.1 Выбор напряжения распределительной сети по изготовлению компонентов для сельскохозяйственной техники 28

3.2 Расчет нагрузок завода по изготовлению компонентов для сельскохозяйственной техники 29

3.3 Определение числа, мощности цеховых ТП .30

3.4 Выбор и обоснование схемы распределительной сети 36

3.5 Выбор марки и сечения проводников ЛЭП распределительной сети 38

4. Расчет главной понизительной подстанции 42

4.1 Выбор схем РУ и трансформаторов ГПП 42

4.2 Расчет токов короткого замыкания 45

4.3 Выбор оборудования РУ ГПП 47

4.4 Проверка проводников на устойчивость к токам КЗ 62

5. Расчет релейная защиты 64

5.1 Выбор ПТН блоков БМРЗ 64

5.2 Выбор уставки для срабатывания дифференциальной токовой отсечки 66

5.3 Выбор уставки срабатывания ДТО 68

5.4 Выбор уставки начального тока срабатывания ДЗТ 69

5.5 Проверка чувствительности ДЗТ 69

5.6 Максимальная токовая защита в терминалах БМРЗ70

5.7 Защита от перегрузки72

5.8 Газовая защита трансформаторов ГПП 73

6. Мероприятия по энергосбережению 74

7. Электробезопасность и экология76

7.1 Расчет искусственного заземления цеха 78

7.2 Расчет заземляющего устройств ГПП 80

7.3 Расчет молниезащиты подстанции 84

Заключение 86

Список использованных источников 87

ПРИЛОЖЕНИЕ А 89

ПРИЛОЖЕНИЕ Б 90

ПРИЛОЖЕНИЕ В95

ПРИЛОЖЕНИЕ Г 96

**Введение**

Промышленные предприятия являются основными потребителями электроэнергии. По мере развития электропотребления усложняются и системы электроснабжения промышленных предприятий.

Системой электроснабжения (СЭС) называют совокупность устройств, предназначенных для производства, передачи и распределения электроэнергии. СЭС промышленных предприятий обеспечивают питание электроэнергией таких промышленных электроприемников (ЭП) как электродвигатели, различные машины и механизмы, электропечи, электролизные установки, аппараты электрической сварки, осветительные установки и др.

Современные предприятия, в частности машиностроительные, характеризуются динамичностью технологического процесса, которая связанна с непрерывным введением усовершенствованных методов обработки, нового оборудования, а также непрерывного изменения самой модели продукции. Учитывая дальнейшие возможности развития производства, необходимо стремиться к созданию предприятия, обладающего удовлетворительной гибкостью, которая позволяет с минимальными затратами осуществить перестройку производства при модернизации выпускаемых изделий, введения новых технологических процессов и современного оборудования, а также при автоматизации производства.

Целью данного дипломного проекта является проектирование системы электроснабжения завода по ремонту и производству сельскохозяйственного оборудования, выбор электрооборудования, выбор главной понизительной подстанции (ГПП), расчет релейной защиты и автоматики (РЗА).

**1.** **Краткое описание предприятия по изготовлению компонентов для сельскохозяйственной техники**

Современное сельское хозяйство невозможно представить без комбайнов, сеялок, тракторов, косилок и прочей техники. Производством и обслуживанием техники, предназначенной для работы в данной отрасли, занимается область сельскохозяйственного машиностроения. Основными задачами предприятий являются не только выпуск продукции, но и дальнейшего технического ремонта или усовершенствования сельскохозяйственной техники, связанного с внедрением новейших технологий машиностроения.

Для формирования технологического процесса в составе проектируемого завода имеются различные цеха, которые взаимодействуют между собой.

В таблице 1.1 представлены необходимые цеха, характеристики производственных помещений по особенностям производственной среды и надежности потребителей.

Цеха, входящие в состав проектируемого предприятия, подразделяются на основные, обслуживающие, вспомогательные.

Литейный цех является заготовительной базой предприятия, здесь протекает ряд следующих процессов: изготовление форм из жаропрочных материалов, плавка металла, заливка форм, очистка литья и т.п.

Процессы, связанные с обработкой металла непосредственно с помощью давления, протекают в кузнечном цехе, причем металл обрабатывается давлением, свободной ковкой или штамповкой.

Для осуществления механической обработки в состав предприятия входит механический и ремонтно-механический цех.

В термических цехах машиностроительной промышленности происходят сложные процессы термической и химико-термической обработки: цементация, цианирование, закалка металла и его отпуск. В таких цехах применено следующее оборудование: нагревательные печи, механизированные агрегаты, установки для индукционного нагрева и охлаждающие устройства.

Каждый цех имеет вспомогательные отделения и складские помещения.

Также на территории завода размещены склады для удобного осуществления технологического процесса.

**2. Электроснабжение цеха механической обработки деталей**

**2.1 Выбор напряжения распределительной сети**

Суммарная нагрузка объектов составляется группами таких электроприемников (ЭП) как: электродвигатели, светильники, с помощью которых создается искусственное освещение, производственные механизмы, сварочные установки, выпрямительные устройства и др.

По напряжению ЭП классифицируют на две группы:

– ЭП, получающие питание от сети 6 и 10 кВ. К таким относят крупные электродвигатели, мощные печи сопротивления, дуговые печи и др.;

– ЭП, питающиеся от сети 380 и 660 В.

В рассматриваемом цехе механической обработки деталей отсутствуют мощные электродвигатели и электроустановки, поэтому в качестве основного напряжения для питания электрооборудования принимаем напряжение 380/220 В.

Сеть выполнена четырехпроводной с глухозаземленнойнейтралью, что позволяет питать от одной сети как однофазные, так и трехфазные электроприемники.

**2.2 Выбор и обоснование схемы распределительной сети**

Для передачи и распределения электрической энергии к цеховым электроприемникам предприятия служат внутренние (цеховые) электрические сети. Цеховые потребители электроэнергии получают питание через внутрицеховые трансформаторные подстанции и распределительные устройства при помощи защитной аппаратуры.

Электрооборудование по площади цеха распределено равномерно, а нагрузка имеет однородный характер. Исходя из этого, принимается магистральная схема электроснабжения цеха.

Магистральные СЭС характеризуются:

– лучшей загрузкой линии, так как запитывают группу ЭП;

– меньшим расходом проводникового материала;

– упрощением схем релейной защиты, так как уменьшается количество выключателей.

В электрических сетях промышленных объектов широко применяются шинопроводы. Магистральная схема электроснабжения цеха механической обработки деталей представлена следующим образом: к магистральному шинопроводу ШМА1 подключены распределительные шинопроводы ШРА1, ШРА2, ШРА3, к ШМА2 соответственно ШРА4 и ШРА5. Схема силовой сети представлена на рисунке 2.1.

Питание осветительных и силовых нагрузок разделено питающими линиями на силовые и осветительные магистрали, присоединенные к трансформаторной подстанции.

В зависимости от окружающей среды в цехе определяются тип проводки и способ её прокладки. Для обеспечения надежности электроснабжения приемников принят провод АПВ, так как среда в цехе не относится к пожароопасным. Прокладка осуществляется в трубах, что обеспечивает механическую защиту изоляции проводов.

**2.3 Расчет нагрузок цеха механической обработки деталей**

На этапах проектирования важное значение имеет правильное определение электрической нагрузки во всех элементах силовой сети. Завышение нагрузки приводит к перерасходу проводникового материала, занижение нагрузки – к уменьшению пропускной способности сети, что, в свою очередь, приведет к невозможности обеспечения нормальной работы электрооборудования.

В первую очередь по паспортным данным, представленным в Приложении А, определяется номинальная мощность каждого электроприемника.

Далее определяем суммарную номинальную мощность по выражению:

где – суммарная номинальная мощность электроприемников, кВт;

– номинальная мощность рабочих механизмов, кВт.

Затем, используя коэффициент использования ,, вычисляют средние нагрузки j–той подгруппы за максимально загруженную смену по выражениям:

Далее средние нагрузки складывают и по полученным значениям ΣPcp.макс и ΣQcp.макс находят средневзвешенные значения по выражениям:

Величину отношения силовой сборки определяют по выражению:

где – максимальная мощность из номинальных мощностей электроприемников группы, кВт; – минимальная мощность из номинальных мощностей электроприемников группы, кВт.

Произведенные выше расчеты дают возможность определить эффективное число электроприемников nэ по выражению:

В зависимости от средневзвешенного Ки и nэ по таблице 1.5.3 [1] находят значения коэффициента максимума Кmax.

Затем определяют расчетные максимумы нагрузок (мощностей): активной мощности, реактивной мощности, полной мощности:

Максимальный ток определяют по выражению:

Расчет нагрузок цеха сводится в таблицу Б1 Приложения Б.

Правильность расчета производим с помощью программы ElectricJob, результаты представлены в Приложении В.

**2.4 Выбор числа, мощности и места расположения трансформаторных подстанций**

В большинстве случаев, цеховые подстанции выполняются комплектными. Основным элементом подстанции является силовой трансформатор.

Номинальная мощность трансформаторов Рном.т определяется по средней нагрузке Рсрм за максимально загруженную смену по выражению:

где N – число трансформаторов;

Кз – коэффициент загрузки трансформатора;

*РСР*.*М*- средняя активная мощность нагрузки за наиболее загруженную смену.

В качестве цеховой трансформаторной подстанции принимаем комплектную двухтрансформаторную подстанцию 2КТП–СЭЩ–П–250/10/0,4–У3 производства «Электрощит» г.Самара.

Тип встраиваемого силового трансформатора ТМГ–250/10/0,4.

Мощность компенсирующих устройств в сетях до 1000 В определяют по условию баланса реактивной мощности на шинах низкого напряжения ЦТП.

Наибольшую реактивную мощность, которую целесообразно передать через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ определим по выражению:

Суммарную мощность конденсаторных батарей определяют по выражению:

где Qср.м.– суммарная средняя реактивная мощность за наиболее загруженную смену.

Дополнительная мощность QНК2 НБК для данной группы трансформаторов определяется по выражению:

Где γ–расчетныйкоэффициент,зависящий от расчетных параметров КР1 и КР2.

Суммарная расчетная мощность Qнк НБК определяется по выражению:

К установке примем кВар производства «Энергозапад».

Проверка по коэффициенту загрузки трансформатора производится по выражению:

Методом построения равнодействующей нагрузки можно найти центр электрических нагрузок. Координаты центра электрических нагрузок можно определить по формулам:

Расположить трансформаторную подстанцию в расчетном центре электрических нагрузок представляется возможным.

**2.5 Светотехнический расчет**

Питание осветительных установок производится от общих для силовых и осветительных нагрузок трансформаторов напряжением 380/220 В. Исходные данные для светотехнического расчета представлены в таблице 2.1.

Необходимую освещенность производственного цеха определяем по [1,табл.1]:

Принимаем для общего искусственного освещения:

К установке примем светильник ГСП17 (АСТЗ) с металлогалогенными лампами.

Согласно исходным данным содержание пыли в помещении составляет >10,стемн., следовательно, коэффициент запаса принимаем равным 1,8. Так как высота цеха более 6 м, то необходимо выбирать светильники класса Н с КСС – Г.

Монтаж светильников осуществляют с помощью подвески на крюк к перекрытиям.

В соответствии с методикой, представленной в [3], светильники будут располагаться на высоте 7,1 м, расстояние между светильниками составит 7 м, расстояние от крайних светильников и рядов светильников равно 3,5 м.

Под коэффициентом использования светового потока (или осветительной установки) принято понимать отношение светового потока, падающего на расчетную плоскость, к световому потоку источников света.

Коэффициент  напрямую зависит от индекса помещения , который в свою очередь зависит от геометрических размеров помещения и от .

где *А, В* –размеры помещения, м;

 - расстояние от рабочей поверхности до светильника, м.

Определим коэффициенты отражения в соответствии с [3]: для потолка - 0.5 (); для стен – 0.3 (); для пола – 0.1 (). Определим коэффициент  = 0,70 согласно [3]. Коэффициент неравномерности освещения определятся в пределах *z* =1,1-1,2 (стр.138 [3]). Принимаем *z=*1,15*.*

Световой поток ламп рассчитывается по выражению:

где *Е* – требуемая освещенность;

– коэффициент запаса;

*S* – площадь производственного помещения, определяется как:

*n* – количество светильников общего освещения.

Под данный световой поток выбираем лампу МГЛ 400 Вт HQI-BT 400W/D-952 PRO E40 SAF Osram. Паспортные данные лампы сведены в таблицу 2.3.

Произведем проверку полученного светового потока:

Окончательно принимаем светильник ГСП17-400 (АСТЗ) с лампой HQI-BT 400W/D-952 PRO E40 SAF Osram.

Определим суммарную мощность осветительных установок:

В цехе имеются такие помещения как склад сырья, ОТК, инструментальная, склад штампов.

Результаты расчета освещенности вспомогательных помещений сведем в таблицу 2.5.4.2. Во вспомогательных помещениях сеть выполнена в виде однофазной двухпроводной с помощью проводов марки АПВ сечением 2×2,5мм2 с двумя щитками. Защита проводников обеспечивается установкой автоматических выключателей серии ВА 47-29 .

В цехе имеется два прохода шириной 3 метра. Светильники аварийного освещения располагаем вдоль прохода.

Для основного помещения принимаем выполнение аварийного освещения промышленными подвесными светодиодными светильниками АС-ДСП-020 производства «Ашасветотехника» г.Аша.

Аварийную сеть выполняем как однофазную двухпроводную с помощью проводов марки АПВ сечением 2×2,5мм2 с одним щитком. Защита проводников обеспечивается установкой автоматических выключателей серии ВА 47-29.

Рабочее и аварийное освещение запитываются раздельно, т. е. от разных трансформаторов. В производственном цехе питание осветительной установки будет выполняться с помощью трехфазной четырех проводной сетью с одним щитком освещения.

Расчетная электрическая нагрузка помещения определяется по методике, описанной в [3]. Результаты расчетов сведены в таблице 2.7.

В таблице 2.8 представлен выбор автоматических выключателей для сетей производственного освещения.

**2.6 Выбор элементов распределительной сети**

Целью расчета является выбор сечений проводников цеховой электрической сети и защитной аппаратуры. Подробно рассмотрим расчет электрически близкого к цеховой трансформаторной подстанции электроприемника №23, запитанного через распределительный шинопровод ШРА2.

Автоматические выключатели выбираются согласно условиям:

Выберем аппарат защиты, установленный в шкафу ШЛ РУНН КТП для отходящей линии магистрального шинопровода ШМА1 (линия без ЭД).

Длительный ток в линии без ЭД равен расчетному току нагрузки :

где  – номинальный ток ШМА 1, А.

К установке принимается ШМА 5 – 1250 производства «СОЭМИ» [10]. Аналогично выберем распределительные шинопроводы. Результаты сведем в таблицу 2.9.

В соответствии с условиями 2.26 – 2.32 выберем аппараты защиты для шинопровода распределительного ШРА4 – 2:

Длительный ток в шинопроводе определяют по выражению:

Наибольший электроприемник (№39) на распределительном шинопроводе ШРА4 – 2 имеет следующие характеристики:

Тогда

Выбираем ВА 51-35 производства «Контактор» г.Нижний Новгород со следующими характеристиками:

В соответствии с 2.26 – 2.32:

Принимаем К0=2

Проводник выбираем с учетом соответствия аппарату защиты согласно условию:

где  - допустимый ток проводника, А;

Кзщ – коэффициент защиты.

Для нормальных помещений Кзащ=1

По табл. 1.3.7.[3] выбираем сечение кабеля марки АВВГ, производства АО «Электрокабель»:

Выберем аппарат защиты для электрички близкого ЭП №23 (вертикально – фрезерный станок). Станок имеет следующие характеристики:

Длительный ток в линии:

Расчет проведем аналогично по условия 6.26 – 6.32. Выбираем ВА 51-31 со следующими характеристиками:

Принимаем К0=2

Выбор оставшихся кабелей, проводов и коммутационной аппаратуры представлен в Приложениях Г. Проверка правильности выбора проведена с помощью программы «Electroprovod».

**2.7 Расчет токов КЗ. Проверка элементов сети на действие токов КЗ**

Возникающие в электроустановках различные виды коротких замыканий сопровождаются резким увеличением тока. Причинами возникновения таких замыканий в сети являются: повреждение изоляции отдельных частей электрообрудования, перекрытие токоведущих частей установки, неправильные действия обслуживающего персонала. Исходя из этого, электрооборудование должно быть устойчивым к тока КЗ.

Для предотвращения коротких замыканий и уменьшения их последствий необходимо правильно определить величины токов КЗ и выбрать соответствующую защиту. При расчете учитываются активные сопротивления цепи КЗ ( ВЛ, КЛ, обмоток силовых трансформаторов, шин и коммутационной аппаратуры).

Для проверки коммутационно-защитных аппаратов необходимо определить токи трехфазного КЗ в точках К1, К2 и К3, так как в них ожидается наибольшее значение тока трехфазного КЗ при наименьших значениях активного и индуктивного сопротивлениями короткозамкнутой цепи. При этом защитные аппараты оказываются в наиболее тяжелых условиях.

Схема замещения для расчета короткого замыкания до самого электрически близкого к трансформаторной подстанции ЭП под номером 23 представлена на рисунке 2.4.

Значения сопротивлений выбранных автоматических выключателей:

В таблице 2.11 представлены удельные сопротивления элементов сети:

Активные и индуктивные сопротивления магистрального шинопровода будем определять по следующим выражениям:

где *r0;x0* – соответственно удельные активное и индуктивное сопротивлении, мОм/м; *LШМА* – протяженность линии, м.

Сопротивления других элементов будем определять аналогично. Результаты расчета сведем в таблицу 2.12.

Добавочные сопротивления:

Эквивалентные сопротивления на участках между точками КЗ будем определять по выражениям:

Затем вычислим сопротивления до точки К1 по выражения:

Аналогично определим сопротивления до точек К2 и К3.Результаты расчета сведем в таблицу 2.13.

Значения однофазных токов короткого замыкания рассчитываются для наиболее электрически удаленного электроприемника ( ЭП№12).

Для расчета составим схему замещения:

Удельные сопротивления элементов и значения сопротивлений трансформатора сведем в таблицу 2.14.

Аналогично расчету трехфазных токов КЗ определим активные и индуктивные сопротивления элементов. Результаты расчета сведем в таблицу 2.15.

Добавочные сопротивления:

Определив сопротивления элементов сети, вычислим сопротивление до точки КЗ, а затем рассчитаем полные сопротивления по выражению:

Однофазный ток короткого замыкания определим по выражению:

Результаты расчета представлены в таблице 2.16.

Произведем проверку аппаратов защиты на устойчивость к действию токов КЗ. Результаты проверок сведем в таблицы.

**3. Расчет распределительной сети предприятия по изготовлению компонентов для сельскохозяйственной техники**

* 1. **Выбор напряжения распределительной сети предприятия по изготовлению компонентов для сельскохозяйственной техники**

Электроснабжение промышленных объектов выполняется внутризаводскими сетями напряжением 6, 10, 35, 110 кВ и т.д. В общем случае, систему электроснабжения можно разделить на:

– внешнюю СЭС (6 – 220кВ). Данная система обеспечивает подачу электроэнергии от точки присоединения к единой энергосистеме (ЕЭС) до главной понизительной подстанции (ГПП);

– внутреннюю СЭС (до 1 кВ и выше). К этой системе относятся распределительные сети, которые прокладываются по территории завода и внутри цехов.

При выборе напряжения внутризаводской сети особое внимание уделяется вопросу, связанному с потерей электроэнергии в элементах сети.

По сравнению с напряжением 10 кВ экономически выгодным является применение 20 кВ. При напряжении 20 кВ снижаются потери электроэнергии в элементах системы электроснабжения и токи КЗ в сетях. Напряжение 20 кВ характеризуется малым применением, так как электрооборудование на это напряжение отличается своей дороговизной и ограничивается в использовании.

Сравнительно с напряжением 6 кВ, напряжение 10 кВ оказывается наиболее эффективным и экономически выгодным. Так как на предприятии отсутствует класс потребителей напряжения 6 кВ, то выполним внутризаводскую сеть на напряжение 10 кВ.

**3.2 Расчет нагрузок предприятия по изготовлению компонентов для сельскохозяйственной техники**

Под электрической нагрузкой понимают (активную Р, кВт, реактивную Q, кВАр и полную S, кВА). Метод определения расчетных электрических нагрузок зависит от стадии проектирования системы электроснабжения и от объема исходной информации. Для определения электрических нагрузок составим сводную ведомость (таблица 1.1), где перечислены цеха и вспомогательные сооружения, входящие в состав проектируемого завода. Для расчета электрических нагрузок необходимо знать общую рабочую номинальную мощность каждого из цехов и сооружений. Силовые нагрузки будем определять методом коэффициента спроса, применяя соответствующие расчетные коэффициенты (). Данный метод применяется на предварительных стадиях проекта.

При расчете средних мощностей за максимально загруженную смену (активная и реактивная) необходимо учитывать, что некоторые вспомогательные сооружения и административные здания запитываются от трансформаторных подстанций определенных цехов. Так, например, склад металла получает электроэнергию от ЦТП литейного цеха, склад дерева запитан от кузнечного цеха и др. Нагрузки данных сооружений и нагрузки цехов складываются. Дальнейший расчет производится по полученной суммарной мощности.

На территории завода предусмотрена отдельностоящая комплектная трансформаторная подстанция блочно-модульного исполнения для обеспечения питанием следующих административных зданий: заводоуправление, столовая №1, инженерный корпус.

Определив расчетные коэффициенты, и, зная установленную мощность цехов, определим средние нагрузки за максимально загруженную смену по следующим выражениям:

где – коэффициент реактивной мощности;

– коэффициент использования

Затем из полученных средних нагрузок с помощью коэффициента спроса определяем максимальные расчетные мощности цехов по выражениям:

Исходя из расчетных значений полученных нагрузок, определяют мощность и количество цеховых трансформаторных подстанций.

**3.3 Определение числа, мощности цеховых ТП**

Как уже было отмечено ранее, на основании полученных расчетных среднесменных нагрузок определяют мощность и количество цеховых трансформаторов. На промышленных предприятиях основные потребители реактивной мощности (например, асинхронные двигатели, трансформаторы, электропечи) присоединяют к сетям до 1 кВ. В связи с этим необходимо компенсировать потребляемую мощность, чтобы существенно сократить расход электроэнергии и выбрать оптимальное количество трансформаторов. Компенсацию реактивной мощности будем осуществлять при помощи специальных установок компенсации – УКРМ производства «ХомовЭлектро» г. Красноярск.

Расчет электрических нагрузок цехов будем производить по методу коэффициента спроса. Результаты расчета сведем в таблицы 3.1– 3.5.

**3.4 Выбор и обоснование схемы распределительной сети**

Выбор схемы внутризаводской сети электроснабжения проводится исходя из следующих основных требований, предъявляемых к схемам при проектировании. Важнейшими из них являются: надежность, экономичность, удобство эксплуатации, техническая гибкость.

В соответствии с классификацией сетей электроснабжения различают сети внешнего и внутреннего исполнения. Внутренние (внутризаводские, внутрицеховые и межцеховые) сети выполняют с учетом особенностей режима работы потребителей и возможности дальнейшего расширения производства.

Электроснабжение проектируемого объекта будет осуществляться от главной понизительной подстанции. Распределение электроэнергии внутри завода может осуществляться по радиальным и магистральным схемам.

Так как в состав сооружений проектируемого завода входит компрессорная станция, которая относится к первой категории электроснабжения, то её питание осуществим с помощью радиальной схемы.

На рисунке 3.1 представлена радиальная схема электроснабжения компрессорной станции.

К преимуществам радиальных схем можно отнести простоту выполнения и надёжность эксплуатации, возможность применения простой и надежной схемы защиты.

Для электроснабжения цехов примем магистральную схему электроснабжения. При таком распределении электроэнергии создают ответвления от высоковольтной линии и заводят кабельные линии поочередно на цеховые подстанции. Для повышения надежности схемы применяют различные модификации магистральных сетей., одной из которых является схема сквозных двойных магистралей. На рисунке 3.2 приведен пример исполнения магистральной сети для цеховых ТП4, ТП9, ТП12, БКТП14.

К достоинствам магистральных схем относят снижение капитальных затрат за счет сокращения длины питающих линий и уменьшения количества высоковольтных аппаратов.

Каждая из выбранных схем внутризаводской сети снабжается устройства АВР в целях повышения надежности электроснабжения потребителей.

**3.5 Выбор марки и сечения проводников ЛЭП распределительной сети**

В продолжительных режимах температура частей электрооборудования достигает установившегося значения при неизменной температуре охлаждающей среды. Аварийные режимы считаются кратковременными, но их условия могут оказаться весьма опасными для дальнейшего нормального функционирования оборудования. В связи с этим выбор всех проводников производят по расчетным условиям продолжительных рабочих режимов и обязательно проверяются по расчетным условиям аварийных режимов.

Наибольший ток ремонтных и послеаварийных режимов принимают при условии, что один из параллельно работающих трансформаторов будет отключен, когда оставшийся в работе трансформатор будет перегружен. (ГОСТ 14209-97).

Для защиты кабелей и проводов от механических повреждений, соприкосновения жил друг с другом и поражения человека электрическим током используется диэлектрическая оболочка, которую называют изоляцией. С ростом величины напряжения распределительной сети изменяется и конструкция защиты кабеля. В зависимости от напряжения и среды, в которой будет проложен кабель, в состав изоляции могут добавляться следующие элементы, выполненные соответствующими материалами: экран, оболочка, броня, межфазное заполнение, ленты.

Традиционные типы изоляции кабелей (маслонаполенные, резиновые и др.) имеют ряд недостатков. Так, например, применение кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией ограничивается при необходимости вертикальной прокладки, а кабели, выполненные с резиновой изоляцией, со временем теряют эластичность и характеризуются низкой рабочей температурой жилы.

Исходя из анализа применяемых типов изоляции, примем к установке кабели с изоляцией из современных полиолефиновых материалов, или по-другому, сшитого полиэтилена.

Так как напряжение внутризаводской распределительной сети выбрано 10 кВ, то и кабели соответственно выбираются на данный класс напряжения.

Прокладку кабелей от ЗРУ ГПП до цеховых трансформаторных подстанций (ЦТП) и отдельностоящей БКТП выполним в земляных траншеях на глубине 0,7м с расстоянием между параллельно проложенными кабелями 100мм согласно ПУЭ 2.3.84.

Внутризаводскую распределительную сеть выполним кабелем марки АПвПг с продольной герметизацией.

Произведем выбор сечений кабелей. Подробно рассчитаем сечение кабеля идущего от ГПП РП до ТП5 – ТП11 – ТП14 – ТП16.

Определим расчетный ток по выражению:

где - мощность ЦТП, кВА;

 - напряжение сети, В.

Рассчитаем длительно допустимый ток по следующему выражению:

где  - поправочный коэффициент, учитывающий температуры окружающей среды, согласно [16], =1;

 - поправочный коэффициент, учитывающий количество кабельных линий, согласно ПУЭ табл.1.3.26 ,  = 075.

Аварийный ток определим согласно выражению:

Сечение кабеля определим по выражению:

где  - сечение кабеля по экономической плотности тока, мм;

 - экономическая плотность тока, А/ мм, согласно[1], =1,4 А/ мм.

Принимаем к установке кабель АПвПг 3×95 с . Аналогично проведем расчет для оставшихся линий. Результаты расчета представлены в таблице 3.6.

**4. Расчет главной понизительной подстанции**

**4.1 Выбор схем РУ и трансформаторов ГПП**

Основным назначением трансформаторных подстанций (ТП) является прием, преобразование и распределение электроэнергии. По назначению ТП в СЭС разделяют на главные понизительные подстанции (далее ГПП), подстанции глубоко ввода и трансформаторные подстанции 10 (6) кВ. Назначением ГПП является получение питания напрямую от районной энергетической системы (РЭС) и распределение его предприятию.

Подстанция с двухобмоточными трансформаторами состоит из трех основных узлов: распределительного устройства высшего напряжения (РУВН), силового трансформатора и распределительного устройства низшего напряжения (РУНН). РУВН выполняет функции приема электрической энергии от ЛЭП к трансформатору. РУНН выполняет функции приема и распределения подстанции.

Применяются следующие схемы распределительных устройств напряжением 35 кВ и выше без сборных шин:

– блочные;

– мостиковые и др.

К проектированию примем схему «блок линия – трансформатор». Блочные схемы характеризуются простотой и экономичностью. Для того чтобы обеспечить достаточную надежность электроснабжения проектируемого объекта к установке принимаем двухтрансформаторную подстанцию. Выбранный тип схемы представлен на рисунке 4.1.

Определим полную среднесменную нагрузку предприятия по выражению:

где *Qэ1* определим как:

Тогда

Определим номинальную мощность трансформатора:

где *Kз* - коэффициент загрузки трансформатора. =0,7 в соответствии с [4].

Устанавливаем на главной понизительной подстанции 2×ТДН-10000/110-У1 производства «Тольятинский трансформатор».

Мощность конденсаторных установок рассчитывают по выражению:

где - мощность, полученная при работе электродвигателей компрессорной станции в режиме перевозбуждения (синхронный компенсатор), определяется как:

где  - мощность конденсаторных установок, МВАр ;

 - расчетная реактивная мощность МВАр.

Так как на ГПП устанавливается двухтрасформаторная подстанция, то:

По результатам проведенных расчетов принимаем к установке 2×УКРМ-10,5-2250кВАр производства компании «ХомовЭлектро».

Полную расчетную мощность трансформатора с учетом АКУ определим по выражению:

Коэффициент загрузки трансформатора определяют по выражению:

**4.2 Расчет токов короткого замыкания**

Различные виды коротких замыканий в электроустановках вызывают резкое увеличение тока, поэтому расчет токов КЗ проводят в объеме, необходимом для выбора аппаратов и проводников. В ходе расчета составляется схема, которая соответствует нормальному режиму работы системы электроснабжения, а затем составляют схему замещения (рисунок 4.2). Исходными данные для расчета являются:

– базисная мощность , принимаем 100 МВА;

– мощность короткого замыкания =1000 МВА;

– длина питающей сети =15 км;

– длина кабельной линии до ближайшей КТП =0,05км

За базисные величины примем .

Определим значения сопротивлений следующих элементов:

– Система:

– Воздушная линия:

где *X0* – погонное сопротивление линии, Ом/км;

*L* – длина линии, км.

– Трансформатор:

– Кабельная линия:

Базисные токи для каждой ступени напряжения определяют по выражению:

Сопротивление цепи от системы до К1 рассчитаем по выражению:

Сопротивление цепи от системы до К2 определим по выражению:

Сопротивление цепи от системы до К3 вычислим по выражению:

Определим значение периодической составляющей тока короткого замыкания точек К1,К2,К3 по выражению:

где  - периодической составляющей тока короткого замыкания, кА;

 - ЭДС системы, о.е. Принимаем .

Рассчитываем ударный ток по следующему выражению:

* 1. **Выбор оборудования РУ ГПП**

Электрооборудование выбирают по условиям продолжительных режимов и проверяют по условиям кратковременных режимов (режим короткого замыкания). При этом необходимо располагать расчетными условиями, параметрами и технико-экономическими характеристиками выпускаемого электрооборудования. Под расчетными условиями понимают наиболее тяжелые условия, в которых может оказаться электрический аппарат.

**Выбор разъединителей**

Для создания видимого разрыва электрической цепи используют разъединители, поэтому их устанавливают непосредственно в распределительных устройствах. Они также применяются для разъединения и переключения участков сетей напряжением выше 1 кВ. К установке примем разъединитель наружной установки с одним заземляющим ножом и отдельными полюсами горизонтально-поворотного типа, управление которыми осуществляемся вращением изоляторов. Под данные условия подходит разъединитель типа РДЗ–2–110/1000–УХЛ1 производства компании «Пан-Энерго»

**Выбор выключателей**

При передаче и распределении электроэнергии напряжением выше 1000 В включение, отключение и переключение электрических цепей осуществляется под нагрузкой с помощью выключателей. К установке принимаем ВГТ–СЭЩ–110 производства «Электрощит» г. Самара. Технические данные выключателя представлены в таблице 4.2.

Вводные выключатели ЗРУ 10 кВ, которые будут устанавливаться в КРУ, выбираются аналогично. К установке принимаем выключатель внутренней установки ВВУ-СЭЩ-10-20/1000.

Полученные результаты представлены в таблице 4.3 – 4.10.

Аналогично выберем выключатели на отходящие линии. Сведем полученные результаты в таблицы.

**Выбор ОПН и заземлителя**

Установка ОПН в нейтрали обеспечивает фазную защиту. Устройства устанавливаются в каждую фазу. При выборе ограничителей перенапряжения необходимо выполнение следующего условия:

где  - номинальное напряжение установки, кВ.

Принимаем к установке ОПН-РК-110/73, производства ЗАО «Полимер-Аппарат», при котором выполняется условие 4.3.3.1:

Также к установке принимаем ОПН-РК-110/56 производства ЗАО «Полимер-Аппарат». Исходя из условия 4.3.3.1:

Выбираем заземлитель в нейтрале трансформатора ГПП. Принимаем к установке ЗОН-СЭЩ 110 кВ, производства «Электрощит Самара».

**Выбор измерительных трансформаторов тока**

Выберем трансформатор тока на стороне высокого напряжения. Примем к установке встроенные трансформаторы серии ТВТ наружного типа. Данный тип трансформаторов предназначен для установки на выводах силового трансформатора. Данным условиям соответствует ТВТ-110-100/5-У1.Технические данные выбранного аппарата сведены в таблицу 4.11.

Аналогично выберем трансформатор тока на стороне низкого напряжения. Примем к установке ТОЛ-СЭЩ-10 кВ [3] изготовителя «Электрощит Самара». Полученные данные сводим в таблицу 4.12.

Далее устанавливаем следующие измерительные приборы: амперметр типа Э350; ваттметр типа Д335.

Наиболее загруженной фазой является фаза *А* (*А=В=1*). Определим общее сопротивление приборов по следующему выражению:

Определим допустимое сопротивление соединительных проводов по выражению:

Сечение и тип контрольного кабеля определяют по выражению:

где  - сечение соединительных проводов, ;

 - удельное сопротивление материала жилы кабеля, . Принимаем 0,0283  ;

 - расчетная длина, зависящая от схемы соединения трансформаторов тока, м. Принимается 4 м.

Исходя из расчетов, к монтажу применяем многожильный контрольный кабель АКВРГ 6×2,5.

Аналогично выбору трансформатора тока на низкой стороне ГПП проведем выбор трансформаторов тока на отходящие линии. Результаты расчета представлены в таблицах 4.14 – 4.21.

Для определения вторичной нагрузки воспользуемся таблицей 4.15.

**Выбор измерительных трансформаторов напряжения**

Трансформаторы напряжения предназначены для включения катушек напряжения измерительных приборов и аппаратов защиты и контроля напряжения. К установке примем трансформатор напряжения с литой изоляцией серии НАЛИ-СЭЩ-10-1. Данные аппарат служит для монтирования в комплектные распределительные устройства.

Определим суммарную вторичную нагрузку согласно выражению:

Технические данные выбранного аппарата сведены в таблицу 4.23.

**Выбор трансформаторов собственных нужд**

Нa пoдcтaнциях линий элeктpocнaбжeния paбoтaeт мнoжecтвo eдиниц oбcлyживaющeгo oбopyдoвaния. Для тaких пoтpeбитeлeй пpимeняeтcя тpaнcфopмaтop coбcтвeнных нyжд (TCН), который cтaбилизиpyeт paбoтy пoдoбных ycтaнoвoк нa paзличных кaтeгopиях oбъeктoв.

Выбор трансформаторов собственных нужд проводится согласно условию:

где  – мощность ТСН, кВА;

 – нагрузка потребителей СН, кВА;

Определим расчетную нагрузку потребителей собственных нужд по выражению:

где  – коэффициент спроса, учитывающий коэффициенты одновременности нагрузки, принимают =0,8[19];  – суммарная активная установленная мощность электроприемников СН, кВт;–суммарная реактивная установленная мощность электроприемников СН, кВАр.

По результатам расчета принимают к монтажу ТЛС–СЭЩ–40–10 производства «Электрощит». Технические данные выбранного ТЛС сведены в таблицу 4.25.

**Выбор сборных шин РУ 10 кВ**

Жесткие шины, закрепленные на изоляторах, представляют собой динамическую колебательную систему, находящуюся под воздействием электродинамических сил. При выборе шин РУ-10 кВ проводят проверку выбранного сечения на термическую и электродинамическую стойкость к токам КЗ.

Определим сечение шин по следующим параметрам:

1. По нагреву длительно проходящим током

Проверка шин на термическую стойкость при КЗ

где – минимальное сечение, по термической стойкости, мм2;

*q* – сечение выбранной по первому условию шины, мм2;

*q=bxh, b –* ширина полосы, мм*, h –* длина полосы, мм.

где  – импульс квадратичного тока КЗ,;

– функция, значения которой для алюминиевых шин равно 91 

Импульс квадратичного тока КЗ определяется по выражению:

3) Проверка шин на электродинамическую стойкость:

где  – момент сопротивления шины относительно оси, перпендикулярной действию усилия, 

 – наибольший изгибающий момент М, Н·м,

где - ударный ток, трехфазного КЗ, кА;

– расстояние между осями разных фаз, м;

 – длина пролета между опорными изоляторами шинной конструкции, м; принимается равной *l*=1,5 – 2,0 м.

Определим напряжение в материале шины:

Принимаем алюминиевую шину сечением 60х×6 мм, согласно [19].

Проверяем выбранную шину по условиям 4.3.7.1 – 4.3.7.4:

1) ;

2) 69,8 ;

3) 8,3МПаМПа;

Принимаем к установке шины из сплава АДО сечением 60×6 мм, производства ООО «ПромЦветМет».

Жесткие шины крепятся на опорных изоляторах, которые выбираются по следующим параметрам:

а) по напряжению:;

б) по допустимой нагрузке:,

где  - сила, действующая на изолятор, Н;

- допустимая нагрузка на головку изолятора, Н;

 - разрушающая нагрузка на изгиб, Н.

Расчетная сила на головку изоляторов определяется по формуле:

где *k* – коэффициент, зависящий от типа шин (*k* = – для шин прямоугольного сечения);

Выбираем опорный изолятор ОФ-10-750 производства «ЮИК».

**4.4 Проверка проводников на устойчивость к токам КЗ**

Для выбора кабелей необходимо придерживаться следующих условий:

1) Напряжению установки:

2) Допустимому ток 4.4.2:

3) Экономическая плотность тока:

4) Термическая стойкость:

где  = 65, согласно [19].

Произведем подробный расчет сечения кабеля идущего от ГПП РП-ТП4-ТП9-ТП12-ТП14. Определим Расчетный ток нагрузки по выражению:

Аварийный ток определяется по выражению:

Сечение кабеля по экономической плотности тока определяется по выражению:

где = 1,4 А/ мм принимается из [1].

Термическую стойкость проверим по выражению:

Исходя из результатов проверки, окончательно принимаем сечение кабеля на всех участках не менее 3×95 ммс.

**5. Расчет релейной защиты**

Для установки релейной защиты принимаем производителя «Механотроника» БМРЗ-ТД.

Устройство БМРЗ-ТД включает в себя функции основных быстродействующих защит, измерения, сигнализации, вспомогательных функции, регистраций параметров аварий, осциллографирование аварийных событий и газовую защиту (ГЗ).

Достоинства устройств БРМЗ:

1. Уменьшение массы и габаритов.
2. Сокращение числа обслуживающего персонала.
3. Уменьшение затрат на эксплуатацию, так как можно с пульта управления проводить работу, которая выполняется вручную в случае использования электромеханических устройств.
4. Объединение функций защиты, автоматики, управления и контроля в одном устройстве.

Установка трансформаторов тока

ТТ на стороне ВН (110 кВ), ;

ТТ на стороне НН (10 кВ), ;

Расстояние от трансформатора тока 110 кВ до места установки защиты 10 км. От трансформаторов тока 10 кВ – 0,1км.

## 5.1 Выбор ПТН блоков БМРЗ

Для выбора ПТН блоков БМРЗ произвести расчёт токов КЗ на сторонах ВН (К1 на рисунке 2) и НН (К2 на рисунке 2) трансформатора.

Периодическую составляющую максимального фазного тока КЗ на стороне ВН рассчитать по формуле:

Произведем расчет для стороны ВН

где - коэффициент, учитывающий переходный режим (наличие апериодической составляющей тока);

- периодическая составляющая максимального фазного тока КЗ

- коэффициент трансформации ТТ.

В соответствии с [7] выбираем ПТН с .Для проверки выбранного ПТН рассчитаем по формуле номинальный первичный ток стороны ВН трансформатора:

Выбранный ПТН обеспечивает измерение тока нагрузочного режима с заданной погрешностью. Периодическую составляющую приведенного максимального фазного тока КЗ на стороне НН рассчитать по формуле:

Приведем полученное значение к напряжению сторон НН трансформатора:

Произведем расчет для стороны НН:

В соответствии с [7] выбираем ПТН с и . Для проверки выбранного ПТН рассчитаем номинальный первичный ток стороны НН трансформатора:

## 5.2 Выбор уставки для срабатывания дифференциальной токовой отсечки

Уставку срабатывания ДТО в долях от номинального тока трансформатора выбирают такой, чтобы обеспечить отстройку от:

* БТН;
* Расчётного максимального тока небаланса.

Из двух полученных значений в качестве уставки срабатывания ДТО следует принять наибольшее значение.

Для отстройки от броска тока намагничивания уставку рекомендуют принять от 4 до 5 о.е. номинальных значений тока трансформатора.

Для отстройки от расчетного максимального тока небаланса значение уставки определим по формуле:

где – от 1,15 до 1,3 – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность расчета и необходимый запас;

– относительный расчетный максимальный ток небаланса, соответствующий максимальному току внешнего КЗ, проходящему через трансформатор.

где - составляющая, обусловленная погрешностью ТТ;

- составляющая, обусловленная регулированием напряжения защищаемого трансформатора;

- составляющая, обусловленная неточностью выравнивания токов плеч.

Составляющие относительного расчетного тока небаланса , , вычисляют по формулам:

где = 2,5 – коэффициент, учитывающий увеличение погрешности ТТ в переходном;

Кодн = 1 – коэффициент однотипности ТТ;

– периодическая составляющая максимального фазного тока внешнего КЗ (как правило, трехфазного металлического КЗ), протекающего через ТТ (в начальный момент времени КЗ), приведенная к стороне ВН, А;  
 – номинальный первичный ток стороны ВН, А;

, – относительные погрешности, обусловленные регулированием напряжения на сторонах защищаемого трансформатора;

, – коэффициенты токораспределения, равные отношению тока, проходящего по стороне, где производится регулирование напряжения, в режиме рассматриваемого внешнего КЗ к току КЗ;

= 0,05 – относительная погрешность цифрового выравнивания токов плеч.

Относительные погрешности принимают равными половине используемого диапазона регулирования, , где – количество ступеней регулирования, – шаг регулирования напряжения, %, но не менее 0,05.

В случае использования устройства ПБВ принимают . Для упрощения расчетов допустимо принимать предельные значения коэффициентов , учитывая, что это ведет к снижению коэффициента чувствительности защиты. Согласно [5] проверку чувствительности ДТО не производят.

## 5.3 Выбор уставки срабатывания ДТО

Уставку срабатывания ДТО по условию отстройки от броска тока намагничивания принять равной 4.

Определим относительный расчетный ток небаланса при максимальном тормозном токе внешнего КЗ ()

Здесь и далее в расчете принять значения полных относительных погрешностей ТТ во всех режимах работы трансформатора равными 0,1 (реальная кратность тока КЗ не превосходит номинальную и реальная нагрузка на вторичные цепи ТТ не превосходит номинальную). Рассчитаем уставку срабатывания ДТО , исходя из условия отстройки от расчетного максимального тока небаланса:

В качестве уставки срабатывания ДТО принять большее из полученных значение..

**5.4 Выбор уставки начального тока срабатывания ДЗТ**

Относительный расчетный ток небаланса, используемый при расчете , рассчитаем по формуле:

Рассчитаем уставку начального тока срабатывания ДЗТ

Значение уставкине рекомендуется выбирать менее 0,3 о.е. По данным [3] ДЗТ с уставкойот 0,3 до 1 о.е. обеспечивает требуемый коэффициент чувствительности к витковым замыканиям в переплетённых обмотках и межкатушечным замыканиям в любых обмотках.

## 5.5 Проверка чувствительности ДЗТ

Для проверки чувствительности ДЗТ рассчитаем минимальное относительное значение периодической составляющей тока КЗ на стороне НН (точка К2 на рисунке 2) по формуле:

Коэффициент чувствительности ДЗТ при металлическом КЗ:

Коэффициент чувствительности удовлетворяет требованиям.

## 5.6 Максимальная токовая защита в терминалах БМРЗ

В терминалах БМРЗ реализованы следующие токовые защиты с контролем трех фазных токов:

* Токовая отсечка от КЗ на выводах трансформатора и внутренних КЗ;
* МТЗ от токов в обмотках, обусловленных внешними и внутренними многофазными КЗ;
* Защита от перегрузки трансформатора.

Ток срабатывания МТЗ выбирают по условию отстройки от тока при самозапуске двигателей и после устранения КЗ на предыдущем элементе и рассчитывают по формуле:

где – коэффициент отстройки;

– коэффициент самозапуска, учитывающий увеличение тока в условиях самозапуска заторможенных двигателей.

–коэффициент возврата;

- первичное значение максимального рабочего тока трансформатора в месте установки защиты, А.

Выдержку времени защиты выбирают по условию согласования с наиболее чувствительными ступенями защит от многофазных КЗ предыдущих элементов, т.е. на ступень селективности больше, чем выдержка времени наиболее чувствительной ступени.

Ступень селективности вычисляют по формуле:

где - время срабатывания релейной защиты, для терминалов БМРЗ может быть принято 0,3 с;

- полное время отключения выключателя (интервал времени от момента подачи команды на отключение до момента погасания дуги во всех полюсах выключателя), с;

 - необходимое время запаса, учитывающее время срабатывания промежуточных реле, с.

Коэффициент чувствительности МТЗ определяют для металлического двухфазного КЗ в конце зоны резервирования в режиме с наименьшим значением тока в месте установки защиты:

где  – значение тока в реле при металлическом двухфазном КЗ в конце зоны резервирования в режиме с наименьшим значением этого тока, А; - коэффициент трансформации ТТ;

- ток срабатывания МТЗ, А.

Если МТЗ выполняет функции основной защиты шин НН, то соответствие коэффициента чувствительности требованиям ПУЭ необходимо проверять при КЗ на шинах НН.

В соответствии с таблицей 3.1.[9] определяем:

**5.7 Защита от перегрузки**

Ток защиты от перегрузки выбирают из условия возврата токового реле при номинальном токе трансформатора:

где– коэффициент отстройки;

– коэффициент возврата;

– номинальный первичный ток стороны трансформатора с учетом регулирования напряжения на стороне, где установлена защита, А.

Пересчет во вторичные значения:

где - уставка срабатывания по току для ввода в терминал БМРЗ;

- уставка по току, рассчитанная в первичных значениях;

 - коэффициент трансформации ТТ;

 - коэффициент, зависящий от схемы соединения ТТ.

Защита от перегрузки может быть выполнена с действием на сигнал и (или) на отключение. Выдержку времени ступени защиты, действующей на сигнал, выбирают из условия отстройки от времени самозапуска двигателей, питающихся от секций шин 6 - 10 кВ. Выставляем выдержку времени 9 с.

**5.8 Газовая защита трансформаторов ГПП**

Так как силовой трансформатор типа ТДН-10000/110/10 является масляным с принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла, то в его конструкции имеется расширительный бак, который служит для компенсации температурных изменений масла при работе трансформатора.

Исходя из этого для защиты от внутренних повреждений, необходимо применять газовую защиту, принцип работы которой основан на том, что любые повреждения в трансформаторе, включая повышенный нагрев масла, приводят к химическому разложению трансформаторного масла, а также органических материалов изоляции обмотки, в результате чего внутри трансформатора происходит выделение газа. Этот газ воздействует на специальные приборы газовой защиты, которые подают сигнал предупреждения или производят отключение трансформатора.

Данный вид защиты реагирует на такие повреждения, как междувитковое замыкание в обмотках трансформатора, на которые дифференциальная и максимально-токовая защита не реагирует; так как в подобных случаях величина тока замыкания оказывается недостаточной для срабатывания защиты.

К установке примем газовое реле «ОРГРЭСЭНЕРГО» РГТ 80 201.Одним из основных элементов газового реле являются блоки контактов регулирующих. Блок БКР2 имеет два поплавка – верхний и нижний, на которых установлены постоянные магниты, управляющие герконами. В реле РГТ‑50 и РГТ‑80 верхняя (сигнальная) контактная система срабатывает при понижении уровня масла на 100–250 см³. Нижняя (отключающая) контактная система срабатывает раньше, чем уровень масла достигнет нижнего уровня входного отверстия фланца на корпусе реле.

**6. Мероприятия по энергосбережению**

Согласно ФЗ №261-Ф3 от 23.11.2009г. на проектируемом предприятии были проведены следующие мероприятия, направленные на сбережение элекроэнергии:

- Поддержание оптимального значения соs φ. Данный параметр оказывает значительное влияние на эффективность использования электроэнергии. Уменьшение потерь активной электроэнергии, обусловленных перетоками реактивных мощностей, является реальной эксплуатационной технологией энергосбережения в сетях и технологией повышения эффективности использования электроэнергии (мощности) у потребителей. Наибольшее распространение в качестве компенсаторов реактивной мощности получили конденсаторные батареи, которые были применены при проектировании завода;

- Обеспечение оптимальной загрузки трансформаторов. Особое внимание уделено автоматизации работы двухтрансформаторных подстанций. При снижении нагрузки трансформаторов ниже 35 % один из них на этот период должен отключаться с сохранением действия автоматического включения резерва;

- Силовые трансформаторы ГПП снабжаются устройствами РПН. Данные устройства обеспечивают требуемое качество электроэнергии. Это обычно приводит и к сопутствующему снижению потерь электроэнергии;

- Экономия электроэнергии в сети обеспечивается путем выбора оптимального сечения кабелей и типа изоляции (сшитый полиэтилен), выбраны наименьшие пути прокладки кабелей и проводов до потребителей электроэнергии;

- Применение энергоэкономичных источников света с наибольшим коэффициентом мощности;

- Производственные и административные здания по возможности окрашены в светлые тона;

- В цехах проектируемого объекта были использованы окна с увеличенной площадью стеклопакета;

- В течение всего периода эксплуатации является обязательным поддержание чистоты источников света: осветительные приборы и окна не должны препятствовать прохождению света;

- При выборе измерительных приборов и устройств были выбраны трансформаторы тока и напряжения с повышенными классами точности, и номинальными параметрами, соответствующими фактическим нагрузкам.