

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»

Институт инженерно-педагогического образования

Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующая кафедрой ЭС

\_\_\_\_\_ А.О. Прокубовская  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НАСОСНОГО ОТДЕЛЕНИЯ**

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение  
(по отраслям)  
профиля подготовки «Энергетика»  
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений и  
энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 640

Исполнитель:

студент группы ЗЭС-403С

К.С. Пинягин

Руководитель:

Доктор. тех. наук, профессор кафедры АЭС УрФУ

В.П. Обоскалов

Нормоконтролер:

Ст. преподаватель кафедры ЭС

Т.В. Лискова

Екатеринбург 2017

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 45 листов машинописного текста, 11 рисунков, 7 таблиц, 20 использованных источников литературы.

Ключевые слова: НАСОС, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, МОЩНОСТЬ, ЗАЩИТА, ТРАНСФОРМАТОР, АВТОМАТИКА.

*Объектом исследования* является насосное отделение фабрики обогащения горно-обогатительного комбината.

*Предметом исследования* электрооборудование насосного отделения фабрики обогащения горно-обогатительного комбината.

*Цель работы:* разработать систему электроснабжения насосного отделения фабрики обогащения горно-обогатительного комбината.

В выпускной квалификационной работе рассмотрен вопрос модернизации электропривода насоса 8ГР-8.

Произведен выбор числа и мощности силовых трансформаторов. Рассчитаны электрические нагрузки и токи короткого замыкания.

Произведен технико-экономический расчет вариантов мощности.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	7
1.1. Описание технологического процесса	7
1.2. Описание схемы электроснабжения насосного отделения	8
1.3. Расчет электрических нагрузок	10
1.4. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов	15
1.5. Расчет токов короткого замыкания	21
1.6. Выбор электрооборудования	26
1.7. Выбор распределительного устройства вторичного напряжения	29
1.8. Релейная защита трансформатора на подстанции	31
1.9. Автоматика электроснабжения	35
1.10. Модернизация электропривода насоса 8ГР-8	37
2. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	44
2.1. Осмотр при снятии упаковки	44
2.2. Хранение оборудования	44
2.3. Требования, предъявляемые к месту установки	45
2.4. Проверка соответствия компонентов перед началом монтажа	46
2.5. Проверка условий установки преобразователя частоты	46
2.6. Электрические соединения	48
2.7. Необходимая ежедневная проверка	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	52

## **ВВЕДЕНИЕ**

Сегодня развитие энергетики и электрификации в значительной мере определяет уровень развития промышленности и народного хозяйства нашей страны. Ввод новых и модернизация действующих промышленных предприятий, дальнейшая электрификация производства, сельского и коммунально-бытового хозяйства приводит к непрерывному увеличению потребления электроэнергии и дальнейшему развитию электроснабжения промышленных предприятий.

Системы электроснабжения промышленных предприятий создаются для обеспечения питания электроэнергией промышленных приемников электрической энергии, к которым относятся электродвигатели различных машин и механизмов, электрические печи, установки, аппараты и машины для электрической сварки, осветительные установки и другие промышленные приемники электроэнергии.

*Объектом исследования* является насосное отделение фабрики обогащения горно-обогатительного комбината.

*Предметом исследования* электрооборудование насосного отделения фабрики обогащения горно-обогатительного комбината.

*Цель работы:* разработать систему электроснабжения насосного отделения фабрики обогащения горно-обогатительного комбината.

Задачи работы:

- рассчитать электрические нагрузки;
- выбрать число и мощность силовых трансформаторов;
- рассчитать токи короткого замыкания;
- выбрать электрооборудование;
- выбрать распределительное устройство;
- рассчитать релейную защиту трансформатора на подстанции;
- рассчитать автоматику электроснабжения.

Стратегическими целями развития современной электроэнергетики в рассматриваемой перспективе являются:

- надежное электроснабжение предприятий;
- сохранение целостности и развитие Единой энергетической системы страны ее интеграция с другими энергообъединениями;
- повышение эффективности функционирования и обеспечение устойчивого развития электроэнергетики на базе новых современных технологий;
- снижение вредного воздействия на окружающую среду.

Задача электроснабжения промышленных предприятий возникла одновременно с широким внедрением электропривода в качестве движущей силы различных машин и механизмов и строительством электрических станций.

Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий велось в централизованном порядке в ряде проектных организаций. В настоящее время созданы методы расчета и проектирования цеховых сетей. Выбора мощности трансформаторов, методика определения электрических нагрузок, выбора напряжений, сечений проводов и жил кабелей.

# **1. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

## **1.1. Описание технологического процесса**

Процесс обогащения руды в цехе представляет собой комплекс операций, в которые входят:

- сухое магнитное обогащение дробленной руды;
- мокрое магнитное обогащение с трехстадиальной схемой мокрой магнитной сепарацией;
- обезвоживание железо-ванадиевого концентрата;
- складирование и отгрузка на фабрику окускования.

Сухая магнитная сепарация в технологической схеме является первой стадией обогащения и служит для выделения пустой породы из дробленной руды. Сухой магнитной сепарации подвергается продукт колосниковых грохотов на сепараторах.

Промпродукт сухого обогащения и продукт грохотов крупностью до 10 мм поступают на первую стадию измельчения, которая осуществляется в стержневых мельницах. Мельницы работают в открытом цикле. Разгрузка производится через бутару. Пульпа из стержневых мельниц через пульподелители поступает на первую стадию мокрой магнитной сепарации (ММС), которая осуществляется на сепараторах. В первой стадии ММС выделяется основная масса хвостов (70-75 % от общего количества). Магнитный продукт первой стадии мокрой сепарации поступает на вторую стадию измельчения, которая осуществляется в шаровых мельницах. Мельницы работают в замкнутом цикле с сепаратором второй стадии ММС и гидроциклонами. Магнитная сепарация второй стадии служит для удаления зерен пустой породы, вскрытых в процессе второй стадии измельчения. Сепарация производится в один прием. Выход хвостов второй стадии 12-20 % от их общего количества.

Магнитный продукт второй стадии ММС песковыми насосами через размельчивающие аппараты подается в гидроциклоны. Размагничивающий аппарат

служит для размельчения флоккул после магнитной сепарации. Классификация осуществляется в один прием. Пески гидроциклонов направляются на доизмельчение в шаровую мельницу второй стадии, слив на третью стадию ММС. Третья стадия мокрой магнитной сепарации производится на сепараторах в один прием. Выход хвостов третьей стадии ММС 3-5 % от их общего количества.

Промпродукт третьей стадии ММС поступает на классификацию в гидроциклоны с последующим доизмельчением песков в шаровых мельницах третьей стадии измельчения и магнитной сепарации гидроциклонов на сепараторах.

Четвертая стадия ММС осуществляется в один прием на сепараторах.

Обезвоживание концентрата производится путем предварительного сгущения его в сгустителях и фильтрации на дисковых вакуум-фильтрах.

Пески сгустителя с массовой долей твердого 50-60 % перед фильтрацией размагничиваются с помощью размагничивающих аппаратов, что позволяет снизить массовую долю влаги в концентрате на 0,5 %. Для создания вакуума на фильтрах служат вакуум насосы.

Технология предусматривает отгрузку концентрата со складов после его усреднения, а также непосредственно с фильтров при помощи сборных конвейерных трактов. Следует иметь в виду. Что концентрат из процесса имеет лучшую способность к окомкованию.

## **1.2. Описание схемы электроснабжения насосного отделения**

Более 80 % вырабатываемой в нашей стране электроэнергии используется приемниками на напряжении до 1000 В.

Электрические сети такого напряжения обслуживают большинство промышленных технологических процессов.

В насосном отделении работает большое количество электродвигателей, вентиляторов и маслонасосов.

Некоторые из этих установок объединяются в автоматические линии. Насчитывающие десятки приемников электроэнергии.

В электрические сети напряжением до 1000 В закладывается огромное количество проводниковой продукции, коммутационных аппаратов, электрооборудования. Рациональное построение схемы электроснабжения приемников электрической энергии имеет исключительное значение с экономической точки зрения.

Схема электроснабжения приемников электрической энергии промышленных предприятий зависит от мощности отдельных приемников. Их количества, распределения по территории и других факторов и должна отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать необходимую надежность электроснабжения;
- иметь оптимальные технико-экономические показатели по капитальным затратам, расходу цветных металлов, эксплуатационным расходам и потерям энергии;
- быть удобной в эксплуатации.

Схемы цеховых сетей бывают радиальные и магистральные.

Для электроснабжения насосного отделения наиболее подходит радиальная схема (рисунок 1).

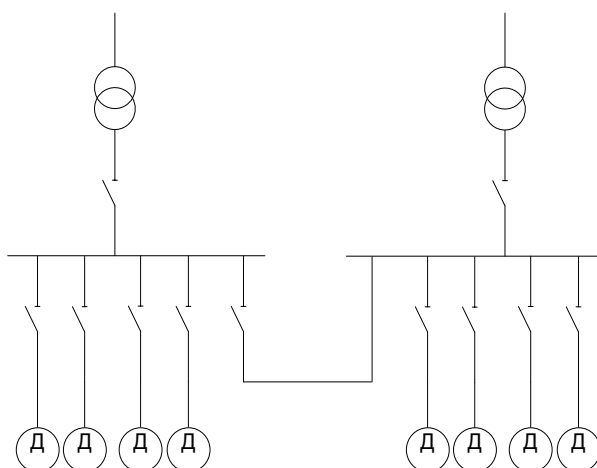


Рисунок 1 – Радиальная схема электрической сети



Эта схема характеризуется тем, что от источника питания, например, от распределительного щита трансформаторной подстанции, отходят линии, питающие крупные электроприемники (двигатели Д). Радиальная схема обеспечивает высокую надежность питания и легко приспособляется к автоматизации.

### **1.3. Расчет электрических нагрузок**

Основными группами электроприемников, составляющими суммарную нагрузку насосного отделения, являются светильники, электродвигатели производственных механизмов (насосы, вентиляторы, компрессоры), сварочные установки.

При определении электрических нагрузок необходимо учитывать напряжение, мощность, род тока. Режим работы и требуемую степень надежности питания электроприемников.

По мощности и напряжению электроприемники насосного отделения относятся к группе малой и средней мощности, питание которых экономически целесообразно напряжением 380 В.

По роду тока различают электроприемники, работающие:

- от сети переменного тока нормальной промышленной частоты (50 Гц);
- от сети переменного тока повышенной или пониженной частоты;
- от сети постоянного тока.

Основным родом тока, для электроустановок насосного отделения, является переменный трехфазный ток частотой 50 Гц.

По режиму работы электроприемники делят на три группы, для которых предусматривают три режима работы:

1. Продолжительный, в котором электрические машины могут работать длительное время, причем повышение температуры отдельных частей машины не выйдет за пределы, устанавливаемые нормами.

2. Кратковременный, при котором рабочий период не настолько длителен, чтобы температуры отдельных частей машины могли достигнуть установившегося значения, период же останова машины настолько длителен, что машина успевает охладиться до температуры окружающей среды.

3. Повторно-кратковременный, характеризуемый коэффициентом продолжительности включения ПВ и длительностью цикла. В этом режиме кратковременные рабочие периоды чередуются с кратковременными периодами отключения, а длительность всего цикла не превышает 10 минут. При этом нагрев не превосходит допустимого, а охлаждение не достигает температуры окружающей среды.

По режиму работы электроприемники насосного отделения относятся к продолжительному (компрессоры, насосы, вентиляторы) и повторно-кратковременному (сварочные установки).

В отношении требуемой надежности электроснабжения все потребители электроэнергии делятся на три категории:

1. К первой категории относятся электроприемники, нарушение в электроснабжении которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса. Для обеспечения надежности электроснабжения потребители первой категории должны получать электроэнергию от двух независимых источников питания. Перерыв в электроснабжении их может быть допущен только на время автоматического ввода резервного питания. На обогатительных фабриках к первой категории относятся сравнительно небольшое число электроприемников: такие как сгустители. Насосы смазки, насосы противопожарные и для откачки хвостов.

2. Ко второй категории относятся электроприемники, перерыв в электроснабжении которых может вызвать недоотпуск продукции, простой механизмов. Для потребителей второй категории допустимы перерывы в электроснабжении на время, необходимое для включения резервного питания

дежурным персоналом. На фабрике к этой категории относятся: дробилки, мельницы, сепараторы, вентиляторы отсадочные машины.

3. К третьей категории относятся электроприемники, не относящиеся к первым двум категориям. При эксплуатации электроприемников третьей категории допустимы перерывы в электроснабжении на время, необходимое для ремонта или замены поврежденного элемента схемы, но не более одних суток.

Правильное определение электрических нагрузок является решающим фактором при проектировании и эксплуатации электрических сетей. Так как от электрических нагрузок зависят технические и экономические показатели проектируемой системы электроснабжения: капитальные вложения, эксплуатационные расходы, расход цветного металла и потери электроэнергии. Завышение нагрузки может привести к перерасходу проводникового материала, удорожанию строительства; занижение нагрузки – к уменьшению пропускной способности электрической сети и невозможность обеспечения нормальной работы силовых электроприемников.

В настоящее время применяют ряд научно обоснованных методов расчета электрических нагрузок: по установленной мощности и коэффициенту спроса, средней мощности и коэффициенту формы группового графика нагрузки, удельному расходу электроэнергии на единицу продукции при заданной производительности участка, удельной нагрузке на единицу производственной площади.

Электрические нагрузки характеризуются мощностью (активной  $P$  и реактивной  $Q$ ), силой тока  $I$ , потребителями и отдельными электроприемниками.

При определении электрических нагрузок насосного отделения расчет производят по методу установленной (номинальной) мощности и коэффициенту спроса.

Расчет начинают с определения номинальной мощности каждого электроприемника. Номинальная мощность – это полезная мощность электроприемника совершающая работу. Она указывается в паспортных данных

Исходные данные для расчета электрических нагрузок приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Список потребителей проектируемого объекта

Наименование потребителей	Кол-во	Параметры потребителя				
		Номинальная мощность, $P_n$ , кВт		Номинальное напряжение, $U_n$ , В	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Коэффициент спроса, $K_c$
		одного потребителя	установленная			
Грунтовый Насос 8ГР-8	5	132	660	380	0,8	0,75
Насос 8ГР-8	7	125	875	380	0,8	0,75
Насос ПНВГ-3	1	14	14	380	0,8	0,75
Маслонасос	3	7,5	22,5	380	0,75	0,65
Насос густой смазки	2	1,5	3	380	0,75	0,64
Вентилятор	3	1,5	4,5	380	0,8	0,8
Освещение	10	0,5	5	250	1,0	0,9

Определяем активную расчетную максимальную нагрузку:

$$P_M = P_y \times K_c, \quad (1)$$

где  $P_M$  – максимальная активная нагрузка, кВт;

$P_y$  – номинальная установочная мощность потребителя, кВт;

$K_c$  – коэффициент спроса.

Рассчитаем активную максимальную нагрузку насосов 8ГР – 8 номинальной мощности 132 кВт

$$P_{MН1} = 660 \times 0,75 = 495 \text{ кВт.}$$

Рассчитаем активную максимальную нагрузку насосов 8ГР-8 номинальной мощностью 125 кВт

$$P_{MН2} = 875 \times 0,75 = 656,25 \text{ кВт.}$$

Рассчитаем активную максимальную нагрузку насоса ПНВГ - 3

$$P_{MН3} = 14 \times 0,75 = 10,5 \text{ кВт.}$$

Рассчитаем активную максимальную нагрузку маслонасосов

$$P_{M.M/H} = 27,5 \times 0,65 = 14,625 \text{ кВт.}$$

Рассчитаем активную максимальную нагрузку насосов густой смазки

$$P_{M.нас} = 3 \times 0,65 = 1,95 \text{ кВт.}$$

Рассчитаем активную максимальную нагрузку вентиляторов

$$P_{\text{м.вент}} = 4,5 \times 0,8 = 3,6 \text{ кВт.}$$

Рассчитаем активную максимальную нагрузку освещения

$$P_{\text{м.осв}} = 5 \times 0,9 = 4,5 \text{ кВт.}$$

Реактивную максимальную мощность потребителя определяем по формуле:

$$Q = P_{\text{м}} \times \text{tg}\varphi, \quad (2)$$

где  $Q$  – реактивная мощность, кВт;

$P_{\text{м}}$  – активная максимальная мощность, кВт;

$\text{tg}\varphi$  – тангенс угла сдвига фаз, определяемый по коэффициенту мощности.

Найдем тангенс угла сдвига фаз по формуле через коэффициент мощности:

$$\text{tg}\varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} / \cos\varphi. \quad (3)$$

Рассчитаем  $\text{tg}\varphi$  при  $\cos\varphi = 0,75$

$$\text{tg}\varphi = \sqrt{1 - 0,75^2} / 0,75 = 0,88.$$

Рассчитаем  $\text{tg}\varphi$  при  $\cos\varphi = 0,8$

$$\text{tg}\varphi = \sqrt{1 - 0,8^2} / 0,8 = 0,75.$$

Рассчитаем реактивную максимальную мощность насосов 8ГР-8 номинальной мощностью 132 кВт:

$$Q_{\text{н1}} = 495 \times 0,75 = 371,25 \text{ кВАр.}$$

Рассчитаем реактивную максимальную мощность насосов 8ГР-8 номинальной мощностью 125 кВт:

$$Q_{\text{н2}} = 656,255 \times 0,75 = 492,2 \text{ кВАр.}$$

Рассчитаем реактивную максимальную мощность насосов ПНВГ-3:

$$Q_{\text{н3}} = 10,5 \times 0,75 = 7,9 \text{ кВАр.}$$

Рассчитаем реактивную максимальную мощность маслоснасосов:

$$Q_{\text{м}} = 14,625 \times 0,88 = 12,87 \text{ кВАр.}$$

Рассчитаем реактивную максимальную мощность насосов густой смазки:

$$Q_{\text{н}} = 1,965 \times 0,88 = 1,7 \text{ кВАр.}$$

Рассчитаем реактивную максимальную мощность вентиляторов:

$$Q_B = 3,6 \times 0,75 = 2,7 \text{ кВАр.}$$

Полная расчетная максимальная мощность насосного отделения определяется суммированием расчетных нагрузок отдельных групп приемников [8]

$$S = \sqrt{(\sum P)^2 + (\sum Q)^2}, \quad (4)$$

где  $S$  – полная расчетная максимальная мощность, кВ×А;

$\sum P$  – сумма расчетных активных нагрузок отдельных групп приемников, определяемых по формуле 1;

$\sum Q$  – сумма расчетных реактивных нагрузок отдельных групп приемников, определяемых по формуле 1.

Рассчитаем полную максимальную мощность:

$$S_p = \sqrt{(1186,425)^2 + (888,62)^2} = 1482,3 \text{ кВА.}$$

Максимальный ток нагрузки определяется по формуле [8]

$$I_p = S / (\sqrt{3} \times U_{\text{ном}}), \quad (5)$$

где  $I_p$  – максимальный ток нагрузки, А;

$S$  – полная максимальная мощность нагрузки, кВА;

$U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение потребляемое из сети, кВ.

Рассчитаем максимальный ток нагрузки:

$$I_p = 1482,3 / (\sqrt{3} \times 0,38) = 2294,6 \text{ А.}$$

#### 1.4. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов

Число трансформаторов выбирается, исходя из условий обеспечения требуемой надежности электроснабжения потребителей и экономической целесообразности.

Однотрансформаторные подстанции следует применять при питании нагрузок, допускающих перерыв электроснабжения на время доставки «складского» резерва. Двухтрансформаторные подстанции применяются при преобладании приемников, относящихся к первой и второй категориям.

Экономически целесообразным оказывается, как правило, вариант с установкой двух трансформаторов одинаковой мощности.

Исходя из того, что насосное отделение относится к потребителям первой и второй категориям, выбираем двухтрансформаторную подстанцию.

При двухтрансформаторной подстанции мощность каждого трансформатора выбирается с таким расчетом, чтобы при выходе из строя одного трансформатора оставшийся в работе трансформатор мог нести всю нагрузку потребителей первой и второй категории (с учетом допустимых нормальных и аварийных нагрузок); при этом потребители третьей категории могут временно отключаться. Для этого номинальная мощность трансформаторов двухтрансформаторной подстанции принимается равной 70% от общей расчетной нагрузки цеха. Тогда при выходе из строя одного из трансформаторов второй на время ликвидации аварии оказывается загруженным не более чем на 140%, что допустимо в аварийных условиях.

Расчет требуемой мощности трансформатора осуществляется по формуле:

$$S_{\text{тр}} = S / (n \times K_3), \quad (6)$$

где  $S$  – полная расчетная максимальная мощность,  $\text{kB} \times \text{A}$ ;

$n=2$  – число трансформаторов;

$K_3=0,75$ – коэффициент загрузки трансформатора.

Рассчитаем требуемую мощность трансформатора

$$S_{\text{тр}} = 1482,3 / (2 \times 0,75) = 988,2 \text{ кВА.}$$

Выбираем рациональную мощность трансформатора и проводим технико-экономический расчет вариантов мощности.

Определяем стоимость трансформаторов:

$$S_{\text{НОМ1}}=630 \text{ кВА: } K_1=239,8 \text{ тыс.руб.};$$

$$S_{\text{НОМ2}}=1000 \text{ кВА: } K_2=382,8 \text{ тыс.руб.};$$

$$S_{\text{НОМ3}}=1600 \text{ кВА: } K_3=672,2 \text{ тыс.руб.}$$

Определяем сечение и марку кабельной линии

$$U=6 \text{ кВ.}$$

Ток кабельной линии:

$$I_p = S_p / (\sqrt{3} \times U_{\text{ном}}), \quad (7)$$

где  $I_p$  – максимальный ток нагрузки, А;

$S$  – полная максимальная мощность нагрузки, кВА;

$U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение потребляемое из сети, кВ.

Рассчитаем максимальный ток нагрузки:

$$I_p = 1482,3 / (\sqrt{3} \cdot 6) = 145,3 \text{ А.}$$

Определяем экономическую плотность тока по [8]

$$J_{\text{эк}} = 1,6 \text{ А/мм}^2 \text{ (для кабеля } T_{\text{max}} = 5240 \text{ ч.)}$$

Определяем экономическое сечение кабеля:

$$S_{\text{эк}} = I_p / J_{\text{эк}} = 145,3 / 1,6 = 90,8 \text{ мм}^2.$$

По [8] стандартное сечение:

$$\text{АВПГ } S = 95 \text{ мм}^2, I = 225 \text{ А}, R_{\text{каб}} = 0,334 \text{ Ом/км.}$$

Определяем потери активной энергии в кабельной линии:

$$\Delta W_{\text{кл}} = \frac{\left( \frac{S_p \times 10^3}{2} \right)^2 \times R_{\text{каб}} \times L \times \tau_{\text{max}} \times 10^{-3}}{U^2}, \quad (8)$$

где  $S$  – полная максимальная мощность нагрузки, кВА;

$R_{\text{каб}} = 0,334$  – сопротивление кабеля, Ом/км;

$\tau_{\text{max}} = 3600$  – время использования максимальных потерь, ч;

$U$  – номинальное напряжение потребляемое из сети, кВ;

$L$  – длина кабельной линии, км.

$$\Delta W_{\text{кл}} = \frac{\left( \frac{1,4823 \times 10^3}{2} \right)^2 \times 0,334 \times 0,120 \times 3600 \times 10^{-3}}{6^2} = 2201,6 \text{ кВт ч.}$$

Определяем потери активной мощности в трансформаторах:

$$\Delta W_{\text{ат1}} = \Delta P_0 \times T_{\text{вк}} + \left( \frac{S_p}{S_{\text{HT}} \times n} \right)^2 \times \Delta P_{\text{к}} \times \tau_{\text{max}}, \quad (9)$$

где  $\Delta P_0$  – потери х.х., Вт;

$T_{\text{вк}} = 8760$  – время включения трансформаторов в году, ч;



$S_p$  – полная максимальная мощность нагрузки, кВА;

$S_{nm}$  – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$\Delta P_k$  – потери к.з., Вт;

$\tau_{max}=3600$  – время использования максимальных потерь, ч.

$\Delta P_{01}=1,7$  кВт;  $\Delta P_{02}=2,45$  кВт;  $\Delta P_{03}=3,3$  кВт;

$\Delta P_{к1}=7,6$  кВт;  $\Delta P_{к2}=12,2$  кВт;  $\Delta P_{к3}=18$  кВт;

$$\Delta W_{ат1}=1,7 \times 8760 + \left( \frac{1482,3}{630 \times 2} \right)^2 \times 7,6 \times 3600 = 52,8 \text{ кВт ч};$$

$\Delta W_{ат2}=45,6$  кВт ч,  $\Delta W_{ат3}=42,8$  кВт ч.

Суммарные потери активной электроэнергии:

$$\Delta W_{a1} = \Delta W_{кл} + \Delta W_{ат1} = 2201,6 + 52,8 = 2254,4 \text{ кВт ч};$$

$$\Delta W_{a2} = \Delta W_{кл} + \Delta W_{ат2} = 2201,6 + 45,6 = 2247,2 \text{ кВт ч};$$

$$\Delta W_{a3} = \Delta W_{кл} + \Delta W_{ат3} = 2201,6 + 42,8 = 2244,4 \text{ кВт ч}.$$

Стоимость потерь:

$$И_1 = C_0 \times \Delta W_{a1} = 2,60 \times 2254,4 = 5861,4 \text{ руб.};$$

$$И_2 = C_0 \times \Delta W_{a2} = 2,60 \times 2247,2 = 5842,7 \text{ руб.};$$

$$И_3 = C_0 \times \Delta W_{a3} = 2,60 \times 2244,4 = 5835,4 \text{ руб.}$$

где  $C_0 = 2,60$  руб/кВт ч. – стоимость одного киловатт-часа.

Стоимость амортизационных отчислений:

$$И_{a1} = \frac{\alpha_a \times И_1}{100} = \frac{6,3 \times 5861,4}{100} = 369,3 \text{ руб.};$$

$$И_{a2} = \frac{\alpha_a \times И_2}{100} = \frac{6,3 \times 5842,7}{100} = 368,1 \text{ руб.};$$

$$И_{a3} = \frac{\alpha_a \times И_3}{100} = \frac{6,3 \times 5835,4}{100} = 367,6 \text{ руб.},$$

где  $\alpha_a = 6,3\%$  – отчисления на амортизацию.

Стоимость суммарных эксплуатационных расходов:

$$И_{11} = И_1 + И_{a1} = 5861,4 + 369,3 = 6230,7 \text{ руб.};$$

$$И_{12} = И_2 + И_{a2} = 5842,7 + 368,1 = 6210,8 \text{ руб.};$$

$$И_{13} = И_3 + И_{a3} = 5835,4 + 367,6 = 6203 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты:

$$Z_1 = E_n \times K_{11} + I_{11} = 0,12 \times 515800 + 6230,7 = 68126,7 \text{ руб.};$$

$$Z_2 = E_n \times K_{12} + I_{12} = 0,12 \times 658800 + 6210,8 = 85266,8 \text{ руб.};$$

$$Z_3 = E_n \times K_{13} + I_{13} = 0,12 \times 948200 + 6203 = 119987 \text{ руб.},$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент капитальных вложений ( $E_n=0,12$ );

$K_1$  – капитальные вложения.

$$K_{11} = K_1 + K_{кл} \times L = 239,8 + 2,3 \times 120 = 515,8 \text{ тыс.руб.};$$

$$K_{12} = K_2 + K_{кл} \times L = 382,8 + 2,3 \times 120 = 658,8 \text{ тыс.руб.};$$

$$K_{13} = K_3 + K_{кл} \times L = 672,2 + 2,3 \times 120 = 948,2 \text{ тыс.руб.},$$

где  $K_{кл}$  – стоимость кабельной линии, тыс./м.

Строим функцию  $Z = f(U)$  по методике Лагранжа (рисунок 2).

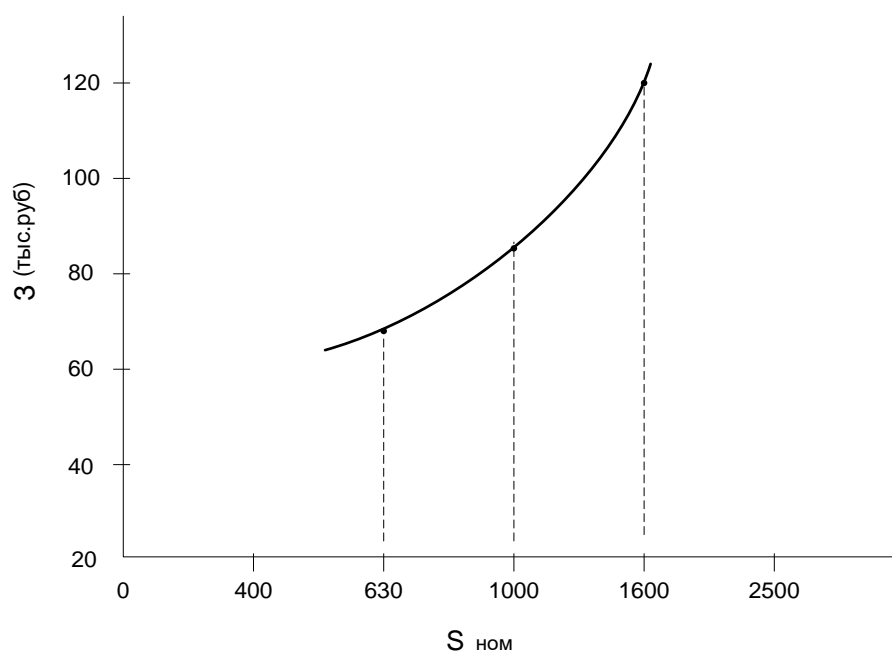


Рисунок 2 – Функция  $Z = f(U)$

Определяем рациональную мощность  $S_{рац} = \frac{\beta}{\alpha}$ .

$$X_1 = 630 \text{ КВА}; X_2 = 1000 \text{ КВА}; X_3 = 1600 \text{ кВА};$$

$$Y_1 = 68,1 \text{ тыс.руб.};$$

$$Y_2 = 85,2 \text{ тыс. руб.};$$

$Y_3=119,9$  тыс. руб.;

$$\beta = \frac{y_1(x_2 + x_3)}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)} + \frac{y_2(x_1 + x_3)}{(x_2 - x_1)(x_2 - x_3)} + \frac{y_3(x_1 + x_2)}{(x_3 - x_1)(x_3 - x_2)};$$

$$\alpha = 2 \left[ \frac{y_1}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)} + \frac{y_2}{(x_2 - x_1)(x_2 - x_3)} + \frac{y_3}{(x_3 - x_1)(x_3 - x_2)} \right];$$

$$\beta = -0,027; \alpha = -0,00004;$$

$$S_{\text{ном.рац}} = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{-0,027}{-0,00004} = 675 \text{ кВА.}$$

Определяем приведенные затраты, соответствующие нестандартной мощности  $S_{\text{рац}}$ .

Для этого решаем квадратное уравнение.

$$Z = a \times S^2 + b \times S + c.$$

Запишем систему уравнений

$$\begin{cases} 68,1 = a \times 630^2 + b \times 630 + c \\ 85,2 = a \times 1000^2 + b \times 1000 + c \\ 119,9 = a \times 1600^2 + b \times 1600 + c \end{cases}$$

Решаем систему в MathCAD через матрицы

$$M = \begin{vmatrix} 630^2 & 630 & 1 \\ 1000^2 & 1000 & 1 \\ 1600^2 & 1600 & 1 \end{vmatrix}, \quad V = \begin{vmatrix} 68,1 \\ 85,2 \\ 119,9 \end{vmatrix}, \quad \text{soln} = M \times V = \begin{vmatrix} 0,000019 \\ 0,027 \\ 43,8 \end{vmatrix}.$$

Вектор soln и есть коэффициент a,b,c уравнения.

При  $S_{\text{рац}} = 675$  кВА ежегодные приведенные затраты составляют:

$$Z = a \times S^2 + b \times S + c = 0,000019 \times 675^2 + 0,027 \times 675 + 43,8 = 70,7 \text{ тыс. руб.}$$

Выбираем рациональную мощность трансформатора с помощью метода срока окупаемости:

$$T_{ок1} = \frac{K_2 - K_1}{(I_1 - I_2) \times 8640} = \frac{382800 - 239800}{(5861,4 - 5842,7) \times 8640} = 0,88 \text{ лет};$$

$$T_{ок2} = \frac{K_3 - K_2}{(I_2 - I_3) \times 8640} = \frac{672200 - 382800}{(5842,7 - 5835,4) \times 8640} = 4,58 \text{ лет};$$

$$T_{ок3} = \frac{K_3 - K_1}{(I_1 - I_3) \times 8640} = \frac{672200 - 239800}{(5861,4 - 5835,4) \times 8640} = 1,92 \text{ лет.}$$

На основании расчетов двумя методами (Лагранжа и срока окупаемости) получаем рациональную мощность трансформатора 1000 кВА.

Из справочника [14] выбираем тип трансформатора, который удовлетворяет требуемой мощности.

Принимаем к установке на подстанции два трансформатора типа ТМЗ-1000 номинальной мощностью 1000 кВА.

Технические данные этого трансформатора указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Технические данные трансформатора ТМЗ-1000

Тип	Номинальная мощность, кВА	Номинальное напряжение обмоток, кВ		Потери, Вт		Напряжение КЗ, %	Ток ХХ, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТМЗ 1000/6	1000	6	0,4	1900	10800	5,5	1,2

Проверяем установленную мощность трансформаторов в аварийном режиме с допустимой нагрузкой равной 140%:

$$1,4 S_{нт} \geq S_p \times 0,75,$$

где  $S_p$  – полная максимальная мощность нагрузки, кВА;

$S_{нт}$  – номинальная мощность трансформатора, кВА.

Производим проверку

$$1,4 \times 1000 \geq 1482,3 \times 0,75;$$

$$1400 \geq 1111,7.$$

Проверка удовлетворяет требованиям, следовательно, выбранное число и мощность трансформаторов (2×1000 кВА) обеспечивают электроснабжение насосного отделения, как в нормальном, так и в аварийном режимах.

### 1.5. Расчет токов короткого замыкания

Одной из причин нарушения нормального режима работы системы электроснабжения является возникновение коротких замыканий (КЗ) в сети или элементах электрооборудования. Для быстрого восстановления нормального

режима системы необходимо обеспечить быстрое отключение токов КЗ, для чего нужно правильно определить величины токов КЗ и по ним выбирать электрооборудование, защитную аппаратуру и средства ограничения токов КЗ.

Токи КЗ в сети до 1000В следует определять с учетом активных и индуктивных сопротивлений элементов цепи короткого замыкания.

При расчете токов КЗ вначале необходимо составить расчетную схему с нанесением расчетных точек КЗ, затем составляется схема замещения для выбранных точек КЗ и производится расчет.

Составление расчетной схемы расчета токов короткого замыкания (рисунок 3) для линии ЩСУ-15- насос 8ГР-8. Производим расчет токов КЗ для самого удаленного потребителя, питающегося от ЩСУ-15, насоса 8ГР-8 (длина кабеля от ЩСУ-15 равна 120м).

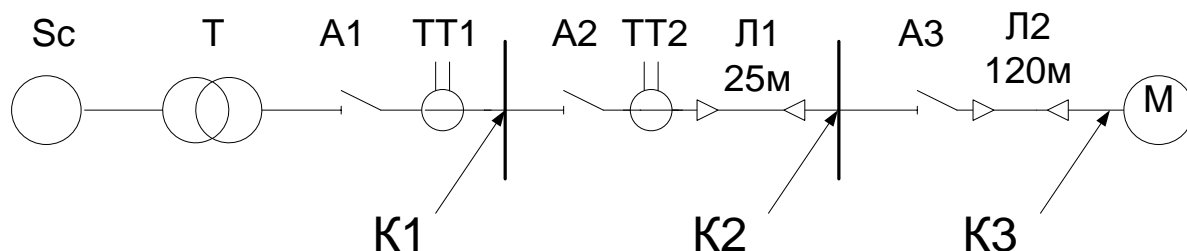


Рисунок 3 – Расчетная схема токов КЗ:  
K1, K2, K3 – расчетные точки

Для выбранных точек КЗ составляем схему замещения (рисунок 4).

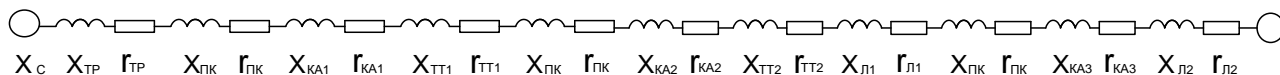


Рисунок 4 – Схема замещения к расчету токов КЗ

При расчетах токов КЗ, если необходимо, чтобы выбранные аппараты соответствовали своему назначению при любом развитии энергосистемы,

суммарное сопротивление системы до трансформатора принимают равным нулю  $X_c=0$ .

При расчетах токов КЗ удобно подсчитывать сопротивления элементов электроснабжения в миллиомах.

Рассчитаем активное относительное сопротивление трансформатора по формуле [19] стр.55:

$$r_{\text{тр}0} = \frac{\Delta P_{\text{к}}}{S_{\text{ном.т}}}, \quad (10)$$

где  $\Delta P_{\text{к}} = 10,8$  кВт – потери КЗ в трансформаторе;

$S_{\text{ном.т}}$  – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$S_{\text{ном.т}} = 1000$  кВА.

Производим расчет активного относительного сопротивления трансформатора

$$r_{\text{тр}0} = \frac{10,8}{1000} = 0,0108.$$

Расчет индуктивного относительного сопротивления трансформатора производим по формуле [19]

$$x_{\text{тр}0} = \sqrt{(U_{\text{к}} \% / 100)^2 - r_{\text{тр}0}^2}, \quad (11)$$

где  $U_{\text{к}} \% = 5,5\%$  – напряжение КЗ;

$r_{\text{тр}0}$  – активное относительное сопротивление трансформатора.

$$x_{\text{тр}0} = \sqrt{(5,5/100)^2 - 0,0108^2} = 0,0539.$$

Находим абсолютное значение активного сопротивления трансформатора:

$$r_{\text{тр}} = r_{\text{тр}0} \times U_{\text{ном}}^2 / S_{\text{ном}}, \quad (12)$$

где  $r_{\text{тр}0}$  – активное относительное сопротивление трансформатора;

$U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение элемента, В;

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

$$r_{\text{тр}} = 0,0108 \times 400^2 / 1000 = 1,728 \text{ мОм}.$$

Находим абсолютное значение реактивного сопротивления трансформатора:

$$x_{\text{тр}} = x_{\text{тр}0} \times U_{\text{ном}}^2 / S_{\text{ном}}, \quad (13)$$

где  $x_{\text{тр}}$  – индуктивное относительное сопротивление трансформатора;

$U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение элемента, В;

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

$$x_{\text{тр}} = 0,0539 \times 400^2 / 1000 = 8,624 \text{ мОм.}$$

Рассчитываем активное и реактивное сопротивления для кабельных линий

Л1 иЛ2:

$$r_{\text{л}} = r_0 \times L; \quad (14)$$

$$x_{\text{л}} = x_0 \times L, \quad (15)$$

где  $r_{\text{л}}$  – активное сопротивление линии;

$$r_0 = 1,33;$$

$x_{\text{л}}$  – реактивное сопротивление линии;

$$x_0 = 0,07;$$

$L$  – длина линии, м.

$$r_{\text{л}1} = 1,33 \times 25 = 33,25 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{л}1} = 0,07 \times 25 = 1,75 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{л}2} = 1,33 \times 120 = 159,6 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{л}2} = 0,07 \times 120 = 8,4 \text{ мОм.}$$

Сопротивление катушек автоматов А1, А2, А3:

$$r_{\text{ка}1} = r_{\text{ка}2} = r_{\text{ка}3} = 0,12 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{ка}1} = x_{\text{ка}2} = x_{\text{ка}3} = 0,084 \text{ мОм.}$$

Переходное сопротивление контактов:

$$r_{\text{пк}} = 0,25 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{пк}} = 0 \text{ мОм.}$$

Сопротивление трансформаторов тока ТТ1, ТТ2:

$$r_{\text{т}1} = r_{\text{т}2} = 0,02 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{т}1} = x_{\text{т}2} = 0,02 \text{ мОм.}$$

Расчет токов КЗ для точки К1.

Суммарное значение активного сопротивления:

$$\Sigma r = r_{\text{тр}} + r_{\text{пк}} + r_{\text{ка}1} + r_{\text{т}1} = 1,728 + 0,25 + 0,12 + 0,02 = 2,118 \text{ мОм.}$$

Суммарное значение реактивного сопротивления:

$$\Sigma x = x_{тр} + x_{пк} + x_{ка1} + x_{тт1} = 8,624 + 0 + 0,084 + 0,02 = 8,728 \text{ мОм.}$$

Находим полное сопротивление цепи КЗ:

$$Z = \sqrt{(\Sigma r^2 + \Sigma x^2)}, \quad (16)$$

где  $Z$  – полное сопротивление цепи, мОм;

$\Sigma r$  – суммарное значение активного сопротивления, мОм;

$\Sigma x$  – суммарное значение реактивного сопротивления, мОм.

Рассчитываем полное сопротивление цепи

$$Z = \sqrt{(2,118^2 + 8,728^2)} = 8,98 \text{ мОм.}$$

Находим установившийся ток КЗ цепи:

$$I_{кз} = U / (\sqrt{3} \times Z), \quad (17)$$

где  $I_{кз}$  – установившийся ток КЗ, кА;

$U$  – номинальное напряжение сети, В;

$Z$  – полное сопротивление цепи, мОм.

$$I_{кз} = 400 / (\sqrt{3} \times 8,98) = 25,7 \text{ кА.}$$

Ударный ток КЗ цепи находится по [19]:

$$i_{уд} = K_y \times \sqrt{2} \times I_{кз}, \quad (18)$$

где  $i_{уд}$  – ударный ток КЗ, кА;

$K_y$  – коэффициент ударного тока;

$I_{кз}$  – установившийся ток КЗ, кА;

$K_y = 1,03$  – находится по [14] при  $\Sigma x / \Sigma r = 4,12$ .

$$i_{уд} = 1,03 \times \sqrt{2} \times 25,7 = 37 \text{ кА.}$$

Расчет токов КЗ для точки К2.

Суммарное значение активного сопротивления:

$$\Sigma r = r_{тр} + r_{пк} + r_{ка1} + r_{тт1} + r_{пк} + r_{ка2} + r_{тт2} + r_{л1} = 1,728 + 0,25 + 0,12 + 0,02 + 0,25 + 0,12 + 0,02 + 33,25 = 35,758 \text{ мОм.}$$

Суммарное значение реактивного сопротивления:

$$\Sigma x = x_{тр} + x_{пк} + x_{ка1} + x_{тт1} + 0 + x_{ка2} + x_{тт2} + x_{л1} = 8,624 + 0 + 0,084 + 0,02 + 0 + 0,084 + 0,02 + 1,75 = 10,58$$

мОм.

Рассчитываем полное сопротивление цепи КЗ:



$$Z = \sqrt{(35,758^2 + 10,58^2)} = 37,29 \text{ мОм.}$$

Рассчитываем установившийся ток КЗ:

$$I_{кз} = 400 / (\sqrt{3} \times 37,29) = 6,3 \text{ кА.}$$

Ударный ток КЗ цепи находится по [19]

$$i_{уд} = 1,03 \times \sqrt{2} \times 6,3 = 9,2 \text{ кА.}$$

Расчет токов КЗ для точки КЗ.

Суммарное значение активного сопротивления:

$$\Sigma r = r_{тр} + r_{пк} + r_{ка1} + r_{т1} + r_{пк} + r_{ка2} + r_{т2} + r_{л1} + r_{пк} + r_{ка3} + r_{л2} = 1,73 + 0,25 + 0,12 + 0,02 + 0,25 + 0,12 + 0,02 + 33,25 + 0,25 + 0,12 + 159,6 = 195,7 \text{ мОм.}$$

Суммарное значение реактивного сопротивления:

$$\Sigma x = x_{тр} + x_{пк} + x_{ка1} + x_{т1} + 0 + x_{ка2} + x_{т2} + x_{л1} + 0 + x_{ка3} + x_{л2} = 8,624 + 0 + 0,084 + 0,02 + 0 + 0,084 + 0,02 + 1,75 + 0 + 0,084 + 8,4 = 19,064 \text{ мОм.}$$

Рассчитываем полное сопротивление цепи КЗ:

$$Z = \sqrt{(35,758^2 + 10,58^2)} = 196,6 \text{ мОм.}$$

Рассчитываем установившийся ток КЗ:

$$I_{кз} = 400 / (\sqrt{3} \times 196,6) = 1,196 \text{ кА.}$$

Ударный ток КЗ цепи находится по [19]

$$i_{уд} = 1,03 \times \sqrt{2} \times 1,196 = 1,74 \text{ кА.}$$

Произведенные расчеты заносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Итоговая таблица расчетов по выбранным точкам КЗ

Номер точки	$\Sigma x$ , мОм	$\Sigma r$ , мОм	Z, мОм	$I_{кз}$ , кА	$i_{уд}$ , кА
К1	8,728	2,118	8,98	25,7	37
К2	10,58	35,758	37,29	6,3	9,2
К3	19,064	195,7	196,6	1,196	1,74

## 1.6. Выбор электрооборудования

Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока предназначены для разделения цепей высшего напряжения и цепей измерения, защит и автоматики что обеспечивает безопасность обслуживающего персонала, позволяет унифицировать конструкцию измерительных приборов и реле.

Измерительные трансформаторы тока выбирают:

- по номинальному напряжению. Номинальный ток должен быть как можно ближе к рабочему току установки, так как недогрузка первичной обмотки приводит к увеличению погрешностей

$$U_{\text{раб.ном}} \leq U_{\text{ном}} ;$$

- по первичному току

$$I_{\text{раб.ном}} \leq I_{\text{I.ном}} ;$$

- по электродинамической стойкости

$$i_{\text{уд}} \leq k_{\text{эд}} \sqrt{2} I_{\text{I.ном}} ,$$

где  $i_{\text{уд}}$  - ударный ток КЗ по расчету;

$k_{\text{эд}}$  - кратность электродинамической стойкости по каталогу;

$I_{\text{I.ном}}$  - номинальный первичный ток трансформатора тока;

- по термической стойкости

$$W_{\text{к.расч}} \leq (k_{\text{т}} \cdot I_{\text{I.ном}})^2 t_{\text{т}} ,$$

где  $W_{\text{к.расч}}$  - тепловой импульс по расчету;

$k_{\text{т}}$  - кратность термической стойкости по каталогу;

$I_{\text{I.ном}}$  - номинальный первичный ток трансформатора тока;

$t_{\text{т}}$  – время термической стойкости.

Каталожные и расчетные значения трансформатора тока приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Выбор трансформатора тока

Условия выбора	ТОЛ6	
	Каталожные значения	Расчетные значения
$U_{\text{раб.ном}} \leq U_{\text{ном}} , \text{кВ}$	6	6

$I_{\text{раб.ном}} \leq I_{1.\text{ном}}, \text{ кА}$	0,2	0,145
$i_{\text{уд}} \leq k_{\text{эд}} \sqrt{2} I_{1.\text{ном}}, \text{ кА}$	0.28	0,21
$B_{\text{к.расч}} \leq (k_m \cdot I_{1.\text{ном}})^2 t_m \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	48	11,77

### Выбор автоматических воздушных выключателей

Выключатели предназначены для включения и отключения электрических цепей под нагрузкой и при коротком замыкании. Выключатель один из самых сложных и ответственных аппаратов, в сильной степени влияющий на надежность работы электрической системы.

Выбираем выключатель для каждого потребителя. Исходные данные приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Исходные данные

Наименование потребителей	Параметры потребителя			
	КПД, $\eta$	Номинальная мощность, $P_n$ , кВт	Номинальное напряжение, $U_n$ , В	Коэффициент мощности, $\cos \varphi$
Грунтовый насос 8ГР-8	0,85	132	380	0,8
Насос 8ГР-8	0,85	125	380	0,8
Насос ПНВГ-3	0,68	14	380	0,8
Маслонасос	0,85	7,5	380	0,75
Насос густой смазки	0,8	1,5	380	0,75
Вентилятор	0,85	1,5	380	0,8

Определяем номинальный ток для каждого потребителя:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \times U_{\text{НОМ}} \times \cos \varphi \times \eta}. \quad (19)$$

Определяем пусковой ток:

$$I_{\text{ПУСК}} = \kappa_{\text{П}} \times I_{\text{НОМ}}. \quad (20)$$

Рассчитываем ток максимального расцепителя:

$$I_{\text{МАКС.РАСЦ}} \geq 1,2 \times I_{\text{ПУСК}}. \quad (21)$$

Рассчитываем ток теплового расцепителя:

$$I_{\text{ТЕП.РАСЦ}} \geq 1,15 \times I_{\text{НОМ}}. \quad (22)$$

В таблицу 6 сведены итоговые данные по выбору выключателей.

Таблица 6 – Итоговые данные по выбору выключателей

Наименование потребителей	Параметры потребителя					
	Номинальный ток, $I_{ном}$ , А	Пусковой ток, $I_{пуск}$ , А	$I_{макс.расц}$	$I_{теп.расц}$	Тип выключателя	Номинальный ток, $I_{ном}$ , А
Грунтовый насос 8ГР-8	300	1500	1800	345	А3730Б	400
Насос 8ГР-8	284	1420	1704	326,6	А3730Б	400
Насос ПНВГ-3	40	200	240	46	А3710Б	40
Маслонасос	18,3	91,5	109,8	21	АЕ2000	25
Насос густой смазки	3,8	19	22,8	4,4	АЕ2000	25
Вентилятор	3,4	17	20,4	3,9	АЕ2000	25

### 1.7. Выбор распределительного устройства вторичного напряжения

Электроснабжение современных обогатительных фабрик базируется в основном на применении комплектных трансформаторных подстанций (КТП).

Для электроснабжения насосного отделения применяем КТП напряжением 6/0,4 кВ. Такая подстанция устанавливается в цехе в непосредственной близости от потребителей, что значительно упрощает и удешевляет распределительную сеть, идущую к токоприемникам.

КТП состоит из трех основных элементов:

- вводного устройства (6 кВ);
- силового трансформатора;
- распределительного устройства (0,4 кВ).

Поставляются они в виде отдельных блоков из указанных элементов, собираемых на месте монтажа.

Компоновка комплектной трансформаторной подстанции мощностью 1000 кВА представлена на рисунке 5.

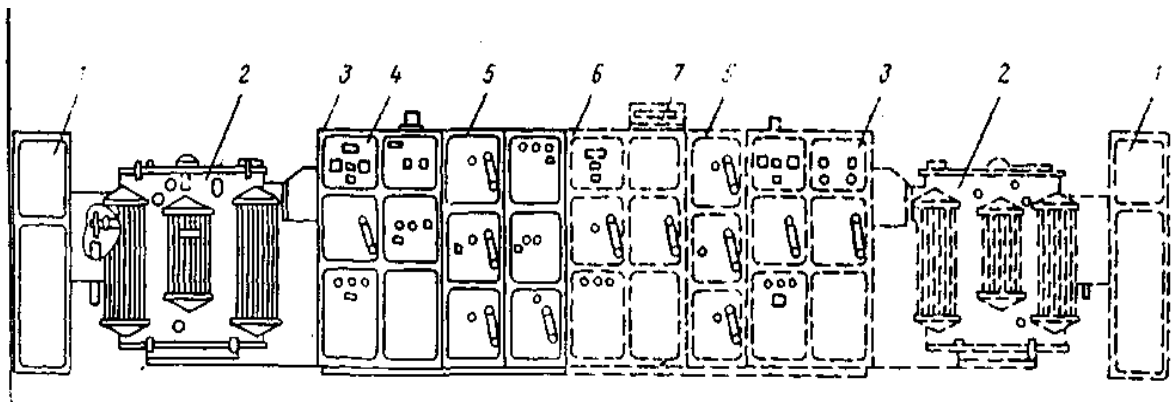


Рисунок 5 – Компоновка КТП мощностью 1000кВА:

1 – шкаф ввода высшего напряжения; 2 – силовой трансформатор; 3 – шкаф ввода низшего напряжения; 4 – отсек приборов; 5 – шкаф отходящих линий низшего напряжения; 6 – секционный шкаф низшего напряжения; 7 – шинный кораб

Комплектные распределительные устройства предназначены для приема и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока промышленной частоты. КРУ представляет собой распределительное устройство, состоящее из набора типовых шкафов в металлической оболочке, поставляемых заводом блоками из нескольких шкафов или отдельными шкафами в полностью смонтированном виде, со всей аппаратурой и всеми соединениями главных и вспомогательных цепей.

Более выгодно применять КРУ выдвигного типа. В КРУ автоматические воздушные выключатели серии АВМ-20св, АВ-10св, АВ-4св устанавливаются на выкатной тележке шкафа. Преимущества такой конструкции – взаимозаменяемость однотипных выкатных тележек и наличие металлических перегородок между отдельными отсеками шкафа. В шкафы КРУ могут быть встроены выключатели, трансформаторы тока и напряжения, разрядники, кабельные сборки, предохранители, шинные перемычки.

На низшем напряжении автоматические воздушные выключатели служат для подключения секций сборных шин к трансформаторам (АВМ-20св), соединения секций между собой (АВМ-20св) и для подключения электроприемников через шкаф отходящих линий (АВ-10св и АВ-4св)

## 1.8. Релейная защита трансформатора на подстанции

Релейной защитой силового трансформатора называется специальное устройство, состоящее из реле и других аппаратов, которые обеспечивают автоматическое отключение поврежденного элемента электрической цепи, если данное повреждение представляет собой непосредственную опасность для этой цепи, или приводить в действие сигнальные устройства.

Релейная защита должна удовлетворять следующим требованиям:

- релейная защита должна быть селективной, т.е. отключать только повреждённый участок электрической цепи;
- релейная защита должна иметь минимально возможное время срабатывания;
- релейная защита должна быть достаточно чувствительной ко всем видам повреждений и ненормальным режимам работы на защищаемом участке электрической цепи;
- релейная защита должна быть надёжной.

Защита силовых трансформаторов ТП.

К повреждениям трансформатора относятся:

- междуфазное короткое замыкание на выводах и в обмотке (последние возникают гораздо реже, чем первые);
- однофазные короткие замыкания (на землю и между витками обмотки, т.е. межвитковые замыкания);
- «пожар стали сердечника».

К ненормальным режимам работы относятся:

- перегрузки, вызванные отключением, например, одного из работающих трансформаторов;
- возникновение токов при внешних коротких замыканиях, представляющих опасность из-за их теплового действия на обмотки трансформатора;

- недопустимое понижение уровня масла, вызываемое значительным понижением температуры и другими причинами.

При выполнении защит трансформатора необходимо учитывать некоторые особенности их ненормальной работы:

- броски тока намагничивания при включении трансформатора под напряжение;
- влияние коэффициента трансформации и схем соединения обмоток трансформатора.

Так как ТП выполнена по упрощенной схеме присоединения к сети электроснабжения, то для отключения повреждений в понизительных трансформаторах применяются короткозамыкатели, автоматически включаемые при срабатывании защит трансформатора и вызывающие короткое замыкание на выводах высшего напряжения, которые ликвидируются защитами питающей подстанции, отключение коротко замыкателя осуществляется вручную.

Для защиты силовых трансформаторов ТП использую следующие виды защит:

- упрощенная продольная дифференциальная защита, выполненная на реле РНТ-565 от междуфазных коротких замыканий;
- максимальная токовая защита со стороны питания от внешних коротких замыканий с блокировкой по минимальному напряжению;
- максимальная токовая защита со стороны 6 кВ от перегрузок;
- газовая защита от витковых замыканий и других внутри баковых повреждений;
- токовая отсечка.

Расчет максимальной токовой защиты

Для надежности работы защиты и для повышения чувствительности со стороны питания применяем максимально токовую защиту с блокировкой по минимальному напряжению.

Обмотки реле напряжения присоединены к вторичной обмотке трансформатора напряжения. При нормальном режиме контакты реле разомкнуты, в случае понижения напряжения до напряжения срабатывания контакты реле замыкаются.

Благодаря указанной блокировке защита может действовать на отключение только при срабатывании реле напряжения. Благодаря этому защита не действует на включение короткозамыкателя, даже если токовые реле замкнут свои контакты вследствие перегрузки линии. При коротком замыкании напряжение сети понижается, и реле минимального напряжения срабатывают, разрешая действовать защите на отключение.

Контакты реле тока МТЗ защищаемого элемента в нормальном режиме работы разомкнуты. При увеличении тока в обмотке реле до определенного значения оно срабатывает и замыкает своими контактами цепь обмотки реле времени. Последнее приходит в действие и через установленную на нем выдержку времени замыкает контактами цепь включающей катушки привода короткозамыкателя (рисунок 6).

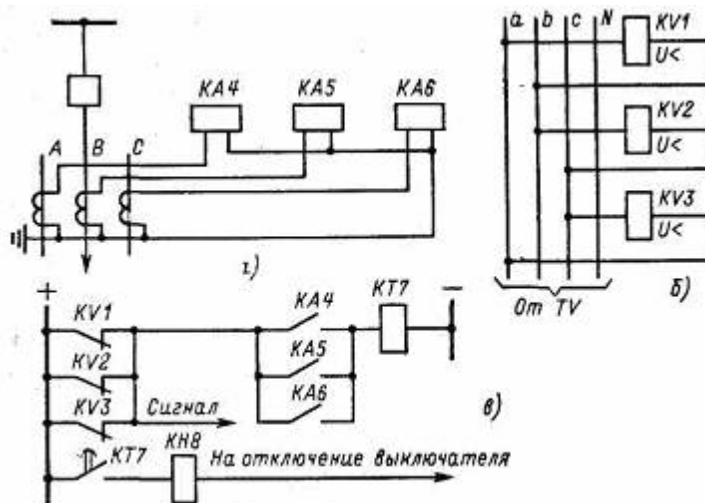


Рисунок 6 – Схема максимальной токовой защиты с блокировкой минимального напряжения:

а – цепи переменного тока, б – цепи переменного напряжения, в – цепи оперативного тока

Производим расчет максимальной токовой защиты



Находим расчетный ток:

$$I_{\text{расч}} = \alpha \times k_3 \times I_H + k_3 \times k_{\text{сзп}} \times I_H, \quad (23)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий бросок намагничивающего тока силового трансформатора, принимаем равным 1,35;

$k_3$  – коэффициент запаса учитывает возможную погрешность в величине тока возврата реле, принимаем равным 1,1-1,2;

$I_H$  – максимальный ток нагрузки;

$k_{\text{сзп}}$  – коэффициент самозапуска двигателей, 2 ÷ 3.

$$I_{\text{расч}} = 1,35 \times 1,1 \times 145,3 + 1,1 \times 2 \times 145,3 = 484,3 \text{ А.}$$

Находим ток срабатывания защиты:

$$I_{\text{с.з}} = \frac{k_H}{k_B} \times I_{\text{расч}}, \quad (24)$$

где  $k_H$  – коэффициент надёжности отстройки, принимаем равным 1,1-1,25;

$k_B$  – коэффициент возврата реле, 0,8 – 0,85.

$$I_{\text{с.з}} = \frac{1,1}{0,8} \times 484,3 = 665,9 \text{ А/}$$

Находим ток срабатывания реле:

$$I_{\text{ср.р}} = \frac{k_{\text{сх}}}{n_{\text{тр}}} \times I_{\text{сз}}, \quad (25)$$

где  $k_{\text{сх}}$  – коэффициент схемы включения реле, принимаем равным 1;

$n_{\text{тр}}$  – коэффициент трансформации трансформаторов тока, 30.

$$I_{\text{ср.р}} = \frac{1}{30} \times 665,9 = 22,2 \text{ А.}$$

Принимаем ток реле равным 20 А.

Выбираем реле тока РТ- 40

Определяем коэффициент чувствительности:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{сраб}} \cdot k_{\text{тт}}} > 1,5;$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{25700}{20 \cdot 30} = 42 > 1,5;$$

$$k_{ч.р} = 42 > k_{доп} = 1,5.$$

Следовательно защита будет чувствительной.

Расчет токовой отсечки

Отсечка является разновидностью токовой защиты, позволяющей обеспечить быстрое отключение КЗ.

Расчитываем ток срабатывания отсечки.

Номинальный ток трансформатора

$$I_H = S_{тр} / (\sqrt{3} \times U_{ном}) = 1000 / (\sqrt{3} \times 6) = 98 \text{ А.}$$

Отстройка от броска тока

$$I_{со.н} = (3 \div 5) \times I_H = 3 \times 98 = 294 \text{ А.}$$

Ток срабатывания защиты

$$I_{сз} = k_H \times I_{кз.мах} = 1.1 \times 393 = 432 \text{ А.}$$

Ток срабатывания реле

$$I_{ср.р} = \frac{k_{сх}}{n_{тр}} \times I_{сз} = \frac{1}{30} \times 432 = 14,4 \text{ А.}$$

Принимаем ток реле равным 14 А.

## 1.9. Автоматика электроснабжения

Применение устройств автоматизации, позволяет повышать надёжность работы систем электроснабжения, применять более простые схемы, улучшать качество электроэнергии и оперативность управления всеми звеньями системы электроснабжения.

Бесперебойность электроснабжения потребителей, в электрических системах обеспечивается не только устройствами релейной защиты, но и некоторыми системами противоаварийной автоматики.

При проектировании ТП для бесперебойного электроснабжения, применяем устройство автоматического включения резерва (АВР)

Устройство АВР должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Действовать во всех случаях исчезновения напряжения на шинах, в том числе и при коротких замыканиях т.к. эти короткие замыкания могут самоликвидироваться после снятия напряжения с шин.

2. Для предотвращения включения на повреждённый источник питания, последний должен быть отключен до включения резервного источника.

3. Для сокращения времени перерыва питания потребителей резервный источник питания, должен включаться немедленно после отключения рабочего источника.

4. Включение резервного источника должно быть однократным с тем, чтобы при включении на устойчивое короткое замыкание на шинах, резервный источник отключался релейной защитой без последующего включения.

5. Резервный источник должен включаться лишь в том случае, если сам этот источник готов принять на себя нагрузку; обычно условие готовности резервного источника контролируется наличием на нём напряжения.

Согласно ПУЭ устройство АВР для потребителей I категории является обязательным.

Работа схемы АВР на секционном выключателе с пружинным приводом приведена на рисунке 7.

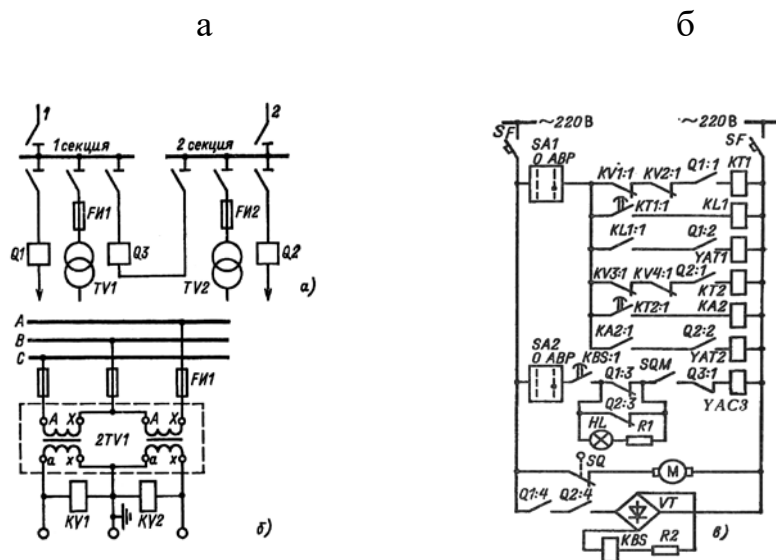


Рисунок 7 – Схема АВР на секционном выключателе двухтрансформаторной подстанции:

а – упрощенная схема подстанции и схема подключения реле напряжения, б – схема АВР

В нормальном режиме выключатели  $Q1$  и  $Q2$  первой и второй секций подстанции включены, секционный выключатель  $Q3$  отключен. В схеме имеется электродвигатель  $M$  для завода пружины привода, отключаемый конечным выключателем  $SQ$ . Реле блокировки  $KBS$ , служащее для обеспечения однократности действия АВР, получает питание от выпрямительного моста  $VT$ . Готовность схемы АВР к работе сигнализируется лампой  $HL$ . Ключи  $SA1$  и  $SA2$  установлены в положение АВР. Реле минимального напряжения  $KV1-KV4$  и реле блокировки включены. Контакт привода  $SQM$  замкнут.

При аварии на первой секции и исчезновении на ней напряжения срабатывают реле  $KV1$  и  $KV2$ , включая реле времени  $KT1$ , которое своим контактом  $KT1:1$  с выдержкой времени включает промежуточное реле  $KL1$ . Контакт  $KL1:1$ , замыкаясь, включает цепь электромагнита отключения  $YAT1$  выключателя  $Q1$ ; который отключается. Вспомогательный контакт выключателя  $Q1:3$  включает электромагнит  $YAC3$  секционного выключателя  $Q3$ , чем освобождается пружина привода этого выключателя, который, включаясь, восстанавливает питание на первой секции от линии 2, оставшейся в работе. Одновременно срабатывает двигатель  $M$ , заводя пружину и подготавливая схему к новому циклу срабатывания. При исчезновении напряжения на второй секции схема работает аналогично. Однократность АВР обеспечивается за счет того, что при отключении выключателя  $Q1$  или  $Q2$  реле блокировки  $KBS$  размыкает с выдержкой времени цепь включения электромагнита  $YAC3$ . При включении на КЗ секционный выключатель  $Q3$  отключается своей релейной защитой.

### **1.10. Модернизация электропривода насоса 8ГР-8**

На обогатительной фабрике для пуска двигателя насоса 8ГР-8 применяется нереверсивная схема управления, которая не позволяет регулировать скорость вращения асинхронного двигателя, от которой зависит качественная и экономичная работа.

Для того чтобы качественно регулировать скорость ротора асинхронного двигателя применяем тиристорную схему управления (частотное регулирование).

Важной особенностью ПЧ (преобразователя частоты) является возможность обеспечения плавного регулирования частоты напряжения на статоре асинхронного двигателя как ниже, так и выше сетевой. Частотное управление является более экономичным, так как обеспечивает регулирование скорости без больших потерь мощности в роторной цепи, ухудшающих КПД двигателя.

Принцип частотного регулирования заключается в том, что, изменяя частоту  $f$  питающего напряжения, можно в соответствии с выражением  $\omega_0 = 2\pi f/P$  изменять его скорость  $\omega_0$  получая различные искусственные характеристики.

Этот способ обеспечит плавное регулирование скорости в широком диапазоне.

Таким образом, для регулирования скорости асинхронного двигателя предлагается использовать преобразователь частоты.

Фирма OMRON предлагает 4 типа преобразователей частоты для стандартных трехфазных двигателей: 3G3JV, 3G3MV, 3G3HV и 3G3FV. Эти преобразователи могут применяться во всех европейских и неевропейских однофазных и трехфазных сетях переменного тока. Диапазон мощности – от 0.1 до 300 кВт при напряжении от 200 до 575В (50/60 Гц).

Высокоэффективные частотные преобразователи *SYS DRIVE* для управления асинхронными электродвигателями переменного тока пользуются широким и постоянно возрастающим спросом у заказчиков в России, как и во всём мире. В качестве силовых ключей в них используются биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT).

Их использование внесло значительные изменения в концепцию управления инвертором. Высокая эффективность работы IGBT, возможность точного задания синусоиды, векторное управление позволили получить ряд преимуществ: бесшумная работа, высокий пусковой момент, плавное вращение вала двигателя, повышенная надежность системы и др. А широкий выбор программного

обеспечения и специального дополнительного оборудования позволяет значительно облегчить управление инвертором и увеличить его возможности.

Уникальный способ управления преобразователем позволяет достичь 150% номинального момента двигателя с нулевой скорости, глубины регулирования до 1000/1 в системах с обратной связью и тем самым обеспечить максимальную эффективность работы.

Традиционные стандартные цепи управления, IGBT в качестве силовых ключей и совершенный дизайн определяют компактность и высоконадежность инвертора.

Встроенный самонастраивающийся ПИД-регулятор с использованием fuzzy-логики позволяет поддерживать точность вращения двигателя в системе с обратной связью по скорости до 0,01% и использовать привод в системах позиционирования в качестве замены приводов постоянного тока.

Более 200 интеллектуальных функций и 70 программируемых параметров позволяют быстро и разнообразно изменять производительность механизма. К ним относятся:

- управление временем разгона-торможения;
- аналоговое задание скорости;
- определение перегрузки по моменту;
- многошаговое задание скорости;
- выбор способа торможения;
- корректировка вольт/частотной характеристики;
- предотвращение останова;
- продолжение работы до 2 с после исчезновения напряжения сети;
- возможность автоматического перезапуска;
- выбор метода управления инвертором с пульта или с внешних устройств;
- работа в предусмотренном специальном режиме энергосбережения;
- использование ПИД-регулятора.

Широкие коммуникационные возможности позволяют встраивать преобразователи в контроллерные и компьютерные сети, осуществлять управление и настройку преобразователя и получать информацию о его работе.

Интерфейсы: RS232C/RS422/RS485.

Использование дополнительных устройств позволяет получить ряд новых возможностей (использование инкрементального датчика для обратной связи, управление инвертором с помощью импульсного входа).

Для программирования преобразователя и документирования программ может использоваться пакет программного обеспечения для персонального компьютера в среде MS WINDOWS.

Частотные преобразователи серии SYSDRIVE могут использоваться с большинством трехфазных асинхронных двигателей, как отечественных, так и импортных.

Выбираем частотный преобразователь серии 3G3HV (рисунок 8).



Рисунок 8 – Частотный преобразователь серии 3G3HV

Свойства преобразователя:

- диапазон мощности: 15...150 кВт;
- встроенный PID – регулятор;
- функция энергосбережения с самоадаптацией;
- транзисторные цифровые входы NPN или PNP-типа;
- аналоговое задание частоты: 0...10 VDC или 4...20 мА;
- низкий уровень помех благодаря высокой несущей частоте;
- интерфейс RS-422/-485 (MODBUS);
- встроенный реактор постоянного тока для мощности выше 15 кВт;
- 12-пульсное выпрямление для мощности выше 15 кВт.

Принцип регулирования

Преобразователь частоты выпрямляет переменный ток из сети в постоянный, после чего постоянный ток преобразуется в переменный ток с переменной амплитудой и частотой. Таким образом, двигатель обеспечивается регулируемым напряжением и частотой, что позволяет безгранично регулировать частоту вращения стандартных трехфазных двигателей переменного тока (рисунок 9).

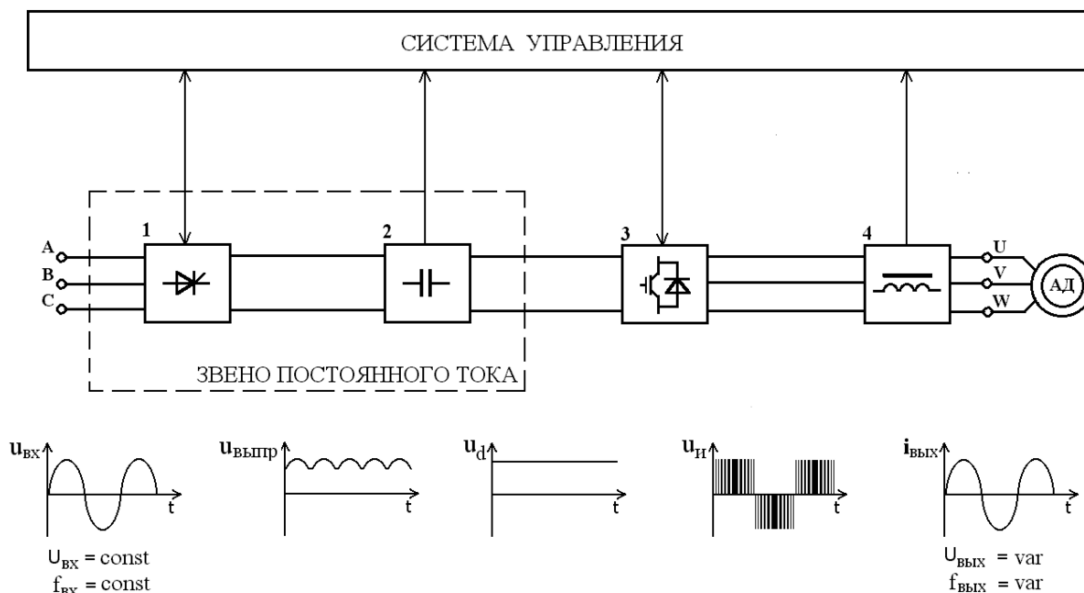


Рисунок 9 – Структура преобразователя



Напряжение сети (380 В, 50 Гц) поступает на звено постоянного тока состоящее из выпрямителя трехфазного мостового, который преобразует переменный ток в постоянный и конденсаторов, выравнивающих напряжение. После звена постоянного тока следует инвертор, преобразующий постоянный ток в регулируемый переменный ток с переменной частотой. Система управления работой преобразователя состоит из платы управления, которая управляет инвертором, генерирующим импульсную последовательность, с помощью которой постоянный ток преобразуется в регулируемый переменный ток с регулируемой частотой.

Чтобы удовлетворять правилам, преобразователи частоты должны использоваться с фильтрами помех и в соответствии с инструкциями по их установке. Архитектура системы представлена на рисунке 10, а данные частотного преобразователя приведены в таблице 7.

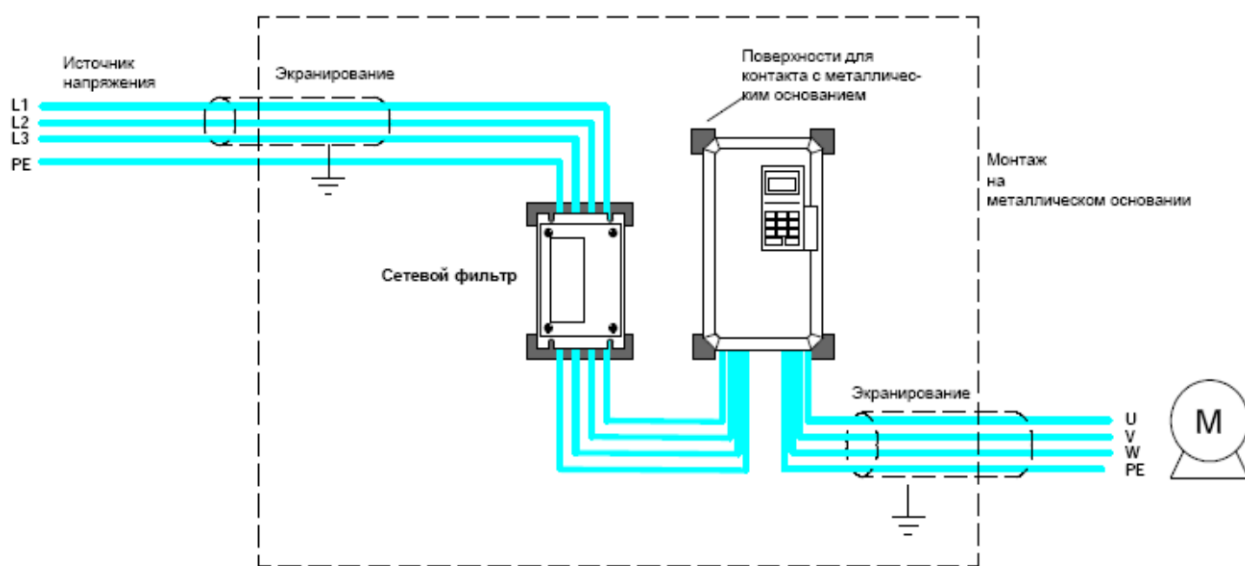


Рисунок 10 – Архитектура системы

Таблица 7 – Данные частотного преобразователя

Преобразователь частоты			Вспомогательные устройства	
Максимальная мощность двигателя, кВт	Выходной ток, А	Номинальное напряжение, В	Номер изделия	Сетевой фильтр
132	280	380	3G3HV-B4 16K	3G3FV-PFI4450-E

Схема соединений и подключений представлена на рисунке 11.

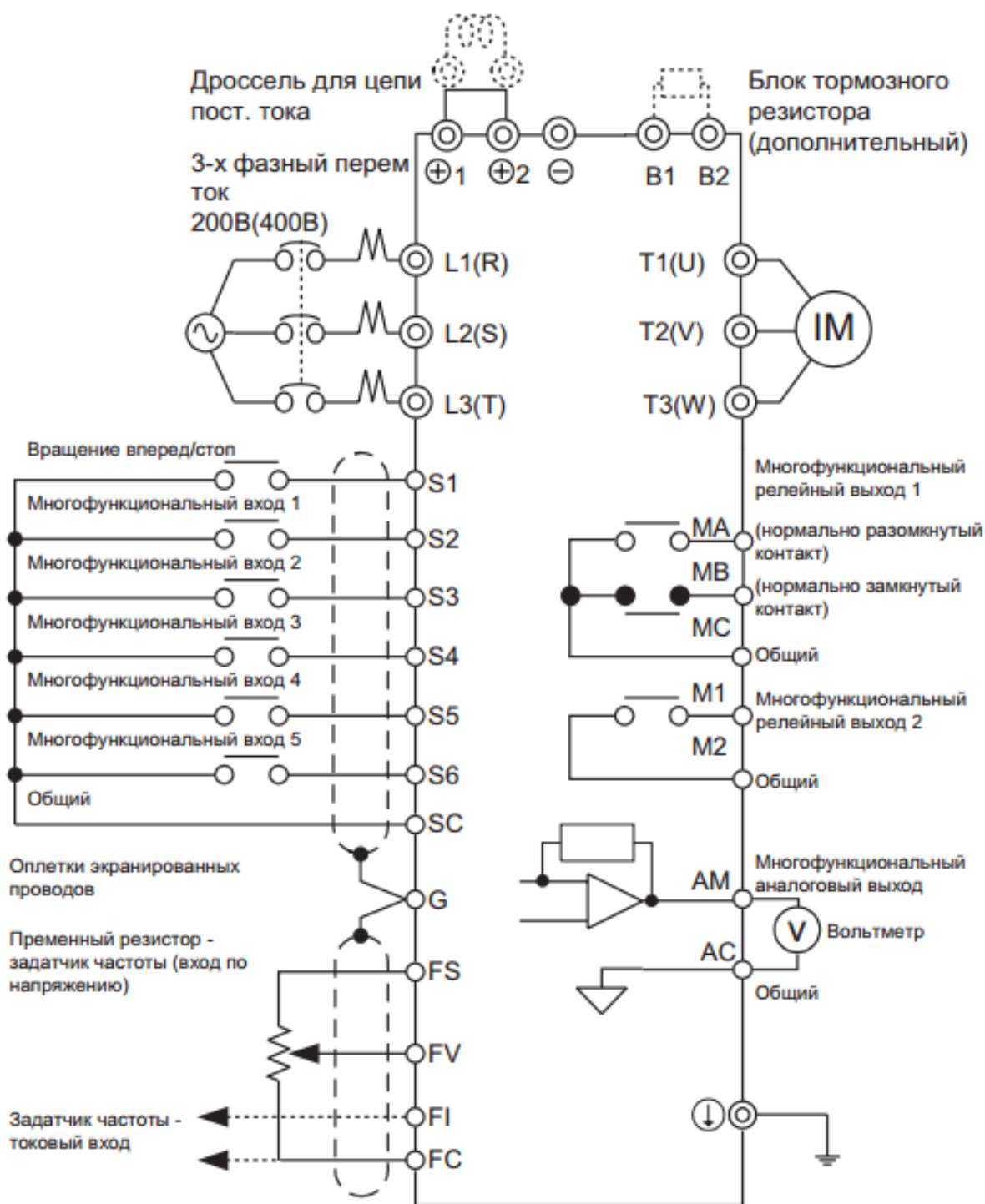


Рисунок 11 – Схема соединений и подключений

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

В методической части ВКР в качестве узла электроснабжения насосного отделения будет рассмотрена инструкция монтажа частотного преобразователя серии 3G3HV. Структура инструкции будет описана по ГОСТ-2.610-2013 ранее ГОСТ-2006.

### **2.1. Осмотр при снятии упаковки**

После распаковки проверьте:

- совпадает ли модель частотного преобразователя с вашим заказом.
- не поврежден ли преобразователь, и все ли входящие в комплект компоненты имеются в наличии. В случае отсутствия или несоответствия каких-либо компонентов немедленно свяжитесь с Вашим поставщиком.

### **2.2. Хранение оборудования**

Перед установкой преобразователь частоты необходимо хранить в коробке. Если в настоящее время преобразователь не используется и находится на хранении, следует обратить внимание на следующее:

1) Прибор необходимо хранить в сухом, чистом помещении, в котором нет пыли.

- относительная влажность в месте хранения должна быть 0~90%, без конденсата;

- температура хранения должна быть в диапазоне от -20°C до +60°C;

- в помещении не должно быть коррозионных газов и жидкостей, на оборудование не должны попадать прямые солнечные лучи.

2) Длительное хранение преобразователя может привести к ухудшению свойств электролитических конденсаторов, имеющих в составе преобразователя. Во время длительного хранения нужно подводить к преобразователю питание не реже одного раза в год на 5 часов для сохранения его работоспособности. При этом

необходимо использовать регулируемое напряжение питания для постепенного увеличения уровня (за 2 часа) до номинального значения.

### **2.3. Требования, предъявляемые к месту установки**

Срок службы ПЧ и его нормальное функционирование напрямую зависят от условий эксплуатации. В случае несоответствия этих условий требованиям, указанным в настоящей инструкции, может произойти срабатывание защиты или сбой в работе преобразователя.

ПЧ серии ISD предназначены для вертикального монтажа, при этом должны быть обеспечены вентиляция и отвод тепла. Убедитесь, что условия эксплуатации отвечают следующим требованиям:

- Температура окружающей среды:  $-10^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$ ;
- относительная влажность:  $0 \dots 90\%$  (без образования конденсата);
- отсутствие попадания прямых солнечных лучей;
- отсутствие агрессивных газов или жидкостей;
- отсутствие пыли, волокон, пуха, насекомых и металлической пыли;
- расположение вдали от радиоактивных и воспламеняющихся веществ;
- расположение вдали от источников электромагнитных помех (например, от сварочного аппарата, силового оборудования);
- твердая и устойчивая поверхность, на которую устанавливается преобразователь. В случае вибрации используйте антивибрационные прокладки;
- место для установки ПЧ должно находиться в помещении с хорошей вентиляцией, возможностью для осмотра и технического обслуживания. Установка ПЧ должна производиться на твердую огнеупорную поверхность вдали от источников тепла (например, от тормозного резистора);
- вокруг ПЧ должно быть достаточно свободного пространства. В случае установки нескольких ПЧ в одном помещении необходимо их правильное размещение. При необходимости установите дополнительный охлаждающий вентилятор – температура окружающей среды не должна превышать  $50^{\circ}\text{C}$ .

## **2.4. Проверка соответствия компонентов перед началом монтажа**

Проверка соответствия проводится следующим образом:

- сверьте кодовый номер преобразователя с тем, что было заказано;
- убедитесь, что входное напряжение, указанное на преобразователе частоты,

совпадает с напряжением питающей сети, к которой планируется подключение. В случае если напряжение питающей сети ниже входного напряжения преобразователя частоты, то устройство будет работать с пониженными характеристиками, или будет работать с ошибкой. Подключение устройства к питающей сети с напряжением, превышающим входное напряжение преобразователя, указанное на информационной табличке, не допускается!;

- проверьте, что номинальное напряжение электродвигателя не превышает значения выходного напряжения преобразователя частоты. Номинальное напряжение электродвигателя в большинстве случаев определяется схемой соединения, поэтому убедитесь, подключен ли двигатель «звездой» или «треугольником», и какие значения напряжения соответствуют данной схеме подключения (указано на табличке двигателя);

- проверьте, что номинальный ток двигателя в большинстве случаев не должен превышать номинальный выходной ток преобразователя частоты, в противном случае привод не сможет развить номинальный момент.

## **2.5. Проверка условий установки преобразователя частоты**

- Внешние условия должны соответствовать степени защиты корпуса – стандартное исполнение преобразователя – IP20 не защищает от попадания пыли или капель жидкости внутрь устройства. Исполнение корпуса IP54 защищает от пыли и влаги при соблюдении требований монтажа (использовании сальников, кабель-вводов и т.д.). Убедитесь, что возле вентиляторов чисто, нет пыли и грязи;

- место установки должно быть сухим (максимальная относительная влажность воздуха 95%, при отсутствии конденсации);

- рабочая температура окружающей среды 0–40 °С. При температуре от -10 до 0 °С и свыше +40 °С работа будет происходить с пониженными характеристиками. Не рекомендуется эксплуатировать преобразователь частоты при температурах ниже -10 и свыше +50 °С, так как это может привести к сокращению срока службы изделия;

- максимальная высота установки устройства над уровнем моря для работы без снижения характеристик 1000 м;

- проверьте наличие возможности осуществлять вентиляцию преобразователя частоты. Допускается монтаж преобразователей «стенка к стенке» (корпусы IP 20 и 54), однако обязательно должно быть предусмотрено воздушное пространство 100 мм сверху/снизу устройства для преобразователя частоты мощностью до 30 кВт, 200мм для преобразователя частоты мощностью от 30 до 90 кВт и 225 мм для мощности 90 кВт.

При работе преобразователь нагревается, поэтому свободное пространство вокруг преобразователя должно составлять не менее 10 см и гарантировать циркуляцию воздуха и охлаждение. Поверхность, на которую устанавливается преобразователь, должна быть из невоспламеняющегося материала и иметь достаточную механическую прочность, чтобы выдержать вес преобразователя.

При установке преобразователя в шкафу необходимо обратить внимание на эффективность охлаждения. Необходимо следить, чтобы поток воздуха от вентилятора шкафа проходил как можно ближе к преобразователю. Преобразователь должен быть размещен так, чтобы не попадать в поток воздуха от других преобразователей и тепловыделяющих элементов другого оборудования, в том числе от тормозных резисторов. Желательно избегать размещения одного преобразователя над другим или выдерживать при этом минимальное расстояние между блоками 300 мм. Вентилятор принудительного охлаждения шкафа должен быть установлен так, чтобы получить максимальный обдув преобразователя. Для исключения рециркуляции нагретого воздуха снаружи и внутри шкафа рекомендуется устанавливать отражательные щитки.

## **2.6. Электрические соединения**

- К преобразователю частоты можно подключать кабели сети/двигателя с максимальным сечением указанным в таблице технических характеристик ПЧ;

- каждый привод должен быть заземлен индивидуально, длина линии заземления должна быть кратчайшей. Рекомендуемое сечение заземляющих кабелей должно быть того же сечения что и проводники питающей сети. При монтаже, прежде всего подключают провод заземления;

- необходимо установить входные быстродействующие предохранители (марки предохранителей уточняйте в руководствах по проектированию). Номиналы предохранителей можно уточнить в таблице технических характеристик;

- отдельные кабель-каналы должны использоваться для входных силовых кабелей, выходных силовых кабелей и кабелей управления;

- для выполнения требований по ЭМС используйте экранированные кабели. Обеспечьте защиту кабелей управления от электромагнитных помех;

- проверьте правильность подсоединения входных (клеммы L, N для 1 фазной сети и L1, L2, L3 для трёхфазной) и выходных силовых проводов (клеммы U, V, W);

- подключение к клемме PE преобразователя выполняется проводом заземления. Запрещается использовать нейтраль в качестве заземляющего провода. Объединение заземление и нейтрали может происходить только в месте физического заземления.

## **2.7. Необходимая ежедневная проверка.**

Ежедневную проверку следует проводить для выявления:

- Повышенной вибрации или необычного шума двигателя;
- повышенного нагрева двигателя;
- отсутствия механических повреждений кабелей питания и двигателя;
- отсутствия разрывов проводов и плохого контакта;

- отсутствия загрязнений внутри ПЧ;
- работоспособности вентилятора;
- соответствия условий эксплуатации техническим требованиям (влажность, температура, вентиляция и т.д.);
- наличия пыли или посторонних предметов внутри радиатора;
- текущей производительности и рабочих характеристик ПЧ;
- повышенного нагрева или необычного шум во время работы ПЧ.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При электроснабжении насосного отделения фабрики обогащения учитывались основные группы электроприемников, составляющие суммарную нагрузку, режим работы, мощность, напряжение, род тока, а также категория электроприемников. В свою очередь от этого зависят технические и экономические показатели проектируемой системы электроснабжения: капитальные вложения, эксплуатационные расходы, расход цветного металла и потери электроэнергии.

Правильное определение электрических нагрузок является решающим фактором при проектировании и эксплуатации электрических сетей. Так как от электрических нагрузок зависят технические и экономические показатели проектируемой системы электроснабжения: капитальные вложения, эксплуатационные расходы, расход цветного металла и потери электроэнергии. Завышение нагрузки может привести к перерасходу проводникового материала, удорожанию строительства; занижение нагрузки – к уменьшению пропускной способности электрической сети и невозможность обеспечения нормальной работы силовых электроприемников.

В настоящее время применяют ряд научно обоснованных методов расчета электрических нагрузок: по установленной мощности и коэффициенту спроса, средней мощности и коэффициенту формы группового графика нагрузки, удельному расходу электроэнергии на единицу продукции при заданной производительности участка, удельной нагрузке на единицу производственной площади.

Электрические нагрузки характеризуются мощностью (активной  $P$  и реактивной  $Q$ ), силой тока  $I$ , потребителями и отдельными электроприемниками.

При определении электрических нагрузок насосного отделения расчет производят по методу установленной (номинальной) мощности и коэффициенту спроса.

Расчет начинают с определения номинальной мощности каждого электроприемника. Номинальная мощность – это полезная мощность электроприемника совершающая работу. Она указывается в паспортных данных.

По техническому заданию были выполнены следующие работы:

- рассчитаны электрические нагрузки;
- выбрано число и мощность силовых трансформаторов;
- рассчитаны токи короткого замыкания;
- выбрано электрооборудование;
- произведен выбор распределительного устройства;
- рассчитана релейная защита трансформатора на подстанции;
- рассмотрена автоматика электроснабжения.

Благодаря проделанной работе в насосном отделении спроектирована система электроснабжения, обеспечивающая экономию электроэнергии и безопасность работников.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анчарова Т.В. **Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник. Гриф МО РФ.** - М.: Форум, 2016 - 385с.
2. Барыбин Ю.Г. / **Справочник по проектированию электроснабжения.** - М.: Энергоатомиздат, 1990 - 576 с.
3. Киреева Э.А. **Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учебное пособие / Э.А. Киреева.** – М.: КНОРУС, 2011 - 368 с.
4. Кудрин Б.И. **Электроснабжение: учебник для студентов ВПО.** – М.: Академия, 2013 - 305 с.
5. Кузнецова Г.С., Тер-Оганов Э.В., Штин А.Н. **Проектирование трансформаторных подстанций: Руководство к курсовой работе.** – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2003 – 70 с.
6. Кузнецова Г.С., Штин А.Н. **Расчет трехфазных коротких замыканий в распредустройствах трансформаторных подстанций: Учебно-методическое пособие.**- Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 1997.- 36 с.
7. Кузнецова Г.С., Штин А.Н. **Выбор оборудования распредустройств трансформаторных подстанций: Руководство к курсовой работе.** – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2001 – 67 с.
8. Неклепаев Б.В. / **Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования.** - СПб.: БХВ-Петербург, 2014 - 187с.
9. Ополева Г.Н. **Схемы и подстанции электроснабжения: справочник: учеб. пособие.** М.: ФОРУМ: ИНФРА – М, 2011 - 480 с.
10. **Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.** - 6-е изд., перераб. и доп. - М: Энергоатомиздат, 2003 - 269 с.
11. **Правила устройства электроустановок.** - 7-е изд., перераб. и доп. - М: Энергоатомиздат, 2002 - 125 с.

12. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.П. Крючков, Б.Н. Неклепаев, В.А. Старшинов и др.; под ред. И.П. Крючкова и В.А. Старшинова. – 2-е изд. стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2013 - 416 с.
13. Рожкова Л.Д., Козулин Б.С. Электрооборудование станций и подстанций. - М.: Энергоатомиздат, 1987 - 648 с.
14. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение - Издательство: РадиоСофт, 2009 - 328 с.
15. Сивков А.А., Сайгаш А.С., Герасимов Д.Ю. / Основы электроснабжения. - М.: Юрайт, 2016 - 173с.
16. Справочник по проектированию подстанций 35 - 1150 кВ / Под ред. Самойлова Я. С. - М.: Энергоатомиздат, 1992 - 302 с.
17. Фролов Юрий Михайлович. Основы электроснабжения: учеб. пособие для вузов [Гриф УМО] / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2012 - 480 с.
18. Шеховцов В.П. / Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению - М.: Форум. 2011 – 137 с.
19. Эрнст А.Д. Расчет токов короткого замыкания в электрических системах: Учеб. пособие. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2009 - 72 с.
20. Юндин М.А. Токовая защита электроустановок: учеб. пособие для вузов. - Санкт-Петербург: Лань, 2011 - 288 с.