## Министерство общего и профессионального образования

# Российской Федерации

# Кафедра автоматизации технологических процессов и производств

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

##### ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

**Модернизация электроснабжения системы электропривода подъемной установки ствола СС-3 рудника “Таймырский”**

Автор дипломного проекта

Обозначение дипломного проекта

Специальность: Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов

Руководитель проекта

Консультанты по разделам:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение …………………………………………………………………….….. 4

1. Горнотехнологическая часть.…………………………………………….…. 6

2. Механическое оборудование.……………………………………………… 18

3. Электроснабжение горного предприятия …...………………………….… 26

4. Автоматизированный электропривод горных машин и установок.….….. 42

5. Автоматическое управление технологическими процессами, машинами и установками………………………………….…………………………………. 49

6. Специальная часть…………………………………...……………………… 52

7. Обслуживание, ремонт и наладка энергетического оборудования и средств автоматизации …..…………………………………………………………….. 88

8. Экономическая часть.………………………..……………………………… 91

9. Охрана труда…………………………………………………………...…….. 94

Заключение…………………………………………….……………………… 105

Библиографический список ………………………………………………… 106

**Введение**

В административном отношении Талнахское и Октябрьское месторождения, которое разрабатывает рудник “Таймырский”, расположены в Дудинском районе Таймырского национального округа Красноярского края. Они расположены у юго-западного подножия плато Хараеллах в бассеинах рек Талнах и Хараеллах, являющимися правыми притоками реки Норильской. От города Норильска месторождения удалены на 20км к северу и связаны с ним шоссейной и железной дорогами.

Снабжение электроэнергией осуществляется от ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и Хантайской ГЭС.

Водоснабжение рудника “Таймырский” и города Талнах производится за счет Талнахского месторождения подземных вод, вскрытого рядом скважин.

Теплоснабжение осуществляется от ТЭЦ-2. Для технологической переработки добываемых руд Норильский горно-металлургический комбинат имеет: обогатительные фабрики №1 и № 2, никелевый завод, медный завод, Надежденский металлургический завод.

Талнахское месторождение расположено в краевой юго-западной части Хараеллахской мульды на месте ее пересечения с зоной Норильско-Хараеллахского разлома.

Талнахский рудоносный интрузив в поле рудника разделен на северо-западную и северо-восточную ветви субмеридиональным Норильско-Хараеллахским разломом. К северозападной части приурочено Талнахское месторождение, к северовосточной - Октябрьское.

Северо-восточная ветвь в поперечном сечении имеет форму плоско-выпуклой линзы. Это тело полого сечет вмещающие породы, погружаясь на север. На юге оно залегает на контакте пород тунгусской серии с эффузивами, к северу погружается от туфолавовой толщи до карбонатно-глинистых пород.

Рудник “Таймырский” является одним из самых больших.

Его годовая производительность составляет около 2,2 млн.т. Рудник построен сравнительно недавно (15 лет назад) и на нем используется прогрессивная современная техника.

Рудник “Таймырский”, являясь элементарным звеном технологической цепочки производства, поставляет отбитую руду на обогатительную фабрику ОФ-2, которая по пульпопроводу отправляется на дальнейшую переработку.

Задачи дальнейшего повышения эффективности работы предприятия горнодобывающей промышленности не могут быть решены без автоматизации производственных процессов.

Эффективность замены устаревшей аппаратуры автоматизации на более прогрессивную, с расширенными возможностями должна заключаться в оптимизации процесса, увеличении нагрузки на автоматизированное оборудование, экономии энергетических и материальных ресурсов, повышении надежности оборудования.

Целью данного дипломного проекта является анализ показателей качества электрической энергии, их контроль и автоматическое регулирование, и приведение данных показателей к нормируемым значениям.

В настоящее время на НГМК поставленные вопросы остаются без внимания, которые, при дальнейшем развитии рыночных отношений, рано или поздно необходимо решать.

Рациональное использование материальных и трудовых ресурсов, оснащение горнодобывающих предприятий с использованием новой высокопроизводительной техники и способов управления дают возможность резко повысить производительность труда и качество продукции.

# 1. Горнотехнологическая часть

# 1.1. Геологическое строение месторождения и горно-геологические условия эксплуатации

Рудник «Таймырский» эксплуатируется на базе запасов богатых руд центральной части Октябрьского месторождения сульфидных руд медно – никелевых руд, приуроченных к Северо-западной (Хараелахской) ветви Талнахского рудоносного интрузива. Поле рудника включает в себя две рудные залежи:

а) 1 Хараелахская до глубины 1500м.

б) 2 Северная.

Рудоносная интрузия локализуется в глинисто сульфатно-карбонатной толще девонских отложений и погружается в северо–восточном направлении под углом 12 – 18 градусов.

Перекрывающая толща предоставлена сульфатно-карбонатными породами девона, песчано-глинистыми отложениями тунгусской серии, базальтами пермотриаса и четвертичными образованиями.

## 1.2. Стратиграфия и магматизм месторождения

Геологический разрез района представлен кембрийско-ордовикскими карбонатными осадками, чередованием морских (известняки, доломиты) и лагунных (ангидриты, глины) отложений силура-девона, терригенными углекислыми образованиями перми-триаса, туфолавовой толщей триаса. Рыхлые четвертичные отложения развиты повсеместно. Оруденение пространственно и генетически связано с придонной центральной частью Хаерлахской ветви Талнахского рудоносного интрузива габбро-долеритов и представлено тремя промышленными типами. Богатые (сплошные сульфидные) руды представлены Первой Хаерлахской (основной) залежи, протянувшейся в субширотном направлении в виде плитообразного тела на 1.6км, шириной 0.75, 0.9км с погружением в восточном – северо-восточном направлении с глубины 1000м до 1750м. Мощность залежи в среднем равна 20м, варьируя от 1м до 44.1м.

## 1.3. Тектоника

Главным структурным элементом талнахского рудного поля является зона Норильско-Хаерлахского разлома, которая представляет собой грабеноподобную структуру, проявившуюся серией сбросо-сдвиговых дислокаций. В зоне выделяют ряд субпараллельных швов с углами падения от 40 до 85о, из них наиболее крутым является восточное нарушение – главный шов. Нарушения, расположенные к западу от Главного шва (система западных сбросов), имеют более пологие углы падения. Амплитуды смещения вдоль тектонических зон колеблются от 50 до 400 м. Зона разлома делит всю площадь на две части – восточную и западную. Для восточной наблюдается ограниченное количество сбросов параллельных основной зоне разлома, для западной (Октябрьское месторождение) интенсивная тектоническая нарушенность, широкое развитие пликативных и дизъюнктивных дислокаций.

В центральной части 1 Хаерлахская залежь разбита серией субмередианальных субпараллельных дизъюнктивов на 4 клиновидных блока длиной 750-800м, смещенных вверх относительно залежи на 40 – 120м (Большой Горст), которые разделяют ее на западный блок (-1050, -1100) и восточный (1300, 1350, 1400). Угол падения залежи западного блока составляет 14-22о. С юго-востока к этой залежи примыкает вторая Северная залежь богатых руд, имеющая сложную конфигурацию в плане, протянувшаяся в юго-восточном направлении на 2.15км. Средняя мощность этой залежи 6-7м, с изменением от 1 до 22.3м. Глубина залегания составляет 1300-1400м. На востоке залежь осложнена взбросом, поднятым на 120м. Угол падения рудного тела на этом участке 8-12о.

Интенсивное проявление разрывной тектоники в районе обусловило соответствующее развитие тектонической трещиноватости. Наиболее трещиноваты рассланцованные породы Тунгусской серии, наименее – толстоплитчатые карбонатные породы девона и габбро-диориты верхней половины рудоносной интрузии.

В осадочных породах преобладают пологие трещины, в сплошных рудах – крутопадающие, в породах интрузии – наклонные и крутопадающие. По трещинам, особенно в породах нижней части рудоносной интрузии, расположены так называемые ослабляющие минералы типа хлорита, серпентина, талька, слюд, цеолита, вторичных сульфидов, графита и т.п.

С приближением к тектоническому нарушению трещиноватость руд и пород, как правило, увеличивается, образуя зону повышенной (или высокой) сопутствующей трещиноватости шириной в 0.5 – 0.8 амплитуды смещения по данному разлому. Такая зона в большинстве случаев асимметрична, ее ширина в висячем боку в 2 – 6 раз больше, чем в лежачем. Для сплошных руд указанные зависимости менее характерны, так как в них тектонические нарушения чаще всего имеют один вид.

«Пластовые» зоны высокой (или повышенной) трещиноватости мощностью до 5м отмечены в кровле и, реже, в почве сплошных руд, в непосредственной кровле горизонта существенно оливиновых разностей габбро-долеритов, в пикритовых габбро-долеритах и в кровле рудоносной интрузии.

## 

## 1.4. Морфология тел полезного ископаемого

Формация траппов включает комплекс интрузивных горных пород, среди которых выделяют недифференцированные пластовые интрузии (силлы), крутосекущие тела и дайки в основном долеритового и габбро-долеритового состава и дифференцированные сульфидоносные интрузии. Промышленный интерес представляет полнодифференцированная Талнахская интрузия Талнахского рудного поля, которая объединяет несколько сближенных интрузивных тел.

Октябрьское месторождение приурочено к северо-западной ветви названного массива. Длина интрузии до 10км, ширина 1-1.5км, мощность до 200-250м. Горизонтом локализации интрузива являются ангидрито-мергелевые породы нижнего и среднего девона. Особенности внутренней структуры полнодифференцированных интрузий является их стратифицированность.

В пределах Талнахского интрузива выделяют следующие горизонты:

* Горизонт верхних контактовых габбро-долеритов;
* Горизонт кварцсодержащих габбро-долеритов, габбро-диоритов и диоритов;
* Горизонт оливиновых и оливино-биотитовых габбро-долеритов, эти минералы слагают до 30 % массива;
* Горизонт пикритовых габбро-долеритов;
* Горизонт такситовых и раномернозернистых габбро-долеритов;
* Горизонт контактовых и порфировидных габбро-долеритов.

К основным породообразующим минералам, слагающим интрузивный массив, относятся: оливин, пироксены, плагиоклазы. К второстепенной группе минералов относятся: магнетит, титаномагнетит, биотит, амфиболы. К вторичным – пренит, хлорит, кальцит и другие минералы.

## 1.5. Гидрогеология

Гидрогеологические условия рудника определяются геоморфологическими, структурными и мерзлотными факторами.

Подземные воды формируются за счет атмосферных осадков, проникающих в горные породы со склонов плато и в зоне сквозных таликов, питаются также водами поверхностных водоемов и водостоков.

Мощность мерзлоты меняется в пределах рудного поля от 10м (район ПЗС) до 180м (ВС-5, ВС-6). Сток поверхностных и надмерзлотных вод на территории месторождения хорошо зарегулирован и происходит по западному склону горы Медвежьей, имеющий значительный уклон к долине р. Шумный.

Водовмещающая толща коренных пород характеризуется незначительной водообильностью (общий водоприток по горизонтам составляет около 1 м3/час).

Естественная обводненность горизонтальных и наклонных выработок представлена увлажнением, капежом из кровли и бортов выработок, а также кратковременными струйными изливами из скважин. Распространение водопроявлений носит локальный характер. Результаты химических анализов свидетельствуют о том, что количественный состав подземных вод и их минерализация весьма различны и зависят от литологии пород и гидродинамических особенностей (условия питания, разгрузки, глубина залегания и т.д.) обводненных горизонтов. С увеличением глубины химический состав химический состав изменяется от гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-кальциевого до сульфато-натриево-кальциевого.

Водопроявления в местах бурения шпуров и скважин приурочены, как правило, к зонам трещиноватости и отмечены на контакте интрузии с породой. Более высокой водообильностью отмечена зона Горста. Отмечены водопроявления с дебитом 0.01 м3/час. Но по мере срабатывания статистических запасов в линзах подземных вод уменьшается до 0.0005 м3, что указывает на низкий коэффициент фильтрации (к=0.00002 м/сутки), а также на отсутствие связи водоносных зон с крупными источниками питания.

В пределах шахтного поля существует ряд водопроявлений, находящихся под режимным наблюдением. В местах выхода источника периодически проводится отбор проб на агрессивность по отношению к бетону, результаты анализов свидетельствует об отсутствии таковых.

Основной водоприток в руднике формируется за счет обводненности стволов. Распределение дебита по стволам происходит следующим образом:

* ВПС – 10-12 м3/час;
* СС-3 – 4-5 м3/час;
* ВС-5 – 5-6 м3/час;
* ВС-6 – 6-7 м3/час;

Суммарный водоприток по руднику составляет 32-35 м3/час.

## 1.6. Физико-механические свойства руд и вмещающих пород

Объемные веса руд:

* Богатые руды 1 Хаерлахской залежи – 4.2 т/м3;
* Богатые руды 2 Северной залежи –4.0 т/м3;
* Вкрапленные руды 2 Северной залежи –3.05 т/м3;
* Медистые руды – 3.3 т/м3;

Значение коэффициента крепости по шкале М.М. Протодъяконова:

* Для богатых руд – 5-10;
* Для медистых руд – 5-16;
* Для вкрапленных руд – 5-10;
* Для вмещающих пород – 5-10.

Сульфидные руды склонны к окислению, разогреву, спеканию, самовозгоранию и слеживанию с выделением тепла (3400-4700 ккал на 1 м3 поглощенного кислорода). Температура пород в поле рудника колеблется в пределах 23-36о. В породах свободная кремнекислота отсутствует. Влажность руды в естественном залегании составляет 1-4 %, в отбитой массе – до 7 %.

## 1.7. Газоносность пород

Все породы и руды, слагающие поле рудника, газоносны. Наличие горючих газов, связанных с угленосными отложениями тунгусской серии (интервал 20-350м) и грантолитовыми сланцами нижнего силура (глубина залегания около 2000м) из которых газы могут мигрировать в вышележащую зону толщ. Установлено наличие углекислого газа, метана, тяжелых углеводородов, азота и гелия в газовых выделениях. Общий ожидаемый дебит составляет 450 м3/сутки.

## 1.8. Качественная характеристика руд и рудных минералов

Норильские медно-никелевые руды являются комплексными, из них современными технологическими методами извлекают цветные металлы: никель, медь, кобальт; благородные металлы: золото, серебро и главные элементы платиновой группы; кроме этого попутно получают селен, теллур и серу.

Помимо названных компонентов, руды содержат целый ряд других элементов, из которых важно отметить железо, уходящее в шлаки и вредные примеси, из которых главными являются, селен цинк и мышьяк, спорадически встречающиеся в рудах.

К числу шлакообразующих компонентов в первую очередь относятся окислы кремния, железа, алюминия, магния, кальция и некоторые другие.

Сульфидное оруденение генетически связано с крупной дифференцированной интрузией габбро-долеритов и представлено тремя основными типами руд:

* Сплошными (наиболее богатыми)
* Вкрапленными и прожилково-вкрапленными в породах нижней части интрузии
* Вкрапленными и прожилково-вкрапленными в породах, вмещающих интрузию (медистые)

Минералы, слагающие норильские руды делятся на следующие четыре группы:

1. Главные: пирротин, троилит, пентландит, халькопирит, талнахит, моикухит, путоранит, кубанит, магнетит.
2. Второстепенные: горнит, марказит, миллерит, сфалерит, халькозин, минералы группы валерита.
3. Редкие: алабанит, виоларит, годлевскит, ковеллин, маухерит, никелин, молибденит, станин.
4. Минералы благородных металлов: сперрилит, урванцевит, самородные золото и серебро, минералы платины и палладия.

**1.9. Типизация руд**

В качестве главного классификационного признака служит минеральный состав рудной части с учетом количественных соотношений главных рудных минералов. При микроскопическом изучении шлифов руд выделены следующие устойчивые рудные ассоциации:

1. Пентландит-халькоперит-пирротиновая.
2. Пиррит-пентландит-халькопирритовая (с борнитом и сфалеритом)
3. Пирротин-халькопирит-кубанитовая.
4. Пирит-халькопиритовая (с милеритом и магнетитом)
5. Борнит-халькопиритовая (с пиритом и милеритом)
6. Пирит-магнетит-пирротиновая.

Изучение распределения различных рудных ассоциаций по разрезу показывает, что на Талнахском месторождении с полным основанием могут быть выделены одноименные минеральные типы руд (1 - 6).

Вещественный состав рудных минералов.

Пирротин: химическая формула меняется от FeS до Fe4S5

Пентландит: (Fe, Ni)9S8

Халькопирит: CuFeS2 - главный медьсодержащий компонент.

Талнахит: Cu18(Fe, Ni)18S32 - впервые найден на данном месторождении.

Кубанит: CuFe2S3 - второй после халькопирита сульфид меди.

Магнетит: FeFe2O4

Пирит: FeS2

Марказит: FeS2 и кроме того Ni, Co, Fe, S.

Миллерит: NiS - второй после пентландита минерал никеля.

Борнит: Cu5FeS4

Халькозин: Cu2S

Валерит: Cu3Fe4S7

Сфалерит: ZnS

Галенит: РbS

Минералы платиновой группы норильских руд обособляются в три группы:

1. Самородные платиновые металлы и их сплавы друг с другом, железом, никелем, медью. Кобальтом.
2. Интерметаллиды - Соединения платиновых металлов со свинцом, висмутом, оловом, теллуром, мышьяком и сурьмой.
3. Сульфиды и арсениды платиновых металлов.

Все эти минералы находятся в рудах в тесной ассоциации друг с другом, образуя полиминеральные срастания среди сульфидов или на контакте сульфидов с магнетитом или силикатами.

# 1.10. Вскрытие и подготовка месторождения

Поле рудника «Таймырский» занимает площадь к востоку и юго-востоку от поля рудника «Октябрьский». Граница между рудниками по горному сбросу. Восточная граница отметок глубины 1500м.

Месторождение в пределах поля рудника характеризуется весьма сложным геологическим строением.

Поле рудника объединяет две основные залежи:

1 Хараелахскую и 2 Северную. В свою очередь 1 Хараелахская залеж серией сбросов делится на несколько отдельных рудных тел. Рудные тела резко отличаются по условиям залегания.

## 1.11. Схема вскрытия

В результате предпроектных проработок различных вариантов вскрытие богатых руд предусмотрено и осуществлено шестью вертикальными стволами и двумя откаточными горизонтами. На основной площадке расположены стволы: клетевой №3 (КС – 3), скиповой №3 (СС – 3); на вспомогательной – породозакладочный (ПЗС) и воздухоподающий (ВПС); вентиляционные стволы №5 и №6 (ВС – 5 и ВС – 6) расположены на северном фланге залежи. От вертикальных стволов залежь вскрыта горными выработками откаточных горизонтов – 1050м и – 1300м.

Размещение стволов определялось с учетом ряда факторов, а именно: условия залегания рудных тел, рельеф местности, гидрогеологические данные разведочного и контрольного стволового бурения, меры охраны стволов от вредного влияния горных работ т.п. Немаловажным является также фактор размещения поверхностных объектов рудника во взаимосвязи с существующими и строящимися объектами и коммуникациями.

Сечения стволов определены проектом из условий размещения в них подъемных сосудов и пропуска расчетного количества воздуха.

## 1.12. Характеристика стволов

### 

### **Скиповой ствол №3 (СС - 3).**

Размещается в 198м к юго-востоку от скипового ствола №2 (рудник «Октябрьский»).

* диаметр ствола в свету – 6.5м;
* глубина – 1503м;
* высота над уровнем моря – 103м;
* сопряжения на отметках: -1130 м, -1330 м (дозаторные), -1050 м, -1100 м, -1300 (ходки), -1400 м (зумпфовый водоотлив).

Ствол оснащен двумя многоканатными подъемными установками типа МК 5х4 грузоподъемностью 25 т с навеской четырех скипов 2СН 11-24 емкостью 11м3 каждый и служит для подъема руды с горизонтов –1050 м и –1300 м.

**Клетевой ствол №3 (КС - 3).**

Расположен в 198м к юго-востоку от клетевого ствола №2 рудника «Октябрьский».

- диаметр ствола в свету – 8м;

- глубина – 1532м;

- высота над уровнем моря – 106.3м;

- сопряжения на отметках: -1050м,-1100м,-1200м, -1300м, -1130м (заезд в дозаторную), -132.5м (зумпфовый водоотлив).

Ствол оборудован двумя клетевыми подъемными установками, одна из которых оборудована многоканатной подъемной машиной МК 5х4 грузоподъемностью 25 т и клетью 1КН - 7.2 (размеры в плане 7.2х2.8 м) с противовесом. В клети осуществляется спуск-подъем людей и грузов (в том числе крупногабаритного самоходного оборудования). Вторая подъемная установка оборудована многоканатной подъемной машиной типа ЦШ 4х4 грузоподъемностью 14 т и клетью 1КП - 4.5 (размеры в плане 4.5х1.5 м) с противовесом. Клеть предназначена для спуска-подъема людей и, материалов и оборудования в вагонах или на платформах. По стволу проложены трубопроводы главного водоотлива, сжатого воздуха и кабели.

**Породозакладочный ствол (ПЗС).**

Распологается в 1100м от вспомогательно-закладочного ствола рудника «Октябрьский».

- диаметр ствола в свету – 6.5м;

- глубина – 1413м;

- высота над уровнем моря – 92.2м;

- сопряжения на отметках: -896м,-946м,-1046м, -1146м, -1096м, -1146м, -1196м, -1296м, -1336м (дозаторная), -1390.5м (зумпфовый водоотлив).

Назначение ствола – подъем породы, спуск-подъем людей, подача свежего воздуха. Ствол оснащен двумя клетевыми подъемными установками, оборудованных многоканатными подъемными машинами ЦЩ 3.25х4 и двумя клетями 1КН - 4.5 - I с противовесами.

По стволу прокладывается четыре става труб диаметром 325 мм для подачи закладочной смеси.

**Воздухоподающий ствол (ВПС).**

Распологается в 300м к востоку от ПЗС.

- диаметр ствола в свету – 8м;

- глубина – 1430м;

- высота над уровнем моря – 98.5м;

- сопряжения на отметках: -895м,-946м (сбойка с ПЗС), -1045м, -1070м (временная дозаторная), -1095м, -1195м, -1295м. (зумпфовый водоотлив).

Ствол оборудован двумя скиповыми подъемными установками. Западная двухскиповая подъемная установка с подъемной машиной 2Ц - 6х2. 8Д выдает горную массу с гор. –1050 м, восточная двухскиповая подъемная установка с подъемной машиной 2Ц - 5х2.3 выдает горную массу с гор. –1300 м. Емкость скипов западного подъема – 4.6 м3, восточного – 5.2 м3.

По ставу проложены два бетоновода, трубопровод сжатого воздуха и противопожарный трубопровод.

Ствол предназначен для подъема породы и подачи свежего воздуха.

**Вентиляционный ствол №5 (ВС - 5).**

Распологается в 1100м к востоку от ВС - 3 рудника «Октябрьский».

- диаметр ствола в свету – 6.5м;

- глубина – 1347.1м;

- высота над уровнем моря –2 93.0м;

- сопряжения на отметках: -950м, -975м, -1025м, -1000м, -1043м (зумпфовый водоотлив).

Ствол оснащен двумя одноканатными подъемными установками ШПМ 1-5х3 с навеской клети и бадьи емкостью 3 м3. Предназначен для выдачи исходящей струи с горизонтов –1050 м –1100 м. У устья ствола установлен вентилятор ВЦД – 47м.

**Вентиляционный ствол №6 (ВС - 6).**

Распологается в 150м к востоку от ВС - 5.

- диаметр ствола в свету – 6.5м;

- глубина – 1600м;

- высота над уровнем моря –278.0м;

- сопряжения на отметках: -950м, -1100м, -1047м, -1200м, -1250м, -1278м, -1302м (зумпфовый водоотлив).

Ствол оснащен двумя одноканатными подъемными установками ШПМ 1-5х3 с навеской клети и бадьи емкостью 3м3. Предназначен для выдачи исходящей струи с нижних горизонтов, служит запасным выходом. У устья ствола установлен вентилятор ВЦД – 47м.

## 1.13. Эксплуатационные горизонты

Поле рудника «Таймырский» разделено на четыре горизонта, имеющие связь со стволами СС - 3, КС - 3, ПЗС, ВПС.

**Горизонт –1050 м.**

Служит для вскрытия и отработки запасов верхней (у границы рудника «Октябрьский») и средней (взброшенной) частей 1 Хаерлахской залежи.

**Горизонт –1150 м.**

Служит для вскрытия и отработки запасов средней части 1 Хаерлахской залежи.

**Горизонт –1300 м.**

Служит для вскрытия и отработки запасов верхей части 2 Северной залежи.

**Горизонт –1345 м.**

Служит для вскрытия и отработки запасов нижней части обеих залежей.

**1.14. Системы разработки применяемые на руднике “Таймырский”**

Большая глубина залегания и неблагоприятные физико-механические свойства вмещающих пород Талнахского месторождения предупредили вскрытие вертикальными стволами.

Исходя из опыта отечественной и зарубежной практики, вскрытие осуществлено на всю глубину месторождения, так как при этом нет необходимости при эксплуатации останавливать очистные работы для углубки стволов.

На руднике “Таймырский” применяется следующая система разработки: сплошная слоевая с бетонной /твердеющей/ закладкой отработаного пространства с применением мощного самоходного оборудования с дизельным приводом.

Применяются два варианта системы:

1) выемка восходящими горизонтальными или слабо наклонными слоями

2) камерно-целиковая выемка

Сущность восходящего порядка выемки слоев состоит в том, что рудное тело разделяется на ленты шириной 8 м, ширина очистного пространства принята с учетом результатов испытаний физико-механических свойств и нарушенности руд и пород рудника “Таймырский”, а также практика, применения камерно-целиковых систем разработки на других рудниках, которые отрабатываются слоями снизу вверх с оставлением между кровлей слоя и закладкой свободного пространства. Ленты длинной стороной распологаются по простиранию так, чтобы их почва имела уклон, равный углу растекания закладки (5-6град.) Очистные работы начинают с выемки центральной ленты, и развивают в дальнейшем в обе стороны (по падению и восстановлению) к фланговым уклонам. Для заезда самоходного оборудования с каждой стороны поля пройдены два транспортных уклона. Расстояние между ними 328,5м. Затем на флангах транспортного уклона проходят панельные квершлаги в крест простирания залежи и разделяют поле на панели шириной 120м. Из панельного квершлага в каждой панели проходится диагональный уклон до кровли залежи, из которой нарезаются слоевые орты. Вентиляционный и откаточный горизонты имеют общую схему подготовки и связаны с очистными выработками системой рудоспусков и вентиляционных восстающих, которые служат для вентиляции и переспуска руды.

Выемку запасов производят в три стадии:

1) отработка нижнего слоя;

2) отработка основного слоя;

3) отработка подкровельного слоя.

При камерно-целиковой системе разработки панель разделяют на секции, включающие три ленты по 8 метров, отрабатваемые в две очереди: в первую - нечетные ленты слоями снизу вверх, а во вторую очередь среднюю ленту (целик) вертикальными слоями на всю мощность рудного тела, после полной выемки и закладки примыкающих к ней лент. Подготовка и технология очистной выемки слоями снизу вверх остается без изменений. Для обеспечения доступа самоходного оборудования в район камер, необходимые выработки сохраняют в панельном целике.

Конструкция днища камер может быть рудной и бетонной. Для оформления рудного днища в почве смежной с камерой ленты оставляют рудный слой мощностью 3,5-4 метра, в котором проходят по границе оставляемого рудного слоя, который отрабатывают после выпуска руды из камеры и ее закладки.

2. Механическое оборудование

**2.1. Подземный транспорт**

Совокупность операций по загрузке и перемещению грузов в пределах горного предприятия, как в шахте, так и на поверхности носит название “рудничный транспорт”.

Рудничный транспорт имеет весьма важное значение для всей работы рудника. Лишь при четкой и бесперебойной работе транспорта наиболее полно реализуются технические возможности выемочного оборудования, создаются условия для роста добычи, повышение производительности труда и снижение себестоимости продукции.

Все транспортные устройства и их работа должны быть технически и организационно увязаны между собой в общем комплексе горных работ.

Основными требованиями, предъявляемыми к транспортному оборудованию, являются своевременное и бесперебойное перемещение полезного ископаемого и породы из забоев. В связи с этим транспортные установки должны иметь производительность, соответствующую производительности забоев при применении наиболее совершенных и прогрессивных средств механизации. Несмотря на относительно высокий уровень механизации и возрастающую техническую оснащенность внутришахтный транспорт до настоящего времени является еще весьма трудоемким и дорогостоящим процессом и не всегда обеспечивает бесперебойную высокопроизводительную работу очистных и горнопроходческих комплексов.

Организационная работа на транспорте должна иметь следующее содержание:

взаимоувязка всех звеньев транспортной системы по пропускной способности и во времени;

рациональная расстановка вагонного парка;

выбор наиболее рациональных маршрутов движения;

выделение необходимого времени на профилактическое обслуживание транспортных средств;

оперативное регулирование работы транспорта.

Основой организации работы внутришахтного транспорта является работа всех его звеньев по заранее составленому графику. Графики работы нестационарных траспортных средств, называемых графиками движения, составляютрся на основе рассчета продолжительности одного цикла (рейса), с учетом длины транспортирования, скорости движения транспортных средств и простоев в местах разгрузки,погрузки и разминовок.

Продолжительность одного рейса:

Т = vг / L+ vп / L + tп + tр , (2.1)

где: Тр - продолжительность одного рейса, мин.;

L - протяженность маршрута, м.;

v г и vп - средние скорости движения поезда соответственно с грузом и порожним составом, м/с;

tг и tп - продолжительность маневров соответственно при погрузке и разгрузке составов, мин.

Число электровозов, необходимых для обслуживания каждого маршрута участка, определяется по формуле:

N = Кн ( Q / Тр Топ ), (2.2)

где: Q - сменный плановый грузопоток;

Кн - коэффициент неравномерности грузопотока;

Тр - число вагонов в составе;

Топ - время работы электровоза по транспортировке груза.

Применяемое оборудование на подземном транспорте рудника “Таймырский”:

- Электровоз КР-2А, сцепной вес 14т, применяется для транспортировки руды и породы;

- Электровоз 10 КР, сцепной вес 10т, применяется для перевозки людей и маневровых работ;

- Электровоз АМ8 (аккумуляторный), сцепной вес 8,5т, применяется для транспортировки породы при проходческих работах;

- Вагоны УВГ-4, емкость 4м3 , для транспортировки руды;

- Вагоны УВБ-4, емкосеь 4м3 , для транспортировки породы и других грузов;

- Вагоны ВП-18 , пассажирский вагон на 18 мест;

- Платформы для транспортировки оборудования и материалов;

- Вибролюки и люки для погрузки горной массы;

- Круговые опрокиды для выгрузки вагонов УВГ-4;

- Рельсы Р-38 и Р-43;

- Стрелочные переводы марки 1/5,1/7Р-43.

**Организация работ по транспортировке руды.**

Транспортировка руды с добычных участков до скипового подъема осуществляется контактными электровозами по кольцевой схеме гружеными составами под уклон, порожними на подъем.

Погрузка руды в вагон осуществляется люковым рабочим добычного участка, который руководит маневровыми работами при погрузке, регулирует неравномерность и своевременность отгрузки руды со своего участка, дает заявку оператору ВРТ на подачу очередного порожняка.

После загрузки состава машинист электровоза в одном лице, самостоятельно без запроса, транспортирует груз строго соблюдая установленную схему откатки и, руководствуясь двухсветовой безконтактной сигнализацией, к скиповому подъему на круговой опрокид. До разгрузки вагонов работники ОТК с каждого состава берут пробу на анализ.

Разгрузка руды на круговом опрокиде осуществляется опрокидчиком - рабочим участка ВШТ, который осуществляет работу опрокида с дистанционного пульта управления и ведет учет количества разгрузившихся вагонов с каждого участка.

Характеристика подвижного состава.

Контактный электровоз типа 14 КР-2А.

ширина колеи - 750мм;

сцепной вес - 14 т;

# сила тяги в часовом режиме - 2400 кт;

# Грузовая вагонетка типа УВГ-4 .

# Емкость - 4м.куб;

# вес вагонетки - 2950кг;

# грузоподьемность - 10т;

# вес вагонетки при нормальном заполнении:

# а) порода р п =2 т/м3, Рп= 2 ⋅ 4 = 8 т ;

# б) руда рр = 2,7 т/м3, Рр =2,7 ⋅ 4 = 10,8 т.

# Вес богатой руды превышает грузоподьемность вагонетки. Поэтому при погрузке следует учитывать не наполнение, чтобы не превышать максимальную грузоподьемность - 10 т. Величина состава поезда принята (с учетом груза) согласно рассчету по условию торможения - 8 вагонов.

# После выгрузки вагонетки с рудой на круговом опрокиде машинист электровоза посредством телефонной связи получает указания отоператора ВШТ, на какой участок он должен следовать для последующей отгрузки руды. И так циклы повторяются непрерывно. В связи с неравномерностью погрузки вагонеток на погрузочных пунктах по времени в ределах от 10 до 30 и более минут, время за один цикл колеблется в широких пределах и за 7 час. работы составляет в среднем 70 мин, что превышает расчетное время на 18 мин или составляет 6 рейсов в смену с производительностью 48 вагонеток на один локомотиво-состав.

Для обеспечения своевременной отгрузки руды с добычных участков на откатке ежемесячно работает 10 локомотивосоставов. Работа по отгрузке руды с добычных участков организована круглосуточно, за исключением праздничных дней. Смены машинистов электровозов по 8 часов, из них по 30 мин на прием и сдачу электровозов и подвижного состава. Итого рабочего времени 7 часов. В дневную смену до 12.00 отгрузка руды не производится (профилактический ремонт оборудования по руднику). В это время подвижной состав используется на зачистке откаточных горных выработок по участкам.

Для транспортировки горной массы с промежуточных участков применяются аккумуляторные электровозы АМ-8 и вагоны УВБ-4.

Доставка материалов и оборудования осуществляется согласно заявок, поданных участками подразделений руднка. Траспортировка рабочих рудника от рудного ствола к месту работы и обратно осуществляется в вагонах ВП-18 согласно расписанию движения пассажирских поездов, утвержденного главным инженером.

**Виброленты-питатели для рудоспусков.**

Виброленты-питатели типа ВРЛ-1,ВРЛ-2,ВРЛ-3 - устанавливаются на погрузочных пунктах в рудоспусках для создания возмущающей силы на направляющей для выпуска руды.

Таблица 2.1.

Техническая характеристика вибраторов.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование показателей | Ед. | ВРЛ-1 | ВРЛ-2 | ВРЛ-3 |
| Техническая производительность | т/ч | 350 | 500 | 500 |
| Грузо-несущя способность | Т. | без ограничения | | |
| Размеры кондиционного куска | Мм | 500 | 800 | 800 |
| Вес двигателя | кг | 200 | 550 | 700 |
| Возмущающая сила вибраторов | кг | 800 | 1000 | 1300 |
| Частота колебаний | 1/об | 2800 | 2800 | 2800 |
| Мощность эл.двигателя | кВт | 0,6 | 1,5 | 1,5 |
| Угол наклона к горизонту | Град | 20 | 20 | 20 |
| Тип вибратора |  | ИВ-21 | ИВ-24 | ИВ-24 |

**Круговой опрокид.**

Опрокидыватель типа ОКЭ-2 предназначен для разгрузки глухих вагонов емкостью 4 м.куб. без расцепления состава путем поворота ротора с вагоном вокруг оси вращения на 360 градусов.

Таблица 2.2.

Техническая характеристика ОКЭ-2.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование показателей | Ед. | Величины |
| Габаритные размеры  Длина  Ширина  Высота | мм | 11790  6300  4480 |
| Длина ротора по оси дисков | мм | 7700 |
| Диаметр концевых дисков | мм | 4400 |
| Диаметр приводных роликов | мм | 500 |
| Общее передаточное число |  | 320 |
| Количество одновременно  Работющих приводов | шт | 4 |
| Тип электродвигателя   * мощность * число оборотов | КВт  1/мин | АО-2-61-10  1  970 |
| Производительность  Опрокидывателя | Ваг/ч | 200 |

**2.2. Комплексы самоходного оборудования, применяемого на руднике “Таймырский”**

Выемку запасов производят в три стадии: отработка нижнего, основного и подкровельного слоя.

## Комплекс для отработки нижнего слоя.

В состав комплекса входят:

- буровая самоходная установка типа: “Меди - Бор” и “Бумер”;

- погрузо-доставочная машина типа: “ЛФ-27” и “КССМ-6”;

- самоходная каретка для оборки и осмотра кровли “ПЕК-22” и “КССМ-6”;

- торкрет-установка “Алива-300”.

## Комплекс отработки основного слоя с отбойкой руды восстающими шпурами, в который входит оборудование:

- буровая самоходная установка типа “Бумер-135”;

- погрузо-доставочные машины типа “ЛФ-12”, “АФ-12”, “КССМ-9”;

- самоходная каретка для оборки и осмотра кровли типа “ПЕК-22”, “ПЕК-24”.

## Комплекс для отработки подкровельного слоя, в который входит следующее оборудование:

- буровая самоходная установка типа “БУМЕР-135”;

- погрузо-доставочная машина типа “АФ-12” и “КССМ-12”;

- самоходная каретка для осмотра и оборки кровли “ПЕК-24”;

- торкрет-установка “АЛИВА-300”.

## Комплекс для отработки целика при камерно – целиковой системе разработки, в который входит следующее оборудование:

- буровая установка типа “Меди-Бор” и “Бумер-127” - при проходке транспортно-доставочного штрека, верхнего и нижнего разрезного штрека;

- буровая установка типа “Фэн-Дрилл” - для разбуривания целика;

- самоходная каретка для осмотра и оборки кровли типа “ПЕК-24” ;

- торкрет-установка типа “АЛИВА-300”.

**2.3. Вентиляция рудника**

**2.3.1. Общие положения**

Большая глубина разработки месторождения, наличие в рудах и вмещающих породах метана, высокие температуры руд и пород, высокая окисляемость отбитых сульфидных руд, применение ВВ на отбойке горной массы, а также самоходного оборудования с дизельным приводом на бурении, доставке, зачистке, креплении выработок и на вспомогательных работах требуют применения искусственного проветривания поверхностными вентиляторами.

**2.3.2. Схема и способ проветривания рудника**

Проветривание рудника «Таймырский» осуществляется всасывающим способом по фланговой схеме. Свежий воздух с поверхности в подземные выработки на рабочие горизонты – 950м, - 1100м, - 1300м поступает по вертикальным стволам: КС – 3, СС – 3, ПЗС, ВПС, за счёт общешахтной депрессии, создаваемой главными вентиляторными установками на вентиляционных стволах ВС – 5, ВС – 6. Далее по откаточным и транспортным выработкам поступает в очистные, подготовительные, нарезные выработки и технологические камеры. После проветривания очистных работ, подготовительных и нарезных проходческих забоев и камерных выработок исходящая струя воздуха выдаётся на выработки вентиляционно–закладочных горизонтов – 950м, - 1000м, - 1200м и далее направляется к стволам ВС – 5 и ВС – 6, по которым вентиляторами ВЦД - 47м «Север» выбрасывается на поверхность в атмосферу.

Все воздухоподающие стволы рудника оборудованы калориферными установками для подогрева свежего воздуха в холодные периоды года. Каждая калориферная установка состоит из системы калориферов марок ТРВВ – 8 и ВО – 146/1510 – 71 – Н – УХЛ4. Подогретый воздух калориферными вентиляторами ВОД – 40 на стволах КС – 3 и ПЗС смешивается с холодным атмосферным воздухом в смесительных камерах и направляется по вентиляционным каналам в стволы.

Вентиляторные установки ВЦД - 47м «Север» на стволах ВС – 5 и ВС – 6 имеют по два агрегата (вентилятора) каждый – рабочий и резервный, которые работают поочередно согласно графика. Каждая вентиляторная установка оборудована приборами контроля подачи (производительности) и давления (депрессии).

Очистные выработки на руднике проветриваются за счёт общешахтной депрессии. Проветривание тупиковых проходческих забоев осуществляется вентиляторами местного проветривания ВМ – 12 и ВМЭ – 6 нагнетательным способом и сжатым воздухом после взрывных работ. Камерные выработки – склады ВМ, камеры ГСМ, камеры СДО, депо аккумуляторных электровозов проветривается обособленной струей воздуха.

Вентиляционная схема проветривания рудника предусматривает возможность реверсирования воздушной струи в аварийных случаях. При реверсировании воздушной струи в холодное время года проектно предусмотрен подогрев подаваемого в шахту воздуха по ВС – 5, ВС – 6 с помощью газового воздухонагревателя ВГС – 6,3, установленного у каждой вентиляционной установки на поверхности и соединённого с ней вентиляционным каналом.

Калориферные установки на КС – 3 и ПЗС в аварийном режиме (остановка калориферного вентилятора) работают на прямотоке с поступлением наружного воздуха в стволы.

Эквивалентное отверстие – 22,99 м2. Количество воздуха необходимое для проветривания рудника Q=808,6 м3/с.

Таблица 2.3.

Потери воздуха.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Утечки | М3/с | от QВ, % |
| Внешние утечки |  |  |
| Утечки через копёр ВС – 5. | 48 | 9,6 |
| Утечки через копёр ВС – 6. | 35 | 9,0 |
| Внутренние утечки |  |  |
| Гор.- 950 м. | 10 |  |
| Гор.- 1200 м. | 32 |  |

Таблица 2.4.

Характеристика вентиляторов главного проветривания.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | ГВУ ВС-5 | ГВУ ВС-6 |
| Вентиляторы | ВЦД-47м  «Север» | ВЦД-47м  «Север» |
| Диаметр рабочего колеса вентилятора, мм | 4700 | 4700 |
| Число ступеней (рабочих колёс). | 2 | 2 |
| Производительность до реверсирования, м3/с. | 501 | 391 |
| То же после реверсирования, м3/с. | 436 | 383 |
| Развиваемая вентилятором депрессия до реверсирования, мм. вод. ст. | 270 | 300 |
| То же после реверсирования, мм. Вод. Ст. | 270 | 260 |
| Номинальная скорость вращения колеса вентилятора, об/мин. | 450 | 490 с закр. УСМ на 45° |
| Способ управления реверсивными и переключающими устройствами. | Полуавтомат | Полуавтомат |
| Время перехода вентилятора на реверсивный режим работы, мин. | 5 | 5 |

Таблица 2.5.

Баланс воздуха по руднику.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Входящая струя | М3/с | Исходящая струя | М3/с |
| Клетьевой ствол №3  Скиповой ствол №3  Породо – закладочний ствол (ПЗС)  Воздухо – подающий ствол (ВПС)  Сжатый воздух | 266,0  100,0  244,0  178,0  30,0 | Вентиляционный ствол №5 (ВС-5)  Вентиляционный ствол №6 (ВС-6) | 457,0  361,0 |

3. Электроснабжение горного предприятия

Для покрытия всей нагрузки основной площадки сооружена отдельно стоящая ГПП-33 с трансформаторами 2 х 32 мВА.

Ру-6кВ ГПП-33 выполняется с одинарной системой шин, секционированной из 4 секций с АВР на секционном выключателе и комплектуется из камер серии К-ХХIII, К-ХХIV с выключателями ВЭМ-6 (Sоткл = 350 МВА). На отходящих от ГПП линиях устанавливаются токоограничивающие реакторы.

При турбокомпрессорной и надшахтном здании КС-3 сооружаются распределительные подстанции РП-305 и РП-363, от которых радиальными линиями питаются трансформаторные подстанции, эл.двигателей 6кВ и подземные центральные и распределительные подстанции.

Передача электрической энергии от ГПП-ЗЗ к Турбокомпрессорной и стволам КС-З и СС-З осуществляется по кабельным линиям.

На площадках рудника “Таймырский” сооружены три главных понизительных подстанции.

На основной площадке ГПП-33 с трансформаторами 2х32 МВА; на площадке вспомогательных стволов ГПП-32 с трансформаторами 2х25 МВА; на площадке вентиляционных стволов №5 и №6 ГПП-35 с трансформаторами 2х16 МВА. Схемы коммутации ГПП приняты без выключателей на стороне высшего напряжения с установкой отделителей в цепях трансформаторов и передачей отключающего импульса на головной выключатель питающей линии по высокочастотным каналам. Для питания электрической энергией рудника “Таймырский” сооружены две ВЛ-110кВ от секции ЗРУ-110кВ ТЭЦ-2.

От РП-305 питаются электродвигатели турбокомпрессоров и насосов оборотного водоснабжения.

От РП-363 поверхность и подземные потребители комплекса КС-3.

В надшахтном здании ПЗС сооружена распределительная подстанция 6 кВ - РП- 352. От РП-352 питаются подъемные машины ПЗС и трансформаторные подстанции в районе ствола ПЗС.

На площадке вентиляционных стволов № 5 и 6 сооружается отдельно стоящая ГПП-35. Основными потребителями электроэнергии являются две вентиляторные установки ВЦД-47, подъемные машины на ство­лах № 5 и 6 и подземные электроустановки. В здания вентиляторных установок встраиваются РП-360 и ТП-360 на ВС-5 и РП-361 и ТП-361 на ВС-6. От РП получают питание электродвигатели 6кВ вентиляторных установок, трансформаторные подстанции и подземные подстанции.

Предусматриваются следующие виды защиты.

На силовых трансформаторах ГПП-33, ГПП-35:

* продольная дифференциальная защита;
* на ГПП-35 – максимальная токовая защита на стороне высшего напряжения с двумя выдержками времени;
* На ГПП-33 - максимальная токовая защита с выдержкой времени; максимальная токовая защита с выдержкой времени на вводах 6 кВ;
* газовая защита в баке трансформатора действующая на отклонение и сигнал;
* газовая защита в баке переключающего устройства, действующая на отключение;
* реле уровня масла с действием на сигнал;
* защита от перегрузки на вводах 6кВ с действием на сигнал;

От защит дифференциальной, газовой, максимальной со стороны высшего напряжения предусматривается передача отключающего импульса на головной выключатель питающей линии 110кВ на ТЭЦ-2 и ПП-110кВ, после отключения, которого в бестоковую паузу поизводится отключение поврежденного трансформатора с помощью отделителя. Для передачи сигналов телеотключения применяется аппаратура типа ВЧТО-М. Каналы связи организуются по линиям электропередач 110кВ.

На секционных масляных выключателях ГПП и РП:

Предусматривается максимальная токовая защита с выдержкой времени ускорением при действии АВР. На линиях, питающих РП предусматривается максимальная токовая защита с выдержкой времени, земляная защита с выдержкой времени с действием на сигнал.

На линиях, питающих ТП, предусматривается максимальная токовая защита с выдержкой времени, токовая отсечка и газовая защита для внутрицеховых ТП.

На линиях, питающих подземные электросети 6кВ, предусматривается максимальная токовая защита с выдержкой времени, направленная защита нулевой последовательности с действием на отключение, защита минимального напряжения с действием на отключение.

Предусматриваются следующие автоматические устройства:

* АВР на секционных выключателях 6кВ ГПП-33 и ГПП-35 при отключении одного из трансформаторов или питающей линии. АВР с частотным пуском и контролем направления мощности;
* АВР на секционных выключателях 6кВ РП-360, 361, 363, 305. АВР с частотным пуском и контролем направления мощности;
* АВР на щитах 0,4кВ на ГПП;
* АПВ вводов 6кВ при отключении на длительное время одного из трансформаторов, которое вводится вручную на оставшемся в работе трансформаторе;
* АЧР, на ГПП-33 отключаются линии скиповых машин, на РП-305 - линии компрессоров;
* автоматическое управление переключателем напряжения под нагрузкой на силовых трансформаторов ГПП;
* автоматическое управление обдувкой трансформаторов ГПП;
* автоматические осциллографы для записи аварийных процессов на ГПП-33, ГПП-35, ПП-110;
* АВР на секционировании линий 110кВ, на переключательном пункте;

АПВ линий 110кВ на переключательном пункте.

Управление вводными и секционными выключателями 6кВ на ГПП предусматривается со щита управления, на котором размещается также аппаратура защиты и автоматики силовых трансформаторов и секционных выключателей. Управление выключателями линий 6кВ производится с помощью ключей, установленных на камерах КРУ и КСО.

3.1. Диспетчеризация

Предусматривается двухступенчатая диспетчеризация объектов электроснабжения: от диспетчера сетей и подстанций Талнахского района и от диспетчера энергоснабжения рудника “Таймырский”.

Предусматривается следующий объем телемеханизации.

На ГПП:

* телесигнализация положения выключателей вводов, секционных, отходящих линий на РП, секционных и линейных отделителей, короткозамыкателей в нуле;
* телесигнализация неисправности трансформаторов, земли в сети 6кВ, аварии, неисправности пожарной опасности;
* телеуправление секционным масляным выключателем.

На переключательном пункте:

* телеуправление всеми выключателями 110кВ;
* телесигнализация аварии, неисправности пожарной опасности.

На РП: сигнализация положения выключателей вводов и секционных, сигнализация аварии, неисправности пожарной опасности.

В качестве каналов связи для телемеханики используются свободные телефонные пары в телефонной сети, проверенные на затухание.

3.2. Канализация электрической энергии

Воздушные линии электропередач 110кВ.

Магистральные линии от ТЭЦ-2 до отпайки к ГПП-33 провод марки АСО-240, от отпаек на ГПП-33 до отпаек на ГПП-32 – АСО-150.

Отпайки ВЛ к ГПП-33 выполняются проводом АС-120 на деревянных опорах.

Отпайки ВЛ к ГПП-32 выполняются проводом АС-95.

Отпайки ВЛ к ГПП-35 выполняются проводом АС-95 на деревянных опорах, рассчитанных для IV гололедного района, ввиду большого перепада высот по трассам ВЛ.

Проектируемые линии от грозовых перенапряжении защища­ются тросами по всей длине ВЛ.

Все тросовые опоры подлежат заземлению. На пересекаемых трубо и газопроводах устанавливаются защитные решетки, и предусматривается устройство повторных заземлителей.

Для пихания собственных нужд ПП-110 предусматривается сооружение воздушной линии б кВ от ГПП-30 ( второе питание по кабельной линии от ГПП-32).

Линия выполняется проводом АС-50 па деревянных опорах.

Внецеховые кабельные сети 6 и 0,4 кВ.

Внецеховые сети площадок рудника, электрические связи между главными понизительными, распределительными и трансформаторными подстанциями решены кабельными линиями. Кабели приняты бронированные, с алюминиевыми жилами.

Прокладка кабелей выполняется в кабельных тоннелях, каналах, на кабельных конструкциях по стенам зданий, в земляных троншеях, по кабельным эстакадам.

Подстанции.

ГПП-33, на основной площадке рудника, устанавливаются два силовых трансформатора ТРДН-32000/110, с расщепленной обмоткой НН, с регулированием напряжения под нагрузкой.

Схема коммутации ГПП-33 принята с установкой отделителей в цепях трансформаторов и устройством перемычки со стороны трансформаторов.

В перемычке устанавливаются разъеденитель и отделитель. Короткозамыкатели в цепях трансформаторов устанавливаются для резервирования передачи отключающего импульса.

Распределительное устройство 6кВ выполняется закрытого типа. Схема РУ-6 кВ выполнена с одинарной системой шин, секционированной на 4 секции, с АВР на секционных выключателях. Оперативный ток на ГПП-33 – постоянный. Закрытая часть выполняется двухэтажной с расположением на 2-м этаже РУ-6 кВ, токоограничивающих реакторов на отходящих линиях и щита управления; на первом этаже – кабельное помещение, камеры для установки разъеденителей за реакторами и КТП-2х250кВА для собственных нужд ГПП-33.

На ГПП-35 устанавливаются два силовых трансформатора ТДН-16000/110, с регулированием напряжения под нагрузкой. РУ-6 кВ комплектуется шкафами серии КРУ-2-6Э с выключателями ВМП-10К с приводами ПЭ-11.

ПП-110кВ выполняется закрытого типа, распологается на площадке вспомогательных стволов.

РУ-110кВ ПП состоит из 5 ячеек с воздушными выключателями ВВН-110А-6 и 2 ячеек с трансформаторами напряжения и разрядниками. Ошиновка РУ-110кВ выполняется гибкими сталеалюминиевыми проводами.

На открытой части ПП-110 устанавливаются приемные порталы и аппаратура В.Ч. связи. В щитовом блоке располагаются: щиты защиты и управления воздушеными выключателями, аккумуляторная батарея СК-3, компрессорная для подачи сжатого воздуха к приводам выключателей и разъеденителей и трансформаторная подстанция 2КТП-250 для питания собственных нужд ПП-110.

Распределительные и трансформаторные подстанции.

Распределение электрической энергии на напряжении 6кВ к высоковольтным электродвигателям и трансформаторным подстанциям 6/0,4 кВ по поверхностным сооружениям площядок рудника предусматривается как с шин ГПП, так и от рапределительных подстанций 6кВ.

РП-6кВ располагается в местах сосредоточения нагрузок электрических потребителей, и комплектуются из шкафов типа КРУ2-6Э и КСО-266.

Распределение электрической энергии на напряжении 400/230 В для питания силовых электроприемников цехов и освещения производится от цеховых ТП 6/0,4 кВ.

Цеховые ТП выполнены по типовому проекту – комплектные трансформаторные подстанции (КТП) двухтрансформаторные с мощностью трансформаторов 630-1000 кВА.

3.3. Расчет электроснабжения комплекса поверхности

Составим укрупненную однолинейную схему.

Определим расчетную нагрузку ГПП-33

По методу коэффициента спроса принимаем



Для всей нагрузки принимаем cosϕ=0,8

, (3.1)



, (3.2)



, (3.3)



для ЭКГ-190

,



,



.



Результаты остальных расчетов сведены в таблице.

Таблица 3.1.

Ведомость электрических нагрузок на ГПП-33.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Кол-во, шт. | Руст.  КВт | Кс | Cosϕ | Рр,  КВт | Qр,  КВАр | Sр,  КВА |
| РП-309: |  |  |  |  |  |  |  |
| ЭКГ-190 | 1 | 250 | 0,7 | 0,8 | 175 | 131 | 219 |
| ЭКГ-121 | 1 | 250 | 0,7 | 0,8 | 175 | 131 | 219 |
| ТП-309 | 1 | 800 | 0,7 | 0,8 | 560 | 420 | 700 |
| Двиг. Конвейеров СС-3 | 2 | 320 | 0,7 | 0,8 | 224 | 168 | 280 |
| Двиг. Конвейеров СС-3 | 2 | 500 | 0,7 | 0,8 | 350 | 263 | 438 |
| ТП-312 | 1 | 1600 | 0,7 | 0,8 | 1120 | 840 | 1400 |
| РП-363 |  |  |  |  |  |  |  |
| Насосы | 3 | 500 | 0,7 | 0,8 | 350 | 263 | 438 |
| ТП-363 | 1 | 1600 | 0,7 | 0,8 | 1120 | 840 | 1400 |
| ПМ1 клетьевой подъем | 1 | 1600 | 0,7 | 0,7 | 1120 | 840 | 1400 |
| ПМ2 клетьевой подъем | 1 | 3500 | 0,7 | 0,7 | 2450 | 1838 | 3063 |
| ВОД-40 (СД) | 1 | 1600 | 0,7 | -0,9 | 1120 | 0 | 1120 |
| РП-365 |  |  |  |  |  |  |  |
| ПМ скиповой подъем | 2 | 5000 | 0,7 | 0,7 | 3500 | 2625 | 4375 |
| ТП-365 |  |  |  |  |  |  |  |
| ТМЗ | 1 | 800 | 0,7 | 0,8 | 560 | 420 | 700 |
| РП-305 |  |  |  |  |  |  |  |
| Компрессоры СД | 8 | 3200 | 0,7 | -0,9 | 2240 | 0 | 2240 |
| Насосы |  | 1250 | 0,7 | 0,8 | 875 | 656 | 1094 |
| Вспом. Привода |  | 1000 | 0,7 | 0,8 | 700 | 525 | 875 |

Суммарная расчетная нагрузка всей ГПП-33

,



QрΣ=11860кВАр.

На основе данного расчета, при проектировании на перспективу, по табл. 27.8 [1] наметим к установке на ГПП-33 два трансформатора типа ТРДН-40000/110 поскольку трансформаторы типа ТРДН-32000/110 сняты с производства.

Проверка на перегрузочную способность при установке на ГПП-33 двух трансформаторов.

- условие выполняется.



**3.4. Расчет высоковольтных кабельных линий**

Поверочный расчет производим для кабелей от ГПП-33 до РП-365.

Согласно ПУЭ [2], расчет производим по:

1. экономической плотности тока

расчетный ток кабельной линии

, (3.4)



;



по условию прокладки кабеля и температуре О.С.

, (3.5)



где к1=к2=1 – коэффициенты учитывающие условия прокладки кабеля (на эстакадах) и температуру О.С.=15о С.

, (3.6)



где jЭ=1,7А/мм2 – экономическая плотность тока при числе часов использования максимума нагрузки 3000-5000.

;



по табл. 4.14. [3] выбираем кабель марки ААБГ- 3х240.

1. по допустимому току нагрева

условие: IрA<IДОП

,



где S’р – расчетная мощность в аварийном режиме

;



с учетом этого по табл. 4.14. [3] выбираем кабель марки ААБГ – 3(3х240).

1. проверочный расчет на термическую стойкость

, (3.7.)



где I – установившийся ток К.З., tФ – приведенное время установившегося тока К.З., к – температурный коэффициент =75А\*с0,5/мм2

расчетное значение тока К.З. приведено ниже

;



4) Согласно ПУЭ [2] проверку кабельных линий по допустимому падению напряжения не производим.

Расчет кабельной линии от ГПП-33 до РП-363 сводим в таблицу.

Таблица 3.2.

Выбор кабельной линии.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка кабеля | Iдоп., А | Iрасч., А | Iрасч.А, А | Sтермич.стоик., мм2 |
| ААБлГ-4(3х185) | 1000 | 528 | 705 | 63 |

**3.5. Расчет токов короткого замыкания**

Составим схему замещения ГПП-33, РП-363 и РП-365 принимая



Расчет ведем по методу расчетных кривых для турбогенераторов по общему изменению.

базисный ток

;



расчетные сопротивления элементов схемы замещения:

воздушная линия l=1,5км

сечение ВЛ

;



где - экономическое сечение при числе часов максимального использования >5000.



;



;



трансформатор

;



при S>1000кВА активное сопротивление не учитываем

кабель ААБлГ-4(3х185), l=335м от ГПП-33 до РП-363

;



;



кабель ААШВУ-3х150, l=25м от РП-363 до 9РПП6 яч.№2

;



;



кабель ААБлГ-4(3х185), l=707м от ГПП-33 до РП-365

;



;



реактор РБ-10-630-0,56

;



суммарное приведенное индуктивное сопротивление от источника питания до точки КЗ К1

;



суммарное приведенное активное сопротивление от источника питания до точки КЗ К1

;



, 0,255<0,26; активное сопротивление можно не учитывать



расчетное сопротивление до точки К1

, при Scис= периодическая составляющая является незатухающей



I0,1=I”=I;



ток трехфазного короткого замыкания

;



ударный ток короткого замыкания

при по кривым рис.6.2. [4] определяем Куд=1,6



;



мощность короткого замыкания

;



суммарное приведенное индуктивное сопротивление от источника питания до точки КЗ К3

;



суммарное приведенное активное сопротивление от источника питания до точки КЗ К3

;



, 0,285<0,2853; активное сопротивление можно не учитывать



расчетное сопротивление до точки К3

,



ток трехфазного короткого замыкания

;



ударный ток короткого замыкания

при по кривым рис.6.2. [4] определяем Куд=1,6



;



мощность короткого замыкания

;



суммарное приведенное индуктивное сопротивление от источника питания до точки КЗ К2

;



суммарное приведенное активное сопротивление от источника питания до точки КЗ К2

;



, 0,274<1,376; активное сопротивление можно не учитывать



при ток трехфазного короткого замыкания



;



ударный ток короткого замыкания

при по кривым рис.6.2. [4] определяем Куд=1,8



;



мощность короткого замыкания

;



суммарное приведенное индуктивное сопротивление от источника питания до точки КЗ К4

;



суммарное приведенное активное сопротивление от источника питания до точки КЗ К4

;



, 0,269<0,275; активное сопротивление можно не учитывать



при Sсис= ток трехфазного короткого замыкания



;



подпитка места КЗ от СД

Iном.СД=;



IК=4831+4\*147=5419А

ударный ток короткого замыкания

при по кривым рис.6.2. [4] определяем Куд=1,6



;



мощность короткого замыкания

;



На основании сделанных расчетов можно отказаться от установки реакторов на ГПП-33, что приведет к некоторому увеличению мощности КЗ, но находится в пределах термической и динамической стойкости коммутационной аппаратуры.

4. Автоматизированный электропривод горных машин и установок

Скиповые подъемные машины рудника «Таймырский» размещены в башенном копре и предназначены для выдачи руды с горизонта 1150м. (для северной ветви) – 1345м. (для южной ветви).

Основное требование к системе автоматического управления подъемной установкой – точное выполнение заданной диаграммы скорости вне зависимости от загрузки подъемных сосудов и других внешних факторов, влияющих на нагрузку приводного двигателя подъемной установки.

Системы автоматического управления грузовых и грузолюдских подъемных установок должны отвечать требованиям экономичности, обеспечивать надежность и безопасность работы подъема во всех режимах, а именно:

* малую скорость при снятии подъемных сосудов с брусьев
* реализацию заданных законов в период разгона, торможения и дотягивания, исключающих появление ускорений и замедлений, превышающих предельно допустимые значения, устанавливаемые из условий исключения проскальзывания канатов по шкиву трения и возникновения недопустимых динамических нагрузок.
* отключение электропривода и включение рабочего тормоза при стопорении с контролем положения сосудов при загрузке и разгрузке.
* контроль работы загрузочно-разгрузочных устройств и состояния технологического оборудования подъемной установки.
* контроль отклонения скорости и включения защитных устройств при привешениях скоростью допустимых значений.
* защиты от переподъемов, нулевую и максимальную защиты.
* предусматривать остановку сосудов в промежуточных точках ствола.

световую сигнализацию о режимах работы подъемной установки в здании подъемной машины, у оператора загрузочного устройства, у диспетчера.

Современные регулируемые электроприводы постоянного тока для автоматизированных подъемных установок выполняют на основе двигателей постоянного тока с независимым возбуж­дением.

Поскольку регулирование скорости осуществляется за счет изменения напряжения, подводимого к якорю двигателя, то в качестве преобразователя напряжения постоянного тока наибо­лее перспективны тиристорные управляемые выпрямители, кото­рые могут подключаться непосредственно к якорной обмотке приводного двигателя либо к обмотке возбуждения генератора постоянного тока, питающего приводной двигатель.

Управление приводами с вентильными выпрямителями осу­ществляется с помощью электронных регуляторов, обладаю­щих большим быстродействием.

Разрабатываются и применяются унифицированные системы регулирования с последовательной коррекцией, выполняемой активными звеньями, построенными на операционных усилите­лях постоянного тока (с коэффициентами усиления в разомкну­том состоянии не менее 104), имеющих следующие преимущест­ва:

- реализацию с высокой точностью желаемых передаточных функций,

- малую мощность управления усилителей, что позво­ляет применять датчики и задатчики параметров с очень малой выходной мощностью;

- легкость и простоту наладки систем уп­равления электроприводами.

Построение систем управления на базе использования усилителей обеспечивает возможность широкой унификации схем и конструкций элементов, в том числе различного рода функциональных и других аналоговых устройств, предназ­наченных не только для автоматизации электроприводов, но и для решения задач автоматизации технологических процессов.

**4.1.Обоснование принятого способа и аппаратуры автоматизации**

Поскольку для подъемных установок накладываются ограничения по скорости и ускорению, вызванные требованием снижения динамических нагрузок в канатах и обеспечением комфорта при перевозке людей, то не требуется быстрого изменения величины и знака электромагнитного момента двигателя. Нет также необходимости в быстром реверсе скорости в технологических и аварийных режимах. Реверс скорости производится только из состояния покоя после остановки электродвигателя. Поэтому оказывается желательным и возможным применение для шахтных подъемных машин привода по системе ТП—Д с нереверсивным силовым ТП и реверсивным ТВ. Такой привод является экономичным и надежным, может обеспечивать требуемую плавность изменения скорости, ускорения и момента двигателя.

Преимущества систем подчиненного управления применительно к приводам подъемных машин.

Реализация систем подчиненного управления как многократно интегрирующих позволяет обеспечить минимальные ошибки регулирования по управлению и нагрузке. В таких системах статическая ошибка равна нулю при изменении в широких пределах статической нагрузки подъемных установок, весьма малыми оказываются динамические ошибки регулирования. На основе построения САУ как многократно интегрирующей с астатизмом второго порядка обеспечивается удовлетворение технологических требований по точности и быстродействию подъемных установок всех типов и исполнении.

Уменьшение времени цикла и повышение производительности подъемной установки обеспечивается:

- гарантированной линейностью изменения скорости; уменьшением периода трогания машин;

- четкостью повторения заданной диаграммы скорости при оптимальном использовании перегрузочной способности двигателя; большой точностью поддержания максимальной скорости, а также сниженной скоростью дотягивания;

- повышением точности остановки машины и подъемных сосудов в конце пути; исключением пауз для маневров при, ручном управлении и неточной остановке

Применением систем подчиненного управления достигаются:

- достаточная точность задания скорости и высокая точность регулирования скорости и отработки заданной диаграммы;

- стабильность программы скорости с помощью задатчика интенсивности, заменяющего программно-профильное устройство, практическое исключение разрегулирования устройства задания скорости, исключение необходимости его подстройки и возможности неквалифицированного вмешательства для изменения заданной программы движения;

- повышение безопасности эксплуатации подъемной установки;

- после аварийной остановки подъемной машины, когда участок пути от места остановки до точки нормального замедления оказывается меньше пути разгона, дальнейший разгон ограничивается точкой нормального замедления; после аварийной остановки машины на пути замедления продолжение движения возможно только на сниженной скорости дотягивания;

- линейность изменения заданной и действительной скорости;

- замена линии рыскания прямолинейным изменением скорости повышает к. п. д. установки, уменьшает эффективную мощность двигателя и расход электроэнергии;

- возможность ограничения пусковой мощности привода и улучшения работы высоковольтной сети;

- более высокие показатели формирования диаграммы движения;

стабильность скорости, ускорения, скорости нарастания тока якорной цепи привода, рывка, ограничение предельного тока; ограничение параметров диаграммы движения при пуске с середины ствола после аварийной остановки подъемной машины.

Применение систем подчиненного управления позволяет получить оптимальные диаграммы по нагрузкам на кинематические звенья подъемной установки (на машину и подъемные канаты). При этом увеличивается надежность машины за счет улучшения динамических свойств привода, снижается темп усталостного износа, повышается срок службы оборудования. При улучшении режима работы оборудования уменьшаются затраты и время ухода за оборудованием.

При автоматическом выполнении цикла подъема существенно улучшается работа подъемной установки, так как выбор оптимальной диаграммы скорости осуществляется применением электронного программного устройства — задатчика интенсивности и САУ — УБСР.

Принцип подчиненного регулирования заключается в том, что выходное напряжение регулятора является входным сигналом для следующего внутреннего контура управления. Характер переходного процесса в системе определяется типами звеньев в системы.

Задача всех регуляторов сводится к формированию определенного переходного процесса. Каждый регулятор должен произвести компенсацию максимальной постоянной времени, которая входит в данный контур регулирования. Так как на практике невозможно абсолютно компенсировать постоянную времени, то система настраивается на определенный оптимум.

Настройка системы заключается в обеспечении минимального времени регулирования и не превышения величиной перерегулирования допустимого критического значения. Это означает, что передаточная функция замкнутой системы состоящая из двух звеньев оптимизируется к следующей передаточной функции:

, (4.1)



где отношение постоянных времени T2/T1=m=2 – условие настройки на технический оптимум.

**Регулирование тока якорной цепи.**

Согласно общему методу синтеза систем подчиненного регулирования расчет параметров систем подчиненного регулирования производят путем последовательной оптимизации отдельных контуров регулирования, заключающейся в приведении передаточной функции замкнутого контура в соответствии с поставленными требованиями.

В системе регулирования скорости соподчиненным является контур регулирования тока якорной цепи. Общепринятый принцип оптимизации из условия технического оптимума базируется на упрощенной структурной схеме двигателя постоянного тока, не учитывающей обратной связи по э.д.с., на постоянстве параметров и линейности характеристик элементов, входящих в контур регулирования тока.

Объектом регулирования для контура тока является тиристорный преобразователь и ДПТ-НВ, передаточная функция которых:

; (4.2)



где КТП – коэффициент усиления ТП,

КТ – коэффициент обратной связи по э.д.с.,

R – сопротивление якорной цепи,

Tμ - постоянная времени ТП,

TЯ – постоянная времени якорной цепи.

При Tμ > TЯ внутреннюю обратную связь по э.д.с. не учитывают.

Передаточная функция замкнутого контура тока:

; (4.3)



По условию технического оптимума принимается T1= Tμ и аТ=2 – коэффициент демпфирования.

При этом обеспечивается оптимальное качество регулирования в смысле минимума перерегулирования при высоком быстродействии, но не учитывается скорость нарастания тока якорной цепи, которая регламентируется рядом технологических условий работы электропривода подъема.

Одно из требований к системе регулирования тока – необходимость ограничения скорости нарастания тока якорной цепи. Для этого используют двухконтурную систему регулирования тока якорной цепи с дополнительным контуром ограничения его производной. При этом настройка внутреннего контура (значение аТ) определяется уже не требованиями ограничения diЯ/dt, а из условия согласования работы внутреннего и внешнего контуров, что достигается при выполнении неравенства

tР.ВН =< tР.ВШ

в котором время регулирования внешнего контура превышает время регулирования внутреннего.

На основании этого можно записать:

; (4.4)



где Tμ - эквивалентная некомпенсируемая постоянная контура тока.

**Регулирование скорости.**

При синтезе контура регулирования скорости необходимо учитывать, что САУ должна быть двукратноинтегрирующей и обеспечивать требуемую точность отработки заданной диаграммы скорости.

Задача синтеза контура регулирования скорости – определение оптимальных его параметров, т.е. коэффициентов аС и bС из условия обеспечения требуемого быстродействия при заданных параметрах внутреннего контура регулирования тока.

Передаточная функция замкнутой САУ скоростью имеет вид:

; (4.5)



Для определения желаемой передаточной функции задаются масштабом времени:

Z = tрег / tн

Где tн – нормированное время переходного процесса, вычисляемое по нормированным переходным функциям:

tрег = 5δvmax/amax

Здесь tрег – время регулирования, определяемое по величине допустимой динамической ошибки δ, максимальной скорости движения подъемных сосудов vmax, максимальному ускорению в период разгона и замедления аmax.

Подбирая параметры системы аТθμ и Z добиваются удовлетворительного качества регулирования при малых значениях аТθμ и больших значениях Z. При увеличении аТθμ и уменьшении Z увеличиваются перерегулирование и колебательность процесса.

Особенность статических систем автоматического регулирования координат электропривода — возникновение статической ошибки, характеризующей различие между заданным и действительным значениями регулируемого параметра в статически режимах . Применительно к системам автоматического регулирования электроприводом рудничных подъемных установок, под статическим режимом понимают режим движения с установившейся скоростью.

При этом статическую ошибку системы автоматического регулирования оценивают разностью между заданной и действительной скоростями движения, выраженными в абсолютных или относительных единицах:

Δν= νзадан - νдейств ; δ=(νзадан - νдейств)/ νб ,

где νзадан , νдейств , νб — соответственно заданная, действительная и базовая скорости. За базовую скорость обычно принимают максимальную скорость движения подъемных сосудов.

Статическая ошибка — одна из количественных оценок качества процесса регулирования — зависит от управляющего и возмущающего воздействий, параметров электропривода и параметров системы автоматического регулирования. Возмущающее воздействий (в системе электропривода рудничных подъемных установок — статическое усилие, обусловленное разностью статических натяжений поднимающейся и опускающейся ветвей каната) в значительной степени изменяется в зависимости от типа и исполнения подъемной установки.

5. Автоматическое управление технологическими процессами, машинами и установками

# 

# 5.1. Автоматизация производственных процессов

Проектами предусматриваются следующие решения по пусковым объектам:

По башенному копру и надшахтному зданию КС-3 и стволу:

- автоматизация калориферных установок I и II очереди

- автоматизация зумпфого водоотлива

- автоматизация системы пожаротушения

- автоматизация системы охлаждения подъемных машин

- автоматизация систем приточного воздухоснабжения в надшахтном здании.

По диспетчеризации рудника:

- телеизмерение текущее (ТИТ) и телеизмерение интегральное (ТИИ) параметров горячего водоснабжения, холодного водоснабжения, воздухоснабжения по площадкам вспомогательных стволов, вентиляционных стволов и по основной площадке.

По галереям и сетям АБК основной площадки:

- автоматизация контроля параметров узла ввода на горячей воде

По АБК на основной площадке:

- автоматизация приточных систем П1…П7

- автоматизация систем обеспыливания ОС1…ОС5

- автоматизация зумпфового водоотлива

- автоматизация контроля параметров узла ввода на горячей воде.

По турбокомпрессорной:

- автоматизация турбокомпрессора №12 (привязка аппратуры УКАС-АМ, поступающей комплектно с компрессором). Дополнительно выполнен вынос приборов контроля температуры масла, воды и подшипников турбокомпрессора №12 в операторскую с заменой прибора контроля температуры воды и масла с КСМ2 на УМС.

По ПДЦ на гор. –1100 м:

- автоматизация контроля уровней руды в рудоспусках

- автоматизация маслостанции дробилки

- автоматизация аспирационной установки.

## 5.2. Телемеханизация и диспетчеризация

Проектами предусматривается телемеханизация объектов поверхности (подстанции, вентиляторные, калориферные, пожбаки, подъёмные машины, сети ТВС) и подземной части рудника (подстанции, водоотливные установки, ШВД). Кроме того, выполнено размещение диспетчерского и телемеханического оборудования в диспетчерском пункте рудника на отм.+14.200 здания АБК на основной площадке.

Сбор и передача информации типа ТС-ТИТ-ТИИ-ТУ-СК осуществляется комплексом устройств отображения информации УОТИ с микропроцессором «Электроника-60». Информация диспетчеру и энергооператору может быть представлена помимо комплекса УОТИ.

Проектами предусматривается создание рабочих мест горного диспетчера, энергооператора, поста ликвидации аварий.

Средствами отображения информации являются щит горного диспетчера (ЩГД), щит ликвидации аварии (ЩЛА), щит энергооператора (ЩЭО), стол энергооператора.

## 5.3. Метаноконтроль

Контроль за состоянием рудничной атмосферы с помощью автоматических приборов предусматривается в камерных выработках гор. –1300 м и ПДЦ, в которых выполнена местная световая и звуковая сигнализация с отключением электроэнергии при предельно допустимой концентрации метана.

Сигнализация о наличии метана в околоствольных дворах ВС-5 и ВС-6 вентиляционно – закладочных горизонтов –950 м., -1000 м., и –1200 м. выведена диспетчеру на стойку СПИ-1. Кроме того, выполнена местная световая и звуковая сигнализация.

## 5.4. Связь и сигнализация

Объекты пускового комплекса оснащены следующими видами связи:

- общешахтной телефонной связью абонентов от АТС100/2000 рудника «Октябрьский»;

- диспетчерской телефонной связью с абонентами поверхности на базе коммутатора ПОС-90, установленного у горного диспетчера, и с абонентами в подземных выработках, на базе комплекса ДИСК-ШАТС;

- громкоговорящей поисково-распорядительной связью на объектах поверхности;

- громкоговорящей искробезопасной связью оповещения и аварийной сигнализацией подземных объектов на базе комплекса ДИСК-ШАТС;

- местной стволовой высокочастотной связью между машинистами подъёмов с рукоятчиками и стволовыми на базе аппаратуры систем «Сигнал-16» и «Сигнал-17»;

- телефонной связью диспетчера транспорта с абонентами горизонтов с помощью искробезопасной аппаратуры КДШ, высокочастотной связью с машинистами электровозов на базе аппаратуры ВГСТ-76;

- местной телефонной связью в стволах и на горизонтах отдельными цепочками на базе телефонных аппаратов системы МБ;

Производственные помещения и АБК оборудованы автоматической пожарной сигнализацией.

## 5.5. АСБ-ЧУС гор. –1300 м

Рабочей документацией предусматривается оборудование горизонта –1300 м устройствами автоматической светофорной блокировки (АСБ) и частотного управления стрелочными переводами (ЧУС) с использованием аппаратуры АБСС.1М и комплекса НЭРПА-1. В проекте также предусмотрены устройства автоматического управления сигнальными огнями и шлюзовыми дверями на соединительной выработке с ВС-6 с возможностью выдачи через систему телемеханики информации диспетчеру о положении дверей, занятости шлюза, а также приема сигналов управления дверями от диспетчера.

Автоматизация шлюзовых вентдверей выполнена на базе аппаратуры управления шлюзовыми устройствами АШУ.

Устройства АСБ запроектированы для кольцевой схемы откатки в установленном направлении движения составов с использованием одной рабочей частоты (1660 Гц) и учетом разработанных и утвержденных мероприятий по безопасному движению электровозного транспорта и выполнению маневровых работ.

Данным проектом предусмотрены 7 узлов АСБ и корректировка трех узлов, введенных в действие III пусковым комплексом рудника.

По согласованию с эксплуатацией рудника определены стрелочные переводы, оборудуемые устройствами частотного управления с движущегося электровоза и по схеме с местным управлением.

Проектом предусматривается также опережающая сигнализация «Берегись электровоза».

Размещение оборудования АСБ, ЧУС, АШУ производится в специальных нишах.

Места установки светофоров, сигнальных указателей, транспарантов «БЭ», датчиков АСБ и ЧУС уточняются при монтаже устройств.

6. Специальная часть

6.1. Сущность вопроса о нормировании качества электроэнергии на промышленных предприятиях

При известных экономических характеристиках потребителей и показателях воздействия параметров электроэнергии на режимы работы сетей и оборудования, с одной стороны, и известных стоимостях соответствующих технических средств повышения КЭ—с другой, теоретически можно для каждого потребителя определить оптимальные уровни параметров электроэнергии аналогично оптимальному значению реактивной мощности. Практическое же решение задач повышения качества электроэнергии таким путем наталкивается на трудности как информационного, так и организационного характера. Первые обусловлены необходимостью получе­ния специфической информации о параметрах электроэнергии, которая в настоящее время оперативно не регистрируется, вторые—двухсторонностыо проблемы электромагнитной совместимости: ужесточать ли требования к искажающим ЭП в части помех, вносимых ими в сеть, или снижать восприимчивость остальных ЭП к этим помехам. Оба пути требуют определенных затрат, и теоретически здесь также может быть найдено оптимальное решение.

Однако производить ЭП с различными характеристиками влияния на режим сети или с различной степенью восприимчивости, сообразуясь с конкретной электромагнитной обстановкой в тех или иных узлах системы, практически невозможно. Кроме того, электромагнитная обстановка с течением времени меняется, что при таком подходе потребует изменения характеристик ЭП. В отличие от потребления реактивной мощности, изменяющегося практически в однозначном направлении, значения параметров электроэнергии могут измениться в любую сторону. И, наконец, в настоящее время отсутствуют методы и средства (программы для ЭВМ), позволяющие определять эти оптимальные значения с точностью, достаточной для практических целей и оправдывающей столь сложную организацию работ. Поэтому принятый в настоящее время путь сохранения допустимой электромагнитной обстановки в сети состоит в нормировании предельных значений параметров электроэнергии. Параметры электроэнергии или их комбинации, на значения которых накладывают соответствующие ограничения (нормы), называют показателями электромагнитной совместимости оборудования.

Для обеспечения электромагнитной совместимости оборудования необходимо иметь комплекс взаимно согласованных норм, применяемых в различных сферах про­ектирования и эксплуатации сетей и ЭП:

1) нормы на предельные уровни искажений, вносимых в сеть отдельными ЭП. Эти нормы используют при конструировании ЭП, вносящих искажения в сеть;

2) нормы на предельные уровни искажений, вносимых в сеть энергосистемы потребителями энергии. Эти нормы относятся к границам раздела сетей и определяют характер мер, которые должен принять потребитель, имеющий различные искажающие ЭП, часть из которых, возможно, не оборудована специальными подавляющими устройствами, а искажения не оказывают влияния на работу ЭП данного потребителя. Эти нормы используют при проектировании или реконструкции сети потребителя с целью принятия централизованных мер по предотвращению выброса недопустимо больших искажений в питающую сеть. В условиях эксплуатации на этих нормах должна основываться система надбавок к тарифам на электроэнергию за внесение искажений, превышающих установленный уровень;

3) нормы на качество поставляемой энергии, представляющие собой условия, обеспечиваемые энергоснабжающими организациями на границе раздела сетей. В эксплуатации на этих нормах должна основываться система скидок с тарифов за поставку электроэнергии пониженного качества;

4) нормы на предельные уровни искажений на вводах ЭП, чувствительных к искажениям питающего напряжения, используемые при конструировании ЭП. На основании этих норм предусматривают мероприятия по защите ЭП от помех. Очевидно, что уровень искажений на вводах ЭП в общем случае не совпадает с их уровнем на границе раздела и может быть выше последнего из-за искажений, вносимых собственными ЭП. Кроме того, в условиях эксплуатации возможны случаи, когда в послеаварийных режимах энергия поставляется с пониженным качеством. Это приводит к снижению экономических показателей оборудования, но не должно приводить к выходу его из строя. Поэтому нормы искажений в расчете на которые должны конструироваться ЭП должны быть выше норм, предъявляемых к качеству электроэнергии в нормальных условиях электроснабжения.

Фактические режимы работы ЭП будут отличаться от тех, в расчете на которые они проектировались, вслед­ствие многообразия условий, в которых используются ЭП, и изменения во времени параметров электроэнергии на их вводах. Для некоторых типов ЭП воздействие параметров может проявляться в одной и той же форме (например, нагрева). При этом превышение одного из ПКЭ над нормированным значением может не вызвать необходимости применения каких-либо мер, если другие ПКЭ в это время находятся существенно ниже предель­ных значений. Для оценки допустимости режимов работы конкретного оборудования в конкретных условиях необходимо, с одной стороны, знать функцию совместного воздействия на характеристики оборудования всех ПКЭ, а с другой— уметь оценивать допустимость режима при случайном характере воздействующих факторов.

Разработка охарактеризованного выше комплекса норм еще не завершена. В настоящее время действует стандарт, устанавливающий нормы качества электроэнергии на вводах ЭП (ГОСТ 13109—67). Этот стандарт не укладывается в структуру норм, описанную выше, представляя собой нормы на качество электроэнергии, потребляемой непосредственно ЭП, т. е. нечто среднее между описанным в пп.З и 4, безотносительно к организационному механизму ответственности за несоблюдение норм. Несмотря на недостатки стандарта, его использование оказалось полезным в основном в связи с учетом его требований проектными организациями. В условиях же эксплуатации проверка соблюдения его требований практически не проводилась из-за отсутствия как средств измерения ПКЭ, так и организационного механизма контроля качества. Сказался и тот факт, что в ряде случаев ЭП функционируют нормально и при несоблюдении его требований.

ГОСТ 13109—67 устанавливает для трехфазных сетей переменного тока шесть ПКЭ: отклонение напряжения, отклонение частоты, размах колебаний напряжения, размах колебаний частоты, коэффициенты обратной последовательности и искажения синусоидальности напряжений.

Целью данной работы является рассмотрение последнего показателя (искажения синусоидальности).

Задача ограничения уровней гармоник в электрических сетях имеет два аспекта: технический и экономический.

Необходимость лимитировать допустимые величины гармоник определяется такими техническими требованиями, как исключение неуспешных коммутаций вентиль­ных преобразователей (в особенности это относится к реверсивным преобразователям, работающим и в выпрямительном, и в инвентарном режиме); предотвращение повреждений батарей конденсаторов и других аппаратов вследствие резонансных явлений на высших гармониках; обеспечение качественной работы устройств релейной защиты и измерительных приборов, систем автоматики, телемеханики и связи.

При наличии высших гармоник ухудшаются экономические показатели работы систем электроснабжения предприятий в результате возникновения добавочных потерь от гармоник и сокращения срока службы изоляции электрических машин, трансформаторов, батарей конденсаторов и силовых кабелей.;

В настоящее время в различных странах действуют национальные нормы, лимитирующие, как правило, уровень гармоник в кривых напряжений или токов. При составлении этих норм принимались во внимание исключительно технические соображения, так как, по мнению ряда зарубежных авторов, возможность расчета ущерба от действия гармоник весьма проблематична. В отдельных случаях энергетическими системами Западной Европы задаются максимально допустимые уровни отдельных гармоник напряжения, что необходимо для выбора силовых фильтров.

Международной электротехнической комиссией (МЭК) приняты нормы, согласно которым допускается мгновенное отклонение напряжения сети, т. е. разность ординат кривых результирующего напряжения и первой гармоники, на шинах преобразователя не более 5% амплитудного значения.

6.2. Сущность искажения синусоидальности кривых напряжений и токов

Искажения вызываются работой ЭП с нелинейной вольт-амперной характеристикой и регулируемых преобразователей переменного тока в постоянный. Кривые тока и напряжения в этих случаях приобретают вид, отличный с синусоиды. Пользуясь методом гармонических составляющих, можно исходную несинусоидальную кривую разложить на сумму синусоидальных с определенными значениями амплитуд гармоник их начальных углов.

Гармоники создают магнитные поля различных последовательностей. Так как кривые напряжений в каждой фазе сдвинуты между собой на 1/3 (или на полный период третьей гармоники), то третьи гармоники совпадают друг с другом по фазе и образуют нулевую последовательность. Аналогично ведут себя все гармоники, кратные трем. Поэтому токи гармоник, кратных трем, не могут существовать в трехфазной сети без нулевого провода или выйти за пределы обмоток, соединенных в треугольник. Порядок чередования фаз для гармоник ν=4, 7, 10, 13... (ν -1 делится на 3) совпадает с прямым, а гармоник ν=2, 5, 8, 11,... (ν+1 делится на 3) — с обратным порядком.

**6.3. Влияния высших гармоник на силовые установки**

Высшие гармоники в системе электроснабжения промышленных предприятий, как уже отмечалось ранее, нежелательны по ряду причин: появляются дополнительные потери в электрических машинах, трансформаторах и сетях; затрудняется компенсация реактивной мощности с помощью батарей конденсаторов; сокращается срок службы изоляции электрических машин и аппаратов; ухудшается качество работы систем релейной защиты, автоматики, телемеханики и связи.

При работе асинхронного электродвигателя в условиях несинусоидального напряжения несколько снижаются его коэффициент мощности и вращающий момент на валу.

На практике искажение кривой напряжения мало влияет на коэффициент мощности двигателя; так, например, если амплитуды 5-й и 7-й гармоник напряжения составляют соответственно 20 и 15% амплитуды первой гармоники, то коэффициент мощности двигателя уменьшается на 2,6% в сравнении со значением его при синусоидальном напряжении. В условиях промышлен­ных предприятий искажения напряжения бывают меньшими, поэтому влияние высших гармоник на коэффициент мощности асинхронного электродвигателя можно не учитывать.

Моменты, развиваемые высшими гармониками тока, также составляют очень малую величину вращающего момента асинхронных и синхронных двигателей, определяемого первой гармоникой питающего напряжения. Так, для асинхронного двигателя средней мощности при удельном весе 5-й гармоники напряжения, равном 20% основной, момент, обусловленный 5-й гар­моникой, не превосходит 0,1% момента, развиваемого при промышленной частоте.

**6.4. Влияние гармоник на изоляцию электроустановок**

Искажение формы кривой напряжения оказывает существенное влияние на возникновение и протекание ионизационных процессов в изоляции электрических машин и трансформаторов.

При наличии газовых включений в изоляции в этих включениях возникает ионизация, сущность которой заключается в образовании объемных зарядов и последующей нейтрализации их. Нейтрализация заряда связана с рассеиванием энергии, следствием которого является электрическое, механическое и химическое воздействие на окружающий диэлектрик. В результате ионизационных процессов развиваются местные дефекты в изоляции, что приводит к снижению ее электрической прочности, возрастанию диэлектрических потерь и в конечном счете к сокращению срока службы.

Количество разрядов в газовых включениях зависит от формы кривой напряжения, приложенного к изоляции.

Подробные многолетние исследования форм кривых напряжения в сетях промышленных предприятий показывают, что в большинстве случаев за счет высших гармоник кривые напряжения принимают более заостренную форму в сравнении с синусоидой и поэтому наличие высших гармоник в этих сетях приводит к ускоренному старению изоляции электрических машин и трансформаторов.

При наличии гармоник в кривой напряжения процесс старения диэлектрика конденсаторов протекает также более интенсивно, чем в случае, когда конденсаторы работают при синусоидальном напряжении. Это объясняется тем, что физико-химические процессы в диэлектриках, обусловливающие старение их, значительно ускоряются при высоких частотах электрического поля. Аналогично влияет дополнительный нагрев, вызванный протеканием высших гармоник тока.

Таким образом, наличие высших гармоник в кривой напряжения, даже в допустимых пределах, приводит к значительной интенсификации процесса старения диэлектрика конденсаторов и как следствие сокращению срока службы их.

В соответствии с ГОСТ 1262-68 батареи конденсаторов могут длительно работать при перегрузке их токами высших гармоник не более чем на 30%; допустимое повышение напряжения лимитируется величиной 10%. Однако при длительной эксплуатации конденсаторов в этих условиях срок службы их сокращается. В условиях промышленных предприятий, как правило, конденсаторы периодически оказываются в режиме, близком к резонансу токов на частоте какой-либо из гармоник низкого порядка; вследствие систематических перегрузок они быстро выходят из строя. В настоящее время на многих крупных промышленных предприятиях, где имеются мощные вентильные преобразователи, батареи конденсаторов без применения специальных мер защиты их от высших гармоник, по существу, не работают. В результате снижается коэффициент мощности электроустановок цехов и производств, ухудшаются экономические показатели систем электроснабжения предприятий.

При несинусоидальном напряжении сети происходит ускоренное старение изоляции силовых кабелей. Для подтверждения этого положения были сопоставлены результаты замеров токов утечки кабелей, проложенных почти одновременно и работающих в сходных температурных условиях; часть обследованных кабелей работала при практически синусоидальном напряжении, другая — при уровне гармоник в кривой напряжения в пределах 6—8,5% (преобладали 5-я и 7-я гармоники). Токи утечки во втором случае через 2,5 года эксплуатации оказались в среднем на 36% больше, через 3,5 года — на 43%.

**6.5. Влияние высших гармоник на системы автоматики**

Воздействие высших гармоник на системы импульсно-фазового управления вентильными преобразователями может привести к воз-никновению так называемой гармонической неустойчивости. Явление гармонической неустойчивости состоит в появлении на шинах многофазного преобразователя большого напряжения четной гармоники или гармоники, кратной трем; при этом в кривой напряжения сети появляются также другие гармоники четных порядков и кратные трем, однако меньшие по величине. Искажения кривой напряжения сети могут быть столь большими, что в инверторном режиме преобразователя появятся нарушения коммутации; при этом работа системы импульсно-фазового управления также может оказаться неустойчивой.

Гармоническая неустойчивость может возникнуть при подключении преобразователя к электрической системе, мощность короткого замыкания которой соизмерима с мощностью преобразователя, в случае, если имеются другие источники гармоник (например, силовые трансформаторы). Основной причиной появления гармонической неустойчивости является асимметрия управляющих импульсов, неизбежная в реальных системах импульсно-фазового управления. Следствием этой асимметрии является появление в спектре тока преобразователя четных гармоник и гармоник, кратным трем; усиление их при наличии указанных выше условий и приводят к гармонической неустойчивости.

Повышение напряжения на частоте какой-либо гармоники существенно ограничивается при использовании заградительных фильтров в системах импульсно-фазового управления.

Возникновение гармонической неустойчивости исключается при соблюдении условия

, (6.1)



где xк — сопротивление короткого замыкания питающей энергосистемы на шинах преобразователя; Idн — номинальный выпрямленный ток преобразователя; U—линейное напряжение сети.

Для преобразователей ПМ СС-3:

;



На входе систем импульсно-фазового управления подключаются фильтры, благодаря чему усиление четных гармоник и гармоник, кратных трем, практически не имеет места.

В некоторых энергосистемах были зафиксированы случаи неверной работы блокировок от качаний, причиной которых были высшие гармоники тока, в частности пятая гармоника. Наблюдались также случаи ложной работы устройств релейной защиты, в которых использовались фильтры токов обратной последовательности, из-за наличия токов высших гармоник, которые образуют систему обратной последовательности. Влияние высших гармоник на работу релейной защиты проявляется при уровне гармоник а токе нагрузки линии порядка 5—7%.

Высшие гармоники тока и напряжения в сети ухудшают работу телемеханических устройств и даже вызывают сбои, если силовые цепи используются в качестве каналов связи между полукомплектами диспетчерского и контролируемого пунктов. Затрудняется использование простой и дешевой системы циркуляторного телеуправления по линиям распределительных сетей с использованием четных гармоник.

###### 6.6. Расчет компенсации реактивной мощности

Составим уравнение баланса реактивной мощности

, (6.2)



где - реактивная мощность подлежащая компенсации



- потери реактивной мощности



;



;



;



.



Дополнительные потери активной мощности в ВЛ от передачи реактивной

;



**6.7. Расчет компенсации реактивной мощности с учетом подключения силовых резонансных фильтров**

При комплексном подходе к решению проблемы качества электроэнергии в сетях с нелинейными нагрузками применим многофункциональные устройства - силовые резонансные фильтры (СРФ) высших гармоник, которые наряду со снижением уровней высших гармоник генерируют в питающую сеть реактивную мощность.

По номограммам рис.8.2.[2] определим возможность подключения вентильной нагрузки исходя из допустимого уровня коэффициента несинусоидальности.

Для подъемных машин СС-3:

;



Из данного соотношения следует, что при данной мощности нелинейной (вентильной) нагрузки в сеть будут выдаваться высшие гармоники недопустимого уровня и подключение батарей конденсаторов к шинам ГПП-33 приведет к выходу последних из строя.

Для более точных данных о значении коэффициента несинусоидальности воспользуемся данными из литературы [5].

Проведенное исследование показателей качества электрической энергии в узлах нагрузки с тиристорными преобразователями показало:

Таблица 6.1.

Показатели качества электрической энергии.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Коэфф.несинус. | с 0.00 до 8.00 | с 8.00 до 16.00 | с 16.00 до 24.00 | Сред. за сутки |
| ПМ “Юг” | 4,175 | 3,35 | 8,425 | 5,325 |
| ПМ “Север” | 11,85 | 10,8 | 19,3 | 14 |

На обеих подъемных машинах Кнс>5%.

Наметим к установке СРФ на каждую подъемную машину.

Для подъемных машин КС-3:

;



По номограммам рис.8.2.[4] определить возможность подключения вентильной нагрузки исходя из допустимого уровня коэффициента несинусоидальности затруднительно, т.к. полученная точка находится на границе зоны недопустимости установки БК.

Для более точной оценки воспользуемся формулой:

, (6.3)



где , (6.4)



Кр=4 при двенадцати пульсной схеме выпрямления

Кр=0 при шести пульсной схеме выпрямления

Для большой подьемной машины:

;



%.



Для малой подьемной машины:

;



%.



СС-3:

Реактивная нагрузка группы преобразователей

;



Допустимое значение реактивной нагрузки группы преобразователей

;



Реактивная мощность группы преобразователей подлежащая компенсации

;



**6.8. Расчет силовых резонансных фильтров**

Существующая практика применения резонансных фильтров основывается на использовании комплекта фильтров, настроенных по возможности точно на частоты гармоник, преобладающих в амплитудном спектре токов нелинейных нагрузок. Такой подход определялся, главным образом, стремлением снизить уровень гармоник в сети до минимального значения (теоретически до нуля). Применение фильтров малой и средней мощности (с отношением мощности батарей фильтра Qр к мощности короткого замыкания сети Sкз порядка Кр = Qр/Sкз< 0,01) обусловливало повышенные требования к точности настройки с целью избежать усиление отдельных гармоник напряжения в сети, перегрузки фильтров и других неблагоприятных явлений.

Возрастание удельного веса нелинейных нагрузок, имеющих низкий коэффициент мощности, привело к необходимости применять в составе фильтров батареи конденсаторов весьма большой мощности (Кр >0,015), что позволило значительно снизить требования к точности настройки фильтров. Следует также отметить, что ущерб, обусловленный высшими гармониками тока и напряжения в сети максимален при значительных величинах напряжения гармоник и уменьшается в квадратичной зависимости. Поэтому необходимость полного снижения уровней гармоник на основе экономических соображений, практически отсутствует; достаточно снизить их до предела, определяемого техническими требованиями, например, до значения коэффициента несинусоидальности 5%, допустимого согласно ГОСТ 13109-67. При таком подходе в рассматриваемом случае (Кр>0,015 ) отпадает необходимость устанавливать большое число фильтров.

Действующее значение основной и высших гармоник

;



где ν - порядковый номер гармоники

;



;



;



;



Реактивная мощность преобразователя подлежащая компенсации

Q=7,43/2=3,715МВАр;

По табл.16-19 [6] выбираем конденсатор:

тип КС2-6,3-100-2УЗ

емкость С=8,03мкФ; цена Ц=2,15у.е./кВАр.

Вариант распределения реактивной мощности между фильтрами

Ф11 Q=1,5МВАр – 5 параллельно включенных конденсаторов в каждой фазе

Ф13 Q=1,5МВАр – 5 параллельно включенных конденсаторов в каждой фазе

Ф23 Q=0,9МВАр – 3 параллельно включенных конденсаторов в каждой фазе

Фильтр 25 гармоники не устанавливаем, т.к. имеем перекомпенсацию реактивной мощности.

Рассмотрим необходимость установки Ф23 гармоники с точки зрения обоснования точности настройки СРФ.

Ф11 ;



Ф13 ;



Ф23 ;



Т.к. , то снижать требования к точности настройки СРФ нельзя и необходимо использовать все 3 СРФ.



;



**6.9. Анормальные гармоники, генерируемые вентильными преобразователями**

При симметрии управляющих импульсов систем импульсно-фазового управления вентильные преобразователи являются источниками нечетных высших гармоник тока, которые могут быть найдены по соответствующим формулам или кривым. При гармоническом анализе кривых линейных токов управляемых преобразователей в ряде случаев имеет место асимметрия управляющих импульсов; углы управления α по отдельным каналам системы управления могут отличаться друг от друга и от установочного значения α на величину ошибки.

Наличие ошибок углов управления в статическом режиме работы преобразователя обусловливается разбросом параметров элементов, из которых собраны устройства импульсно-фазового управления, а также несовершенством частотных фильтров на входе этих устройств; последнее существенно при питании их от сети с несинусоидальным напряжением. Появление значительных ошибок возможно также при некачественной настройке систем импульсно-фазового управления. При 6-фаз-ной схеме в спектре тока преобразователя содержатся как гармоники канонических порядков (ν=5; 7; 11;13 ), так и неканонические, или анормальные гармоники (ν=2; 3; 4; 6; 8; 9; 10...).

Распределение ошибок углов зажигания управляемых вентилей подчиняется нормальному закону. Это объясняется в первую очередь тем, что на величину ошибки влияет большое число независимых случайных факторов.

Величины анормальных гармоник тока, генерируемых вентильными преобразователями, очень малы; они не могут создать значительных гармоник напряжения в питающей сети.

**6.10. Параметры силовых фильтров**

Цепи фильтров включаются в звезду с изолированной нейтралью, соединение в треугольник не применяется из опасения, что перекрытие изоляции одной фазы конденсаторов, приводящее к междуфазному замыканию, может вызвать большие повреждения фильтров. К нулевой точке в большинстве случаев подключаются реакторы; при этом корпусная изоляция конденсаторов имеет напряжение относительно земли на несколько процентов меньше, чем в случае, когда к нулевой точке подключены, конденсаторы; это соображение считается существенным и такое включение является рекомендуемым.

В соответствии с техническими условиями эксплуатации батарей конденсаторов, принятыми в большинстве европейских стран, длительно допустимые превышения напряжения и тока сверх номинальных значений лимитируются некоторыми величинами соответственно Си и Ci (в долях от номинальных значений). Согласно ГОСТ1282-68 Си ==1,1 и Сi ==1,3; длительные перегрузки конденсаторов приводят к сокращению срока службы их.

Для конденсаторов, работающих в схемах силовых фильтров, стремятся не допускать превышения напряжения в сравнении с номинальным значением (Сu=1) Фазное напряжение промышленной частоты на зажимах батареи конденсаторов фильтра определяется по формуле



, (6.5)



где Un—фазное напряжение промышленной частоты на шинах подстанции.

, (6.6)



Коэффициент характеризует степень увеличения напряжения на батарее, в сравнении с напряжением на шинах за счет последовательного включения реактора.



;



;



;



Напряжение ν-й гармоники на конденсаторах при соединении в звезду

, (6.7)



где Iνб — ток ν-й гармоники, протекающий в батарее кон­денсаторов; — емкостное сопротивление ее при промышленной частоте.



;



;



;



Номинальный ток батареи конденсаторов:

, (6.8)



Ф11 ;



Ф13 ;



Ф23 ;



Проверка выбранных батарей конденсаторов производиться по условию допустимой перегрузки по напряжению:

, (6.9)



где ;



Ф11 ;



Ф13 ;



Ф23 ;



Проверка выбранных батарей конденсаторов по условию допустимой перегрузки по току:

, (6.10)



Учитывая возможность проникновения в фильтр других гармоник помимо той, на которую он настроен, целесообразно выбрать коэффициент Сi с некоторым запасом; окончательно второе условие для выбора батарей фильтров представим в виде

, (6.11)



Ф11 , - условие не выполняется.



В реальных условиях необходимо принимать во внимание отклонения емкости от номинальных значений. Данное отклонение рассмотрим ниже.

Ф13 , - условие выполняется;



Ф23 , - условие выполняется;



Выбор реактора производим по уравнению идеального резонанса. При идеальной настройке в резонанс и номинальных значениях индуктивности Lном и емкости Сном справедливо следующее соотношение:

, (6.12)



, (6.13)



Ф11 ;



Ф13 ;



Ф23 ;



По табл.4-30 [3] выбираем:

Ф11 тип РБА-6-200-4

;



ΔР=5,1кВт на фазу, Ц=1720у.е.

По табл.16-38 [6] выбираем:

Ф13 тип РБАС-6-2х1000-4

;



ΔР=8,5кВт на фазу

По табл.16-38 [6] выбираем:

Ф23 тип РБАС-6-2х600-4

- одной ветви



ΔР=7,5кВт на фазу

Отклонения индуктивности и емкости от номинальных значений.

Индуктивность L имеет отклонение, обусловленное несовершенством технологии изготовления реакторов:

; (6.14)



где относительное отклонение индуктивности от номинального значения .



Согласно ГОСТ 1479-69 допускается относительное отклонение индуктивности в пределах 0—15%.

В реальных условиях вследствие изменения геометрических размеров реактора в зависимости от температуры нагрева индуктивность его несколько возрастает с температурой; однако это изменение незначительно и им можно пренебречь.

Емкость батарей конденсаторов С также имеет отклонение ΔС от номинального значения, обусловленное в первую очередь разной толщиной бумаги, пропитываемой синтетическими жидкостями:

, (6.15)



где относительное отклонение емкости от номинального значения .



Согласно ГОСТ 1282-68 допускается относительное отклонение емкости конденсаторов в пределах -5 +10%.

Зависимость емкости батареи конденсаторов Сt от температуры нагрева определяется известным соотношением

, (6.16)



Здесь Со - величина емкости при температуре 20 °С;

Δt = t °-20°; —температурный коэффициент емкости;



для конденсаторов с пропиткой синтетическими жидкостями он равен -4—8•10-4 1/°С.

Таким образом, выражение для емкости конденсаторов одной фазы фильтра можно представить в виде

, (6.17)



С учетом выше изложенного, сделаем перерасчет для фильтра 11 гармоники по допустимой перегрузки по току.

;



;



Ф11 , 1,14>1,12 – превышение допустимого тока на 1,7%.



Индуктивное и емкостное сопротивления фильтра изменяются с изменением частоты питающей сети. Обозначив через Δω отклонение частоты от номинального значения , можем записать:

, (6.18)



где относительное отклонение частот от номинального значения .



Абсолютная величина реактивного сопротивления фильтра гармоники ΔXфν при расстройке резонансного контура вследствие отклонений индуктивности и емкости от номинальных значений представляется выражением

, (6.19)



Реальные значения и пределы изменения величин, входящих в формулу, следующие:

Δt=0—60°С; = -0,02 -0,01.



Ф11 ;



=



= -83Ом – отклонение носит емкостной характер.

Ф13 ;



=



= -70Ом – отклонение носит емкостной характер.

Ф23 ,



=



= -12Ом – отклонение носит емкостной характер.

Относительное отклонение реактивного сопротивления фильтра от величины емкостного сопротивления при идеальной резонансной настройке выражается формулой

, (6.20)



Ф11 ;



Ф13 ;



Ф23 ;



α—это коэффициент, характеризующий расстройку фильтра в зависимости от возможных отклонений индуктивности и емкости, обусловленных технологическими и эксплуатационными условиями. Требуется, чтобы ⎜α⎪<0,1, таким образом, возможная расстройка может достигать двух порядков.

Оценим величину относительного отклонения реактивного сопротивления фильтра на нерезонансных частотах в частности на частоте ν=13. Реактивное сопротивление фильтра на частоте гармоники порядка :



, (6.21)



;



- отклонение реактивного сопротивления фильтра на нерезонансных частотах можно не учитывать.



**6.11. Особенности работы силового фильтра при отклонениях от резонансной настройки**

Идеальный фильтр гармоники полностью потребляет ток этой гармоники Iν, генерируемый нелинейными нагрузками в питающую сеть. При конечных значениях активного и реактивного сопротивлений фильтра потребляемый им ток может быть больше или меньше тока гармоники, генерируемого всеми источниками.

Обозначим коэффициентом загрузки фильтра ν-й гармоники током этой гармоники или, для краткости, коэффициентом загрузки по току.



, (6.22)



где , (6.23)



Qr – условная добротность фильтра, определяемая отношением реактивного сопротивления реактора и активного сопротивления цепи фильтра при промышленной частоте; принимаем Qr>10,

β - относительное отклонение полного сопротивления фильтра от величины индуктивного (емкостного) сопротивления при резонансе

, (6.24)



Анализ цепей фильтров с учетом возможных вариантов компоновок их показывает, что для фильтров 5, 7, 11 и 13-й гармоник с мощностью батарей конденсаторов 1 500 квар и более практически всегда можно обеспечить Qr>10. При этих условиях с достаточной для практики точностью можно считать β≈α.

При пренебрежении активным сопротивлением фильтра (Qr→), формула переходит в более простую



, (6.25)



В формуле берется знак “плюс”, если проводимость фильтра носит индуктивный характер.

Ф11 =1,5,



;



Коэффициент эффективности работы фильтра (сокращенно — коэффициент эффективности) характеризует относительное уменьшение гармоники напряжения в сети и определяется отношением проводимости сети и эквивалентной проводимости сети и фильтра (а также и отдельных батарей конденсаторов, если они имеются) на частоте этой гармоники.



Коэффициент эффективности определяется по формуле

, (6.26)



где ;



### ;



Ф13 =2,



;



### ;



.



**6.12. Анализ частотных характеристик сетей с фильтрами и отдельно устанавливаемыми батареями конденсаторов**

Включение в сеть батареи конденсаторов без защитных реакторов, приводит к изменению эквивалентной реактивной проводимости сети. Влияние емкости батарей на эквивалентную частотную характеристику возрастает с ростом номера гармоники. Подключение батареи обуславливает уменьшение величины емкостного сопротивления прямой последовательности сети, вследствие чего нуль частотной характеристики сдвигается в область меньших частот. При этом возможно возникновение резонанса токов на частотах, как правило, 11-й и 13-й гармоник, что весьма опасно для сети и батареи. Поэтому в случае, когда в сети имеются силовые фильтры, батарею конденсаторов следует включать после подключения фильтров.

Для исключения резонанса токов на частотах гармоник относительно невысокого порядка (ν=17, 19) при наличии батарей конденсаторов без защитных реакторов необходимо устанавливать силовые фильтры повышенной мощности, в особенности на частоты гармоник порядков ν=11, 13; мощность конденсаторов фильтров в сравнении с расчетной увеличивается на 15—20%.

Совместное использование силовых фильтров и батарей конденсаторов без защитных реакторов вполне допустимо, однако необходимо дополнительно учитывать возможность появления нулей частотной характеристики на частотах гармоник 17—25-го порядков.

Проведенный анализ позволяет также построить рациональную систему защитных отключений фильтров при аварийном отключении одного из них.

Если включены фильтры 11-й и 13-й гармоник, то при аварийном отключении фильтра 11-й гармоники должен отключаться также фильтр 13-й гармоники; при отключении фильтра 13-й гармоники фильтр 11-й гармоники может быть оставлен в работе. Батарея конденсаторов, подключенная к шинам без защитного реактора может быть оставлена в работе.

### **6.13. Выбор комутационной аппаратуры**

### Рабочий ток фильтра:

### ;



;



По табл.31.7.[1] выбираем разъеденитель тип: РВ-6/400

Предельный сквозной ток I=41кА

Предельный ток термической стойкости/время прохождения тока термической стойкости

16кА/4с.

Проверку производим по термической устойчивости:

, (6.26)



.



**Выбор вакуумного выключателя.**

По табл.31.4. [1] намечаем к применению тип: ВВ-10-20/630УЗ

Ток динамической устойчивости Iдин=52кА

Предельный ток термической стойкости/время прохождения тока термической стойкости

20кА/3с.

Время отключения 0,075с.

Время включения 0,1с. Привод пружинный.

Ц=161у.е.

Проверка:

Проверку производим по термической устойчивости:

;



;



по динамической стойкости:

i ном.дин.> i уд., 52кА>47,4.

**Выбор предохранителей.**

Согласно ПУЭ [2] номинальный ток плавкой вставки предохранителя Iв, не должен превышать 160% номинального тока защищаемого им конденсатора, т. е.

, (6.27)



Рабочий ток фильтра:

, (6.28)



Ф11 ;



, ;



Ф13 , ;



Ф23 ;



, ;



По табл.31.14. [1] выбираем

Ф11,13 тип: ПКТ 102-6-31,5УЗ

Iном=50А

Ф23 тип: ПКТ 102-6-31,5УЗ

Iном=80А

**6.14. Расчет батарей конденсаторов**

Составим уравнение баланса реактивной мощности

,



;



По табл.31.25.[1] намечаем к применению конденсаторную установку типа:

УКЛ-6,3-1800У1 из 4 ячеек.

### **Выбор комутационной аппаратуры.**

### Рабочий ток ячейки конденсаторов:

### ;



По табл.31.7.[1] выбираем разъеденитель тип: РВ-6/400

Предельный сквозной ток I=41кА

Предельный ток термической стойкости/время прохождения тока термической стойкости

16кА/4с.

Проверку производим по термической устойчивости:

,



;



**Выбор вакуумного выключателя.**

По табл.31.4. [1] намечаем к применению тип: ВВ-10-20/630УЗ

Ток динамической устойчивости Iдин=52кА

Предельный ток термической стойкости/время прохождения тока термической стойкости

20кА/3с.

Время отключения 0,075с.

Время включения 0,1с. Привод пружинный.

Ц=161у.е.

Проверка:

Проверку производим по термической устойчивости:

,



;



по динамической стойкости:

**Выбор предохранителей.**

Согласно ПУЭ [2] номинальный ток плавкой вставки предохранителя Iв, не должен превышать 160% номинального тока защищаемого им конденсатора, т. е.

;



;



По табл.31.14. [1] выбираем

тип: ПКТ 101-6-20УЗ

Iном=31,5А

6.15. Измерения, управление, сигнализация и блокировка

Измерение тока в цепи конденсаторной установки позволяет контролировать нормальную работу конденсаторов. Равенство емкостей всех трех фаз конденсаторной установки должно измеряться тремя амперметрами, указывающими ток в каждой фазе установки, либо одним амперметром с переключателем.

По показаниям амперметров можно судить о загрузке конденсаторов токами как основной, так и высших гармоник. Для подключения трех амперметров достаточно двух трансформаторов тока, третий амперметр включается на сумму токов, проходящих в двух других фазах.

Для нормальной эксплуатации конденсаторных установок необходимо контролировать напряжение на зажимах конденсаторов, которое не должно превышать допустимое для них напряжение. Целесообразно подключать вольтметр к шинам распределительного устройства, так как при этом представляется возможным измерение напряжения в сети при отключенной конденсаторной установке. Так же включается вольтметр при отсутствии разрядного трансформатора напряжения, когда применяются конденсаторы со встроенными разрядными сопротивлениями.

Учет выработанной конденсаторной установкой реактивной энергии осуществляется счетчиками реактивной энергии, которые устанавливают на присоединениях конденсаторных установок мощностью 100 кВАр и выше при условии, если отдача ими реактивной энергии учитывается при расчете с предприятием по коэффициенту мощности. Данные о количестве реактивной энергии, выработанной конденсаторной установкой, и данные о потреблении активной энергии позволяют определить коэффициент мощности электроустановки.

Присоединение конденсаторных установок возможно к сети как ниже, так и выше 1 000 В. Включение конденсаторных установок может производиться рубильником или разъединителем при ручном управлении или выключателем при дистанционном управлении на переменном или постоянном опе­ративном токе. Однако эти способы не могут обеспечить быстроты оперативного управления и требуют наличия на подстанциях обслуживающего персонала. Целесообразно отдавать предпочтение автоматическому управлению конденсаторными установками.

Схемы управления присоединениями КУ аналогичны схемам управления трансформаторами, электродвигателями. При этом необходимо особое внимание обратить на следующее. Включение и отключение присоединения КУ следует производить по возможности быстрее во избежание повторных зажиганий при переключении.

При дистанционном автоматическом управлении присоединением КУ следует предусматривать в схеме включения КУ после ее отключения выдержку времени порядка 3—5 мин., которая необходима для разрядки КУ до безопасного напряжения (не выше 50 в). Выдержку времени порядка 3—5 мин. необходимо предусматривать и в схеме автоматического управления, которая необходима для отстройки от кратковременных изменений режимов работы сети. В схеме автоматического управления предусматривается установка переключателя для перевода на ручное или автоматическое управление. При этом должна быть учтена возможность обязательного ручного аварийного отключения выключателя конденсаторной установки.

Конденсаторная установка должна принудительно отключаться при возможном исчезновении напряжения в сети. В схеме управления должно быть предусмотрено запрещение повторного включений конденсаторной установки при ее отключении от действия релейной защиты вследствие внутренних повреждений в конденсаторах или нарушении режима работы сети; при этом должен быть подан звуковой сигнал от установленного для этой цели указательного реле. В схемах сигнализации с автоматическим регулированием нет необходимости подавать звуковой сигнал при автоматическом отключении или включении конденсаторной установки или предусматривать указанное реле. В этом случае следует устанавливать счетчик числа операций срабатывания автоматики.

Конденсаторные установки напряжением выше 1 000В обязательно должны иметь блокировки. Помимо обычной блокировки между выключателем и разъединителем блокировка устраивается дополнительно на выключателе с действием на замок двери конденсаторной установки. Блокировка должна быть устроена таким образом, чтобы двери КУ нельзя было открыть при включенном выключателе и нельзя было бы включить выключатель при открытых дверях в КУ.

В конденсаторных установках, состоящих из нескольких секций, разъединители этих секций должны быть снабжены блокировкой с основным выключателем установки, которая запрещает управление разъединителями секций при включенном выключателе.

**6.16. Релейная защита**

Каждая конденсаторная установка должна иметь общую защиту всей установки в целом от токов короткого замыкания, осуществляемую в соответствии с ПУЭ. Конденсаторные установки напряжением 3—6—10 кВ в соответствии с Правилами устройства электроустановок должны иметь следующие защиты:

от короткого замыкания, общую для всей конденсаторной установки, выполняемую в виде максимальной токовой защиты, действующей на отключение без выдержки времени;

от короткого замыкания в самих конденсаторах, не снабженных встроенной индивидуальной защитой;

от перегрузки токами высших гармоник, если такая перегрузка возможна;

от повышения напряжения, когда известно, что уровень напряжения в месте присоединения конденсаторной установки будет превышать 110% номинального напряжения. Для надежного действия максимальной токовой защиты при коротких замыканиях необходимо, чтобы расчетный ток короткого замыкания был больше тока срабатывания защиты. Так как защита действует без выдержки времени, то она должна быть отстроена при нормальной работе от рабочего тока, тока включения, тока разряда в сеть.

Ток включения и ток разряда в сеть конденсаторной установки вызываются переходными процессами. Ток включения возникает при подаче напряжения на конденсаторы, а ток разряда в сеть — при коротких замыканиях в сети, к которой присоединены конденсаторы. Величина и время прохождения этих токов определяются параметрами конденсаторной установки и питающей сети. Однако эти токи очень быстро затухают, хотя бывают в несколько раз больше номинального тока конденсаторной установки.

Во избежание ложного срабатывания общей защиты конденсаторной установки от коротких замыканий ток уставки максимальной защиты принимают примерно в 2 раза больше номинального тока конденсаторной установки.

В схемах защиты конденсаторных установок применяются обычные электромагнитные токовые реле мгновенного действия, могут быть использованы также индукционные токовые реле с ограниченно зависимой выдержкой времени. Эти реле обеспечивают не только защиту от токов короткого замыкания, но и от пере­грузки.

Защита конденсаторной установки от перегрузки может работать надежно в том случае, если количество включенных конденсаторов не изменяется. Но — если в условиях автоматического регулирования мощности конденсаторных установок под один главный выключатель присоединено несколько конденсаторных установок и каждая имеет свой переключатель, то при включении или отключении части установки ток, протекающий через токовые реле, будет изменяться. Производить изменение уставок реле при всяком изменении включенной мощности установки не допускается.

В этом случае устанавливают на каждой секции установки отдельный комплект трансформаторов тока с токовыми реле, которые действуют на главный выключатель, предусматривающий отключение всей установки в целом.

Селективность действия общей защиты конденсаторной установки должна также обеспечиваться соответствующим выбором индивидуальной защиты самих конденсаторов.

Индивидуальная защита конденсаторов нужна для конденсаторных установок, в которых применяют конден­саторы на напряжение 3, 6, 10 кВ. Отличие этих конденсаторов от конденсаторов напряжением до 1 000 В заключается в том, что они не имеют встроенной индивидуальной защиты.

При коротком замыкании в конденсаторах очень важно не допускать в них возрастания энергии дуги короткого замыкания, возникающей внутри поврежденного конденсатора, до величины, при которой корпус конденсатора может быть разрушен. Невыполнение этого требования может привести не только к разрушению самих конденсаторов, но и к повреждению находящегося вблизи них оборудования.

Защиту конденсаторов на напряжение 3—10 кВ от токов короткого замыкания осуществляют быстродействующими и токоограничивающими плавкими предохра­нителями типа ПК. При правильном выборе предохранителей своевременно локализуется повреждение защищаемых конденсаторов.

Основными условиями при выборе силовых предохранителей для защиты конденсаторов являются следующие:

номинальное напряжение предохранителей должно соответствовать напряжению сети, в которой устанавливаются конденсаторы;

предохранители должны выдерживать значительные колебания нагрузки, обычные в условиях нормального режима работы конденсаторов;

предохранители должны быть рассчитаны на периодические переходные токи. Для конденсаторов малой мощности броски тока по отношению к номинальному при включении имеют большую кратность, чем для мощных конденсаторов;

при параллельном соединении конденсаторов предохранители должны выдерживать максимальный разрядный ток, протекающий от неповрежденных конденсаторов к поврежденному;

предохранители должны быстро отключать поврежденный конденсатор, обеспечивая при этом требования селективности;

разрывная мощность предохранителей должна быть не меньше возникающей на выводах конденсатора мощности короткого замыкания;

при пробое отдельных соединенных последовательно секций конденсатора номинальный ток плавкой вставки предохранителя не должен значительно превышать номинальный ток конденсатора.

**6.17. Потери в кабелях связанные с низким коэффициентом мощности**

Принимаем начальный cosϕ=0,7; с учетом компенсации cosϕ=0,95.

Потери учитываем только в кабельной линии от ГПП-33 до РП-365, т.к. коэффициент мощности увеличивается только до места установки компенсирующих устройств.

Сопротивление кабеля ААБлГ-4(3х185), l=707м от ГПП-33 до РП-365



Рабочий ток при cosϕ=0,8



Рабочий ток при cosϕ=0,95



Потери активной энергии при cosϕ=0,7



Потери активной энергии при cosϕ=0,95



Разность потерь активной энергии за год



**6.18. Добавочные потери от высших гармоник в электрических машинах**

Потери в электрических машинах. При работе синхронных и асинхронных двигателей в условиях несинусоидального напряжения возникают добавочные потери мощности, обусловленные высшими временными гармониками тока в цепях статора и ротора. Появляются также добавочные потери в стали статора и ротора; однако эти потери малы и ими можно пренебречь. Основная часть добавочных потерь от гармоник в синхронных машинах приходится на долю демпферной клетки и обмотки статора; потери в обмотке ротора, как правило, оказываются меньшими. В асинхронных двигателях высокого напряжения потери в статоре и роторе примерно одинаковы.

Оценка величин потерь от высших временных гармоник в синхронных двигателях производим по кривым рис.3-6. [7], на которых представлены отношения этих потерь ΔРДν при напряжении, равном одному проценту напряжения основной частоты, к суммарным номинальным потерям ΔРном.

Удельные потери для одной гармоники будут различными в зависимости от того, какую последовательность образует система векторов напряжения этой гармоники, поскольку различной оказывается частота токов в роторе и демпферной системе. Используем средние значения удельных потерь, рассчитанных для случая прямого и обратного следования фаз векторов напряжения гармоник.

Для СД компрессорной станции

### Суммарные потери ΔРΣν, % определяемые всеми гармониками напряжения

, (6.29)



для СД ΔРном=0,003Рном=0,003\*3200\*8=81,6кВт

по кривым рис. 3-6. [7] определяем отношения:

%;



%;



.



Для трансформаторов подъемных машин КС-3.

Потери активной мощности от токов высших гармоник в трансформаторах выражаются формулой

, (6.30)



где IνТ —ток ν-й гармоники, протекающий через трансформатор; rт - сопротивление трансформатора при промышленной частоте; кνТ - коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления короткого замы­кания для высших гармоник вследствие влияния поверхностного эффекта и эффекта близости. Для силовых трансформаторов можно принять к11=3,2 и к13=3,7.

Для трансформаторов ТП-365, ТП-363, ТП-312, ТП-309:

, (6.31)



по табл. 27.6. [1] принимаем ΔРм=ΔРх.х.+ΔРк.з.

Ом



**6.19. Управление и регулирование батарей конденсаторов и СРФ**

Необходимо четко разграничивать понятия автоматического управления и автоматического регулирования БК. При автоматическом управлении в качестве задающего органа на входе цепи управления может использоваться измерительный орган, например реле, реагирующий на электрическую величину. При достижении электрической величиной уставки срабатывания измерительного органа последний воздействует на коммутирующий аппарат, включающий в работу БК. Если ее включение не ока­зывает существенного влияния на измеряемую изме­рительным органом электрическую величину, то обратного действия от изменения режима сети на вход цепи управления не происходит. Направление воздействий проходит по “открытой” цепи управления. Подобное управление режимом БК может осуществляться в том случае, когда вопрос о ее работе решается двояко: либо включена, либо отключена. Отключение БК происходит при снижении измеряемой электрической величины до уставки возврата измерительного органа. Таким образом, вопрос может решаться лишь в том случае, если приходится иметь дело с односекционной установкой.

В случае многосекционной установки мощность последней изменяется многократно во времени в соответствии с требованием режима узла электрической сети. Предположим, что в результате роста нагрузок узла электрической сети (возмущающее воздействие) возникают отклонения регулируемого параметра от заданного и для восстановления регулируемой величины до заданного значения необходимо включить в работу одну секцию БК. Зафиксированное измерительным органом автоматического регулятора отклонение параметра сопровождается появлением регулирующего воздействия, которое приводит к включению коммутирующего аппарата первой секции. После этого параметр восстанавливается до желательного уровня. Это фиксируется измерительным органом регулятора, который прекращает дальнейшую посылку сигнала на увеличение мощности БК. Если в дальнейшем в связи с ростом нагрузки величина Q дополнительно изменится, то регулятор может повторно послать регулирующее воздействие на дополнительное увеличение мощности БК. При изменении регулируемого параметра в обратную сторону будет послан импульс на уменьшение мощности БК. Здесь после приведения в действие измерительного органа регулятора воздействие проходит от звена к звену, к “регулируемой величине”. В результате образуется замкнутая цепь регулирования, действующая до наступления установившегося состояния. Регулятор путем сравнения заданного значения регулируемой величины, получаемого от задающего органа, и фактического ее значения производит измерение отклонения регулируемой величины и соответственно воздействует на объект. Регулятор прекращает свое действие после полного исчерпания регулирующего диапазона, так как после включения всех секций дополнительное увеличение мощности БК невозможно (аналогично уменьшение мощности БК после отключения всех секций).

Сравнивая приведенные примеры можно определить автоматическое управление как управление по незамкнутой схеме, а автоматическое регулирование — как управление по замкнутой схеме. От того, осуществляется ли управление по разомкнутой или замкнутой схеме, зависит выбор параметров регулирования. При замкнутой схеме в качестве параметра регулирования можно использовать комбинацию лишь таких величин, которые существенно изменяются с изменением режима БК, к примеру, напряжение сети в сочетании с напряжением, пропорциональным реактивной составляющей тока питающего участка сети. Регулирование режима БК по замкнутой схеме должно применяться для многосекционных батарей. При управлении по разомкнутой схеме односекционной установкой не требуется автоматического регулятора. В этом случае можно использовать реле управления, реагирующее на любой параметр режима электрической сети, даже практически не изменяющийся в результате включения или отключения БК. В качестве такого параметра может быть использовано напряжение или ток элемента электрической сети. К устройствам, действующим по разомкнутой схеме, относятся также временные программные устройства, циркулярная система телеуправления и т. п.

С учетом выше сказанного для четырех секционной батареи конденсаторов применим схему автоматического регулирования в функции тока нагрузки с применением бесконтактных элементов, показанную на чертеже.

**Определим ступень регулирования Q.**

Максимальные ступени увеличения напряжения при включении конденсаторной установки во избежание резких колебаний напряжения не должны превышать 1-2% номинального напряжения сети. Регулирующий эффект при включении одной секции конденсаторной установки определим по формуле:

, (6.31)



где Хс – реактивное сопротивление элементов сети, ближайших к установке.

ΔU%=%



Регулируемыми делаем все секции БК.

Зона нечувствительности регулирования режима БК.

Включение и отключение секций БК осуществляется при несколько отличающихся параметрах, поступающих на измерительный орган U1 и U2. Разность этих параметров

ΔU=⎜U1-U2⎪

определяет нечувствительность регулирования, которая должна превосходить изменение результирующего напряжения на измерительном органе, наблюдающееся при включении и отключении секции БК.

Если контролируется активный ток или независимый реактивный ток, то включение и отключение секции не сопровождаются изменением тока. Напряжение в этих случаях является единственно изменяющейся величиной и зона нечувствительности может быть небольшой.

Погрешность, связанная с изменением уставки регуляторов по напряжению, по относительному значению меняется в соответствии с изменением этой уставки. Обычно предельное значение изменения уставки по напряжению составляет 10%, что гораздо больше 0,9% повышения напряжения вследствии включения 1 секции БК.

**6.20. Принципиальная схема автоматического регулирования в функции тока нагрузки секциями БК**

В схеме автоматического регулирования датчиком является индуктивная катушка L, состоящая из провода, намотанного на сердечник, состоящий из пластин прямоугольной формы. Катушка расположена в непосредственной близости от одной из шин. Схема работает следующим образом.

При прохождении тока нагрузки по шине в катушке L наводится ЭДС. Переменное напряжение, выпрямленное мостом, состоящим из четырех диодов VD1-VD4 подается на конденсатор С1, служащий фильтром, и С2, который заряжается через потенциометр R1, осуществляющий регулировку времени заряда.

Напряжение с этого конденсатора подается на делители напряжения, число которых соответствует количеству регулируемых секций БК. Делитель напряжения состоит из двух резисторов R2 и R4 и одного потенциометра R3, которым регулируется напряжение, подаваемое на базу каждого из транзисторов, VT1,VT3,VT5 и VT7.

Если ток нагрузки невелик, то напряжение на конденсаре С2 тоже будет незначительно. В этом случае транзисторы VT1,VT3,VT5 и VT7 будут закрыты, так как напряжение на стабилитроне VD9 будет приложено к базам этих транзисторов через резистор R5 и делитель R3 и R4.При этом транзисторы VT2,VT4,VT6 и VT8 будут открыты и катушки реле К1,К2,К3 и К4 будут притянуты. При возрастании тока нагрузки напряжение на конденсаторе С2 также будет возрастать с задержкой по времени, определяемой постоянной времени цепочки R1С2. Когда напряжение на конденсаторе достигнет определенного значения, напряжение, подаваемое с делителя R2-RЗ-R4 на базу транзисторов VT1,VT3,VT5 и VT7, становится достаточным для их открытия, что соответственно вызывает закрытие транзисторов VT2,VT4,VT6 и VT8 с последующим отключением катушек реле К1,К2,К3 и К4 в цепях коллекторов этих транзисторов. Напряжение, сравнения в данной схеме можно плавно регулировать потенциометром делителя. Реле К1,К2,К3 и К4 размыкающими контактами соответственно включают катушки промежуточных реле К5,К6,К7 и К8 контакты которых включают включающие катушки вакуумных выключателей секций БК— К13,К14,К15 и К16.

При уменьшении тока нагрузки напряжение на конденсаторе С2 также будет снижаться с задержкой по времени, определяемой постоянной времени разряда С2. Когда напряжение на конденсаторе достигнет определенного значения, напряжение, подаваемое с делителя R2-RЗ-R4 на базу транзисторов VT1,VT3,VT5 и VT7, становится минимальным для их закрытия, что соответственно вызывает открытие транзисторов VT2,VT4,VT6 и VT8 с последующим включением катушек реле К1,К2,К3 и К4 в цепях коллекторов этих транзисторов. Реле К1,К2,К3 и К4 замыкающими контактами соответственно включают катушки промежуточных реле К9,К10,К11 и К12 контакты которых включают отключающие катушки вакуумных выключателей секций БК— К17,К18,К19 и К20.

В цепи отключающих катушек вакуумных выключателей включены четыре выключателя SB1,SB2,SB3,SB4 для ручного отключения на случай ревизии или ремонта БК. Транзистор VТ9 в схеме служит для стабилизации напряжения.

Данная схема показала себя надежной в работе, состоит из серийных элементов и проста в обслуживании.

6.21. Управление батареями конденсаторов в аварийных режимах

Наравне с управлением местными источниками реактивной мощности в нормальных режимах работы актуальна проблема управления ими в аварийных режимах, когда возникают глубокие снижения напряжения вследствие коротких замыканий с последующими затрудненными самозапусками двигателей технологического оборудования, а также явления “лавины напряжения” в узлах энергосистемы и нагрузочных узлах.

Воздействие на режим БК при переходных процессах в электрической системе нежелательно, так как это может привести к большому числу лишних коммутационных операций, а, следовательно, к преждевременному износу коммутационной аппаратуры. Поэтому нецелесообразно воздействовать на БК в случаях снижения напряжения, когда короткие замыкания отключаются без последствий для работы технологического оборудования.

Управление БК в аварийных ситуациях может быть двояким. Поскольку часть секций многосекционных БК в некоторых режимах сети находится в отключенном состоянии, целесообразно осуществлять включение этих секций при авариях. Такое включение можно производить по сигналу прибора, выявляющего глубокое снижение напряжения, с небольшой выдержкой временя во избежание чрезмерно частого включения бк. Если короткое замыкание отключается в пределах этого времени и напряжение восстанавливается, то посылка сигнала на включение секций БК не производится. Если же после отключения короткого замыкания сохраняется глубокое снижение напряжения, что является показателем затяжного самозапуска двигателей технологического оборудования или нарушения устойчивости узла нагрузки, то включаются все отключенные секции.

Следует, однако, учитывать, что повышение напряжения за счет включения отключенных секций БК является в ряде случаев незначительным. Усложнение же автоматической аппаратуры, предусматривающей аварийное включение всех секций, оказывается существенным. Поэтому такая возможность должна предусматриваться только для крупных БК системного значения.

Для северной подъемной машины СРФ подключаем без регулирования, т.к. коэффициент несинусоидальности в течение всех суток больше нормированного значения.

Для СРФ южной подъемной машины применим схему автоматического управления в функции времени суток. В качестве датчиков при таком регулировании используются электрические втроричные сигнальные часы типа ЭВЧС-24, имеющие 24-часовую программу переключений СРФ.

**6.22. Принципиальная схема автоматического управления СРФ**

Принцип работы схемы заключается в следующем.

В течении 1-ой и 2-ой смены работы предприятия коэффициент несинусоидальности находится в пределах нормируемого значения и в 3 смену повышается выше допустимого значения. В начале третьей смены в 16 часов необходимо включить все СРФ. В этом случае замыкается контакт электрических часов К1.1, К1.3, К1.5 и все три включающие катушки К2,К4,К6 с выдержкой времени через соответствующие реле времени КТ1,КТ3,КТ5 получают питание, которые в свою очередь подают питание на включающие катушки вакуумных выключателей. В 24 часа размыкаются контакты К1.1, К1.3, К1.5 и включаются контакты К1.2, К1.4, К1.6 и все три отключающие катушки К3,К5,К7 с выдержкой времени через соответствующие реле времени КТ2,КТ4,КТ6 получают питание, которые в свою очередь подают питание на отключающие катушки вакуумных выключателей.

В схеме предусмотрено ручное управление с помощью включающих SB2,SB4,SB6 и отключающих SB3,SB5,SB7 кнопок.

**6.23. Контроль за потреблением реактивной мощности**

При известном потреблении реактивной энергии за Д дней в целом и отдельно за ночные и вечерние смены значение - фактическое значение минимальной потребляемой реактивной мощности определяется по формуле



, (6.32)



tд — продолжительность дневного периода суток.

Ввиду того что величины и неизвестны, принимаем следующие допущения:



1. средняя за все ночные смены реактивная мощность приблизительно равна ее среднему значению за часы максимальных нагрузок системы;

, (6.33)



2) отношение / приблизительно равно отношению по­требления активной мощности в те же периоды (последнее считает­ся известным):



, (6.34)



В случае, когда КУ работают в течение ночной и вечерней смен, что характерно для двух- и трехсменных предприятий, показания счетчиков, соответствующие естественным нагрузкам (без КУ), могут быть определены добавлением к фактическим показаниям величин и соответственно.



Для этих скорректированных показаний условие 2) будет соблюдаться, т. е.

, (6.35)



при , (6.36)



, (6.37)



при , (6.38)



при семидневной рабочей неделе (=1,2), , λ=0,7, Кq=1



, (6.39)



;



В дневную смену рекомендуется отключать некоторые секции БК.

Для контроля за фактическим потреблением Q на шинах ГПП-33 по табл. 18.4. [3] намечаем к применению счетчик реактивной мощности тип: СР4-И689, класс точности 1,5 , подключение через трансформаторы тока и напряжения.

Включение в трехпроводную цепь.

Iном.первич.=5кА, Iном.вторич.=5А,

Uном.первич.=6кВ, Uном.вторич.=100кВ.

Выбор трансформатора тока:

По табл.31.9. [1] выбираем тип: ТПШЛ-10УЗ, Iном=4кА, класс точности=0,5,

Электродинамическая стойкость – кратность=20,

Термическая стойкость 35кА/3с.

Проверка на динамическую устойчивость ;



20кА>6,7кА

Кратность односекундного тока термической стойкости:

;



Выбор трансформатора напряжения.

По табл.31.13.[1] выбираем тип: НОМ-6-У4, Uвторич.=100В, класс точности=0,5, номинальная мощность 50ВА.

**7. Обслуживание, ремонт и наладка энергетического оборудования и средств автоматизации**

Конденсаторные установки должны удовлетворять требованиям ПУЭ [2], .которые распространяются на установки напряжением до 220 кВ, присоединяемые параллельно индуктивным элементам электрических систем переменного тока частотой 50 Гц (установки для поперечной компенсации). К наиболее существенным особенностям электрооборудования, влияющим на компоновку конденсаторных установок, относится форма его исполнения, определяющая, для каких условий эксплуатации это оборудование предназначено: в закрытом помещении или на открытом воздухе. Имеет также значение, является ли конденсаторная установка комплектной или выполняется из отдельных элементов.

Расположение установки на генплане оказывает влияние на компоновку в зависимости от того, устанавливается ли она совместно с другим оборудованием в одном помещении или отдельно. Если компоновка позволяет заменить кабельные связи шинными — это, как правило, приводит к повышению надежности.

Приближение конденсаторной установки к потребителю реактивной мощности, совмещение в общем помещении конденсаторной установки с другим электрооборудованием экономически выгодно.

Конструкция каркаса конденсаторных ячеек должна обеспечивать хорошую обозреваемость конденсаторов, изоляторов, предохранителей и другого оборудования при осмотре их под напряжением. К конденсаторам, предохранителям и контактам шин должен быть свободный доступ во время производства ремонта при снятом напряжении, а также возможность свободной замены конденсаторов и предохранителей без разборки всей ячейки. Конденсаторные установки выпускаются как для одностороннего, так и для двустороннего обслуживания. Для внутренних установок предпочтительно применение конденсаторных установок с односторонним обслуживанием. Для удобства эксплуатации конденсаторных установок при снятии и установке конденсаторов массой 60— 100кг желательно комплектно с конденсаторной установкой иметь рычажное или простое передвижное подъемное устройство. В предназначенных для установки конденсаторов помещениях устройство окон и отопление не требуются. Следует учитывать, что для северных районов при применении конденсаторов с синтетическим диэлектриком (соволом), который допускает работу при температуре не ниже —10 °С, устанавливать конденсаторные установки необходимо только в закрытых помещениях, где поддерживается температура не ниже —10 °С. В южных районах конденсаторные установки необходимо располагать по возможности с северной стороны здания. Конденсаторные установки можно устанавливать и на открытом воздухе.

При разработке узлов и отдельных элементов конденсаторных установок должны учитываться следующие требования:

конструкции должны обеспечивать необходимую степень надежности и быть удобными в монтаже и эксплуатации;

они должны выдерживать без повреждения усилия, которые могут возникать как в период эксплуатации, например при коротком замыкании, так и при транспортировке. Последнее особенно следует учитывать при крупноблочных электроконструкциях.

Конденсаторы работают со сравнительно высокими напряженностями поля в диэлектрике. Совместное действие этих напряженностей и высокой рабочей температуры приводит к сокращению срока службы конденсаторов. Поэтому вентиляция конденсаторных установок должна обеспечивать хорошую циркуляцию воздуха вокруг каждого конденсатора. Большое значение это имеет для конденсаторов, которые установлены в несколько ярусов один над другим. Для обеспечения хорошей вентиляции следует избегать горизонтальных межъярусных перегородок. При этом необходимо учитывать определенные расстояния между соседними конденсаторами и окружающими стенками, для того чтобы можно было всю поверхность конденсатора полностью использовать для отвода тепла.

Помещения, где устанавливаются конденсаторные установки, должны иметь естественную вентиляцию; если последняя не обеспечивает снижения температуры воздуха в помещении до уровня максимально допустимой, необходимо применять искусственную вентиляцию. Температура окружающего воздуха в помещении конденсаторных установок не должна превышать 35 °С.

Конденсаторные установки не допускается устанавливать в цехах с насыщенной токопроводящей пылью, с химически активной и взрывоопасной средой, а также в цехах, где конденсаторы могут подвергаться постоянным сотрясениям, вибрациям и ударам. При размещении конденсаторных установок в отдельном помещении для защиты от случайных прикосновений, к частям оборудования, находящимся под напряжением, должно предусматриваться сетчатое ограждение высотой не менее 1,7м от пола. При установке же в производственных помещениях могут предусматриваться сплошные ограждения из листовой стали с отверстиями для вентиляции. Корпуса (баки) конденсаторов, металлические конструкции, на которых они стоят, сетчатые ограждения, и другие нетоковедущие части конструкции конденсаторной установки должны быть заземлены и присоединены к общему контуру заземления подстанции, цеха. В ячейке ввода конденсаторной установки должны быть предусмотрены зажимы для присоединения переносных заземляющих устройств.

Конденсаторные установки (если их установлено две или несколько рядом или в одном помещении) с общей массой масла более 600кг должны быть расположены в отдельном помещении с выходом наружу или в общее помещение I и II степеней огнестойкости по пожарным требованиям, при этом под конденсаторной установкой напряжением выше 1 000 В должен быть устроен маслоприемник, рассчитанный, на 20% общей массы масла, содержащегося во всех конденсаторах.

**8. Экономическая часть**

**8.1. Экономическая эффективность применения компенсирующих устройств и СРФ.**

Капитальные затраты на установку оборудования компенсирующих устройств и СРФ.

Стоимость батарей конденсаторов:

по табл.16-19. [6] принимаем стоимость 1кВАр=2,15 у.е.

ЦБК=2,15\*1800=3870 у.е.

Стоимость коммутационной аппаратуры:

4 вакуумных выключателя Ц=4\*161=644 у.е.

4 разъеденителя Ц=4\*16,5=66 у.е.

Стоимость батарей конденсаторов СРФ и реакторов:

ЦБК=2,15\*7800=16770 у.е.

ЦР=1720\*18=30960 у.е.

Стоимость коммутационной аппаратуры для СРФ:

6 вакуумных выключателя Ц=6\*161=966 у.е.

4 разъеденителя Ц=6\*16,5=99 у.е.

Потери активной энергии в конденсаторах БК и СРФ:

ΔРБК=ΔР\*5000\*С,

где С=0,009 у.е. за 1 квт\*ч

ΔРБК=5,4\*103\*3000\*0,009=150 у.е.

ΔРСРФ=23,4\*103\*3000\*0,009=630 у.е.

Потери активной энергии в реакторах СРФ:

ΔРСРФ=6,5\*103\*18\*3000\*0,009=3000 у.е.

Затраты, связанные с проектированием и эксплуатацией компенсирующих устройств.

Приведенные затраты, связанные с проектированием и эксплуатацией КУ, могут быть записаны в виде

Зк=Гк+рНКк, (8.1)

где Гк—годовые эксплуатационные расходы; Кк—сметная стоимость КУ, т. е. капитальные затраты на их установку; рН — нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат.

На стадии проектных проработок обычно пользуются укрупненными технико-экономическими показателями. В данном случае капитальные затраты и годовые эксплуатационные расходы удобнее представлять в функции удельных капитальных затрат kу.к и установленной мощности КУ Qк. При этих условиях можно записать |

Кк= kу.кQк, (8.2)

Гк=ркkу.кQк+ Δру.кQкТк.максβ, (8.3)

где рк — отчисления на амортизацию, текущий ремонт и обслуживание КУ; Δру.к — удельные потери мощности в КУ; Тк. макс — время использования максимальной мощности КУ; β — стоимость 1 кВт • ч потерянной энергии.

Принимаем kу.к=1, рН =1,1, рк=0,01Кк, kу.к=2,15 у.е./кВАр, Δру.к=0,003 кВт/кВАр, Т=3000ч., β=0,009 у.е./кВт

Кк=ЦБК+Цкомм.апп=3870+710=4580 у.е.

Зк=4580\*0,1\*2,15\*1800+0,003\*1800\*3000\*0,009+1,1\*4580=1777644 у.е

Экономическая эффективность минимизации уровня гармоник.

Оценка экономической эффективности минимизации гармоник основывается на формуле приведенных затрат

З=рКосн+Ин, (8.4)

где Косн — единовременные капитальные вложения; Ин — ежегодные издержки производства; р — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Для сравниваемых вариантов в формулу входят лишь составляющие, которые обусловлены наличи­ем гармоник или средств, минимизирующих уровни их, с учетом дополнительного эффекта, обусловленного минимизацией.

Ежегодные. издержки производства в рассматриваемом случае состоят из амортизационных отчислений на реновацию Ир и капитальный ремонт Ик.р, стоимости текущих ремонтов Ит.р, стоимости потерь электроэнергии Ип и прочих эксплуатационных расходов Иэ:

Ин=Ир+Ик.р+Ит.р+Ип+Иэ, (8.5)

Косн=Цк+Цр+Цкомм.апп.=16770+30960+846+99=48675 у.е.

Ир=0,2\*48675=9735 у.е.

Ик.р=0,2\*48675=9735 у.е.

Ит.р.=0,01\*48675=487 у.е.

Ип=630+3000=3630 у.е.

Иэ=0,01\*48675=487 у.е.

З=1,1\*48675+9735\*2+487\*2+3630=79700 у.е.

Суммарные затраты З=1777644+79700=1857344 у.е.

Экономический эффект от модернизации.

Дополнительные потери активной мощности при передаче реактивной

Ц=ΔР\*С\*Т,

Ц=559\*103\*0,009\*5000=25000 у.е.

Потери в кабельных линиях от низкого коэффициента мощности

Ц=495 у.е.

Потери в электрических машинах от несинусоидального напряжения

Синхронные двигатели можно не учитывать.

Потери в трансформаторах

Ц=600\*103\*0,009\*5000=28700 у.е.

Плата за потребление реактивной мощности.

По табл. 3.6. [8] С=0,0007 у.е./кВАр

Ц=(7800+1800)\*0,0007\*5000=33600 у.е.

Затраты на установку и обслуживание реакторов на ГПП-33

Стоимость реакторов Ц=4\*6000=24000 у.е.

Зк=Гк+рНКк,

где Гк=Заморт.+Зтек.рем.+Зобслуж. – эксплуатационные затраты,

Кк—сметная стоимость реакторов, т. е. капитальные затраты на их установку; рН — нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат.

Заморт.=0,12Кк,

Зтек.рем.= Зобслуж.=0,3\*Заморт,

Зк=0,12\*24000+0,036\*24000\*2+1,1\*24000=31008 у.е.

Суммарная эффективность З=25000+495+28700+33600+31008=118833 у.е.

Окупаемость модернизации составит Т=.



**9. Охрана труда**

**9.1. Опасность поражения электрическим током в рудничных условиях**

Действие электрического тока на организм.

Проходя через организм, электрический ток производит термическое, электролитическое и биологическое действия.

Термическое действие выражается в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов и т. п.

Электролитическое действие выражается в разложении крови и других органических жидкостей, вызывающем значительные нарушения их физико-химических составов.

Биологическое действие является особым специфическим процессом, свойственным лишь живой ткани. Оно выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц, в том числе мышц сердца и легких. В результате могут возникнуть различные нарушения в организме, в том числе нарушение и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения. Раздражающее действие тока на ткани организма может быть прямым, когда ток проходит непосредственно по этим тканям и рефлекторным, т. е. через центральную нервную систему, когда путь тока лежит вне этих тканей.

Все это многообразие действий электрического тока приводит к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическим ударам.

Электрические травмы — это четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги. Различают следующие электрические травмы: электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи и механические повреждения.

Электрические ожоги могут быть вызваны протеканием тока непосредственно через тело человека, а также воздействием электрической дуги на тело. В первом случае ожог возникает как следствие преобразования энергии электрического тока в тепловую и является сравнительно легким (покраснение кожи, образование пузырей). Ожоги, вызванные электрической дугой носят, как правило, тяжелый характер (омертвение пораженного участка кожи и обугливание тканей).

Электрические знаки — это четко очерченные пятна серого, бледно-желтого цвета диаметром 1—5 мм на поверхности кожи чело века, подвергшегося действию тока. Электрические знаки безболезненны и лечение их заканчивается, как правило, благополучно.

Металлизация кожи — это проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги. Обычно с течением времени больная кожа сходит, пораженный участок приобретает нормальный вид и исчезают болезненные ощущения.

Механические повреждения являются следствием резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через человека. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, а также вывихи суставов и даже переломы костей. Механические повреждения возникают очень редко.

Электрический удар — это возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц.

Различают следующие четыре степени ударов:

I — судорожное сокращение мышц без потери сознания;

II — судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца;

III — потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе);

IV — клиническая смерть, т. е. отсутствие дыхания и кровообращения.

Клиническая («мнимая») смерть — переходный процесс от жизни к смерти, наступающий с момента прекращения деятельности сердца и легких.

У человека, находящегося в состоянии клинической смерти, отсутствуют все признаки жизни: он не дышит, сердце его не работает, болевые раздражения не вызывают никаких реакций, зрачки глаз расширены и не реагируют на свет. Однако в этот период жизнь в организме еще полностью не угасла, ибо ткани его умирают не все сразу и не сразу угасают функции различных органов. В первый момент почти во всех тканях продолжаются обменные процессы, хотя и на очень низком уровне и резко отличающиеся от обычных, но достаточные для поддержания минимальной жизнедеятельности. Эти обстоятельства позволяют, воздействуя на более стойкие жизненные функции организма, восстановить угасающие или только что угасшие функции, т. е. оживить умирающий организм.

Первыми начинают погибать очень чувствительные к кислородному голоданию клетки коры головного мозга, с деятельностью которых связаны сознание и мышление. Поэтому длительность клинической смерти определяется временем с момента прекращения сердечной деятельности и дыхания до начала гибели клеток коры головного мозга; в большинстве случаев она составляет 4—5 мин, а при гибели здорового человека от случайной причины, например от электрического тока, — 7—8 мин.

Биологическая (истинная) смерть — необратимое явление, характеризующееся прекращением биологических процессов в клетках и тканях организма и распадом белковых структур; она наступает, но истечении периода клинической смерти.

Исход воздействия электрического тока зависит от ряда факторов, в том числе от электрического сопротивления тела человека, величины и длительности протекания через него тока, рода и частоты тока и индивидуальных свойств человека.

Электрическое сопротивление тела человека складывается из сопротивления кожи и сопротивления внутренних тканей.

Кожа, вернее ее верхний слой, называемый эпидермисом, имеющий толщину до 0,2мм и состоящий в основном из мертвых ороговевших клеток, обладает большим сопротивлением, которое и определяет общее сопротивление тела человека. Сопротивление внутренних тканей человека незначительно и составляет 300—500 Ом.

При сухой чистой и неповрежденной коже сопротивление тела человека колеблется в пределах от 2 тыс. до 2 млн. Ом. При увлажнении и загрязнении кожи, а также при повреждении кожи (под контактами) сопротивление тела оказывается наименьшим — 300—500 Ом, т. е. доходит до значения, равного сопротивлению внутренних тканей тела. При расчетах сопротивление тела человека принимается равным 1000 Ом.

Величина тока, протекающего через тело человека, является глав­ным фактором, от которого зависит исход поражения: чем больше ток, тем опаснее его действие. Человек начинает ощущать протекающий через него ток промышленной частоты (50 Гц) относительно малого значения: 0,1—1,5 мА. Этот ток называется пороговым ощутимым током.

Ток 10—15 мА (при 50 Гц) вызывает сильные и весьма болезненные судороги мышц рук, которые человек преодолеть не в состоянии, т. е. он не может разжать руку, которой касается токовсдущой части, не может отбросить провод от себя и оказывается как бы прикованным к токоведущей части. Такой ток называется пороговым неотпускающим.

При 25—50 мА действие тока распространяется и на мышцы грудной клетки, что приводит к затруднению и даже прекращению дыхания. При длительном воздействии этою тока — в течение нескольких минут — может наступить смерть вследствие прекращения работы легких.

При 100 мА ток оказывает непосредственное влияние и на мышцу сердца, вызывая его остановку или фибрилляцию, т. е. быстрые хаотические и разновременные сокращения волокон сердечной мышцы (фибрилл), при которых сердце перестает работать как насос. В результате в организме прекращается кровообращение и наступает смерть.

Длительность протекания тока через тело человека влияет на исход поражения вследствие того, что со временем резко возрастает ток за счет уменьшения сопротивления тела и накапливаются отрицательные последствия воздействия тока на организм.

Род и частота тока в значительной степени определяют степень поражения. Наиболее опасным является переменный ток с частотой от 20 до 1000 Гц. При частоте меньше 20 или больше 1000 Гц опасность поражения током заметно снижается. При постоянном токе пороговый ощутимый ток повышается до 6—7 мА, а пороговый неотнускающчй ток — до 50—70 мА. Токи частотой свыше

100 000 Гц не оказывают раздражающего действия на ткани и поэтому не вызывают электрического удара. Однако они сохраняют опасность по условиям термических ожогов.

**9.2. Первая помощь человеку, пораженному электрическим током**

Первая доврачебная помощь при несчастных случаях от электрического тока состоит из двух этапов: освобождение пострадавшего от действия тока и оказание ему медицинской помощи.

Освобождение пострадавшего от действия тока может быть осуществлено несколькими способами. Наиболее простой и верный способ — это отключение соответствующей части электроустановки. Если отключение быстро произвести почему-либо нельзя (например, далеко расположен выключатель), можно при напряжении до 1000В перерубить провода топором с деревянной рукояткой или оттянуть пострадавшего от токоведущей части, взявшись за его одежду, если она сухая, отбросить от него провод с помощью деревянной палки и т. п.

При напряжении выше 1000В следует применять диэлектрические перчатки, боты и, в необходимых случаях, изолирующую штату или изолирующие клещи.

Меры первой медицинской помощи пострадавшему от электрического тока зависят от его состояния.

Если пострадавший в сознании, но до этого был в обмороке или продолжительное время находился под током, ему необходимо обеспечить полный покой до прибытия врача или срочно доставить в лечебное учреждение.

При отсутствии сознания, но сохранившемся дыхании нужно ровно и удобно уложить пострадавшего на мягкую подстилку, растегнуть пояс и одежду, обеспечить приток свежего воздуха. Следует давать нюхать нашатырный спирт, обрызгивать водой, растирать и согревать тело.

При отсутствии признаков жизни надо делать искусственное дыхание и массаж сердца.

И с к у с с т в е н н о е д ы х а н и е должно быть начато немедленно после освобождения пострадавшего от действия тока и выявления его состояния. Оно должно производиться методами известными под названием “изо рта в рот” и «изо рта в нос». Эти методы заключаются в том, что оказывающий помощь вдувает воздух из своих легких и легкие пострадавшего через его рот или через нос. Установлено, что воздух, выдыхаемый из легких, содержит достаточное для дыхания количество кислорода. При этом способе пострадавшего укладывают на спину, открывают ему рот и удаляют изо рта посторонние предметы и слизь. Для раскрытия гортани оказывающий помощь запрокидывает голову пострадавшего назад, положив под его затылок одну руку, а второй рукой надавливает на лоб или темя пострадавшего до такой степени, чтобы подбородок оказался на одной линии с шеей.

После этого оказывающий помощь делает глубокий вдох и с силой выдыхает воздух в рот пострадавшего. При этом он должен охватить своим ртом весь рот пострадавшего и своим лицом зажать ему нос. Затем оказывающий помощь откидывается, назад и делает новый вдох. В этот период грудная клетка пострадавшего опускается, и он делает пассивный выдох.

В одну минуту следует делать 10—12 вдуваний. Вдувание воздуха можно производить через марлю, носовой платок или специальную трубку.

При возобновлении у пострадавшего самостоятельного дыхания некоторое время следует продолжать искусственное дыхание до полного приведения пострадавшего в сознание, приурочивая вдувание к началу собственного вдоха пострадавшего.

Наружный массаж сердца имеет целью искусственно поддержать в организме кровообращение и восстановить самостоятельную деятельность сердца.

Определив прощупыванием место надавливания, которое должно находиться примерно на два пальца выше мягкого конца грудины, оказывающий помощь кладет на него нижнюю часть ладони одной руки, а затем поверх первой руки кладет под прямым углом вторую руку и надавливает на грудную клетку пострадавшего, слегка помогая при этом наклоном всего корпуса. Надавливать следует примерно один раз в секунду быстрым толчком так, чтобы продвинуть нижнюю часть грудины вниз в сторону позвоночника на 3—4 см, а у полных людей — на 5—6 см.

После быстрого толчка руки остаются в достигнутом положении примерно в течение 0,5 с. После этого оказывающий помощь должен слегка выпрямиться и расслабить руки, не отнимая их от груди.

Одновременно с массажем сердца нужно выполнять искусственное дыхание (вдувание). Вдувание надо производить в промежутках между надавливанием или же во время специальной паузы через каждые 4—5 надавливаний.

Если помощь оказывает один человек, он обязан чередовать операции: после двух вдувании воздуха производить 15 надавливаний на грудную клетку.

О восстановлении деятельности сердца у пострадавшего судят по появлению у него собственного, не поддерживаемого массажем регулярного пульса. Для проверки пульса необходимо прервать массаж на 2—3 с.

9.3. Анализ опасности поражения током в различных электрических сетях

В рудничных условиях, согласно ПУЭ [2], применяют сети с изолированной нейтралью, что обуславливает некоторые особенности при анализе опасности поражения током.

Случаи поражения человека током возможны лишь при замыкании электрической цепи через тело человека или, иначе говоря, при прикосновении человека не менее чем к двум точкам цепи, между которыми существует некоторое напряжение.

Опасность такого прикосновения, оцениваемая величиной тока, проходящего через тело человека, или же напряжение прикосновения, зависит от ряда факторов: схемы включения человека в цепь, напряжения сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали, изоляции токоведущих частей от земли и т.п.

Схемы включения человека и цепь, могут быть различными. Однако наиболее характерными являются две: между двумя проводами и между одним и землей. Разумеется, во втором случае предполагается наличие электрической связи между сетью и землей.

Применительно к сетям переменного тока первую схему обычно называют двухфазным включением, а вторую — однофазным.

Двухфазное включение, т. е. прикосновение человека одновременно к двум фазам, как правило, более опасно, поскольку к телу человека прикладывается наибольшее в данной сети напряжение — линейное, и поэтому через человека пойдет больший ток.

Нетрудно представить, что двухфазное включение является оди­наково опасным в сети как с изолированной, так и с заземленной нейтралями.

При двухфазном включении опасность поражения не уменьшится и в том случае, если человек надежно изолирован от земли, т. е. если он имеет на ногах резиновые галоши или боты, либо стоит на изолирующем (деревянном) полу, или на диэлектрическом коврике.

Однофазное включение происходит значительно чаще, но является менее опасным, чем двухфазное включение, поскольку напряжение, под которым оказывается человек, не превышает фазного, т. е. меньше линейного в 1,73 раза. Соответственно меньше оказывается ток, проходящий через человека.

Кроме того, на величину этого тока влияют также режим нейтрали источника тока, сопротивление изоляции и емкость проводов относительно земли, сопротивление пола, на котором стоит человек, сопротивление его обуви и некоторые другие факторы.

В трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью ток, проходящий через человека, при прикосновении к одной из фаз сети в период ее нормальной работы определяется следующим выражением:

, (9.1)



где r и С – соответственно сопротивление изоляции провода и емкость провода относительно земли.

Из выражения следует, что в сетях с изолированной нейтралью, обладающих незначительной емкостью между проводами и землей, что имеет место в воздушных сетях небольшой протяженности, опасность для человека, прикоснувшегося к одной из фаз в период нормальной работы сети, зависит от сопротивления проводов относительно земли: с увеличением сопротивления опасность уменьшается.

Поэтому очень важно в таких сетях обеспечивать высокое сопротивление изоляции и контролировать ее состояние в целях своевременного выявления и устранения возникших неисправностей.

Однако в сетях с большой емкостью относительно земли, что характерно для кабельных сетей, роль изоляции проводов в обеспечении безопасности прикосновения утрачивается.

При аварийном режиме работы сети с изолированной нейтралью, т.е. когда возникло замыкание одной из фаз на землю через малое сопротивление ток через человека, прикоснувшегося к неповрежденной фазе будет больше, т.к. напряжение под которым окажется человек, будет значительно больше фазного и несколько меньше линейного напряжения сети.

Причины поражения электрическим током и основные меры защиты.

Основные причины несчастных случаев от воздействия электрического тока следующие.

1. Случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

2. Появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования — корпусах, кожухах и т. п. — в результате повреждения изоляции и других причин.

3. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки.

4. Возникновение шагового напряжения на поверхности земли в результате замыкания провода на землю.

Основными мерами защиты от поражения током являются: обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением, для случайного прикосновения; защитное разделение сети; устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования, что достигается применением малых напряжений, применением двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением, защитным отключением и др.; применение специальных защитных средств — переносных приборов и приспособлений; организация безопасной эксплуатации электроустановок.

Защитное разделение сети. В разветвленной электрической сети, т. е. обладающей большой протяженностью, вполне исправная изоляция может иметь малое сопротивление, а емкость проводов относительно земли — большую величину. Эти обстоятельства являются крайне нежелательными по условиям безопасности, так как в таких сетях напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью утрачивается защитная роль изоляции проводов и усиливается угроза поражения человека током в случае прикосновения его к проводу сети (или к какому-либо предмету, оказавшемуся под фазным напряжением).

Этот существенный недостаток может быть устранен путем, так называемого защитного разделения сети, т. е. разделения разветвленной (протяженной) сети на отдельные небольшие по протяженности и электрически не связанные между собою участки.

Разделение осуществляется с помощью специальных разделительных трансформаторов. Изолированные участки сети обладают большим сопротивлением изоляции и малой емкостью проводов относительно земли, благодаря чему значительно улучшаются условия безопасности.

Применение пониженного напряжения. При работе с переносным ручным электроинструментом — дрелью, гайковертом, электрическим зубилом и т. п., а также ручной переносной лампой человек имеет длительный контакт с корпусами этого оборудования. В результате для него резко повышается опасность поражения током в случае повреждения изоляции и появления напряжения на корпусе, особенно, если работа производится в помещении с повышенной опасностью, особо опасном или вне помещения..

Для устранения этой опасности необходимо питать ручной инструмент и переносные лампы пониженным напряжением не выше 36В.

Кроме того, в особо опасных помещениях при особо неблагоприятных условиях (например, работа в металлическом резервуаре, работа, сидя или лежа на токопроводящем полу и т. п.) для питания ручных переносных ламп требуется еще более низкое напряжение — 12В.

Защитное заземление.

Защитное заземление — преднамеренное соединение с землей металлических частей оборудования, не находящихся под напряжением в обычных условиях, но которые могут оказаться под напряжением в результате нарушения изоляции электроустановки.

Назначение защитного заземления — устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования, т. е. при «замыкании на корпус».

Принцип действия защитного заземления — снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных «замыканием на корпус». Это достигается уменьшением потенциала заземленного оборудования, а также выравниванием потенциалов за счет подъема потенциала основания, на котором стоит человек, до потенциала, близкого по величине к потенциалу заземленного оборудования.

Область применения защитного заземления — трехфазные трехпроводные сети напряжением до 1000В с изолированной нейтралью и выше 1000 В с любым режимом нейтрали.

Зануление.

Занулением называется присоединение к неоднократно заземленному нулевому проводу питающей сети корпусов и других конструктивных металлических частей электрооборудования, которые нормально не находятся под напряжением, но вследствие повреждения изоляции могут оказаться под напряжением.

Задача зануления та же, что и защитного заземления: устранение опасности поражения людей током при пробое на корпус. Решается эта задача автоматическим отключением поврежденной установки от сети.

Принцип действия зануления — превращение пробоя на корпус в однофазное короткое замыкание (т. е. замыкание между фазным и нулевым проводами) с целью создания большого тока, способного обеспечить срабатывание защиты и тем самым автоматически отключить поврежденную установку от питающей сети. Такой защитой являются: плавкие предохранители или автоматические выключатели, устанавливаемые перед потребителями энергии для защиты от токов короткого замыкания.

Скорость отключения поврежденной установки, т. е. время с момента появления напряжения на корпусе до момента отключения установки от питающей электросети, составляет 5—7 с. при защите установки плавкими предохранителями и 1—2 с. при защите автоматами.

Область применения зануления — трехфазные четырехпроводные сети напряжением до 1000В с глухозаземленной нейтралью. Обычно это сети напряжением 380/220 и 220/127В, широко применяющиеся в машиностроительной промышленности.

Назначение нулевого провода — создание для тока короткого замыкания цепи с малым сопротивлением, чтобы этот ток был достаточным для быстрого срабатывания защиты.

**9.4. Защитные средства, применяемые в электроустановках**

В процессе эксплуатации электроустановок нередко возникают условия, при которых даже самое совершенное их выполнение не обеспечивает безопасности работающего и требуется применение специальных защитных средств. Например, при работах вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением, существует опасность прикосновения к этим частям и поэтому требуется специальная изоляция инструмента и работающего. При работах на отключенных токоведущих частях — шинах, проводах и т. п. имеется опасность случайного появления напряжения на них, поэтому должны быть приняты меры, исключающие ошибочную подачу напряжения к месту работ и вместе с тем устраняющие опасность поражения током работающих в случае включения электроустановки под напряжение.

Такими защитными приспособлениями, дополняющими стационарные конструктивные защитные устройства электроустановок, являются так называемые защитные средства — переносные приборы и приспособления, служащие для защиты персонала, работающего в электроустановках, от поражения током, от воздействия электрической дуги и продуктов горения.

Защитные средства условно делятся на три группы: изолирующие, ограждающие и вспомогательные.

Изолирующие защитные средства делятся на основные и дополнительные.

Основные изолирующие защитные средства способны длительное время выдерживать рабочее напряжение электроустановки и поэтому ими разрешается касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением, и работать на них. К таким средствам относятся: в электроустановках напряжением до 1000В — диэлектрические резиновые перчатки, инструмент с изолированными рукоятками и токоискатели; в электроустановках напряжением выше 1000В — изолирующие штанги, изолирующие и токоизмерительные клещи, а также указатели высокого напряжения.

Дополнительные изолирующие защитные средства обладают недостаточной электрической прочностью и поэтому не могут самостоятельно защитить человека от поражения током. Их назначение — усилить защитное действие основных изолирующих средств, вместе с которыми они должны применяться. К дополнительным изолирующим защитным средствам относятся:

в электроустановках напряжением до 1000В — диэлектрические галоши, коврики и изолирующие подставки; в электроустановках напряжением выше 1000В — диэлектрические перчатки, боты, коврики и изолирующие подставки.

Изолирующие штанги предназначены для отключения и включения однополюсных разъединителей, для наложения переносных заземлений и других операций.

Изолирующие клещи применяют при обслуживании находящихся под напряжением трубчатых предохранителей.

Токоизмерительные клещи являются переносными приборами, они служат для измерения тока, протекающего в проводе, кабеле и т. п.

Указатель высокого напряжения и токоискатели используют для проверки наличия или отсутствия напряжения на токоведущих частях электроустановок напряжением выше 1000В и до 1000В соответственно.

Резиновые диэлектрические перчатки, галоши, боты и коврики, как дополнительные защитные средства применяют при операциях, выполняемых с помощью основных защитных средств. Кроме того, перчатки используют как основное защитное средство при работах под напряжением до 1000В, а галоши и боты используют в качество средства защиты от шаговых напряжений.

Изолирующие подставки применяются в качестве изолирующего основания.

Монтерский инструмент с изолированными рукоятками применяется при работах под напряжением в электроустановках до 1000 В.

Ограждающие защитные средства предназначены: для временного ограждения токоведущих частей (временные переносные ограждения — щиты, ограждения-клетки, изолирующие накладки, изолирующие колпаки); для предупреждения ошибочных операций (предупредительные плакаты); для временного заземления отключенных токоведущих частей с целью устранения опасности поражения работающих током при случайном появлении напряжения (временные защитные заземления).

Вспомогательные защитные средства предназначены для индивидуальной защиты работающего от световых, тепловых и механических воздействий. К ним относятся защитные очки, противогазы, специальные рукавицы и т. п.

Исправность защитных средств должна проверяться осмотром перед каждым их применением, а также периодически через 6—12 месяцев. Изолирующие защитные средства, а также накладки и колпаки периодически подвергаются электрическим испытаниям.

1. Заключение.

В результате выполненной работы произведена компенсация реактивной мощности собсотвенными силами предприятия, т.к. реактивная мощность задаваемая энергосистемой (ТЭЦ-2) не регламентируется. Применение фильтрокомпенсирующих устройств, высоковольтных батарей конденсаторов и синхронных двигателей компрессорной станции позволило полность компенсировать дефицит реактивной мощности рудника.

При идеальной настройке в резонанс силовые резонансные фильтры полностью поглащают высшие гармонические составляющие, на которые они настроены. Т.к. в реальных условиях происходит отклонение от идеальной настройки вследствии ухода номинала элементов фильтра и других причин, то дать количественную оценку коэффициента несинусоидальности после применения СРФ представляется затруднительно.

**Библиографический список.**

1. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2 т. / Под общ. ред. А.А. Федорова. Т.2 Электрооборудование. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 592 с.
2. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.
3. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2 т. / Под общ. ред. А.А. Федорова. Т.1 Электроснабжение. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568 с.
4. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368с.
5. Техническая информация о выполнении I этапа хоздоговора 082-255 на тему: “Исследование показателей качества электрической энергии в узлах нагрузки с тиристорными преобразователями рудника Таймырский”. Научный руководитель темы Г.В. Иванов.
6. Электротехнический справочник: в 3-х т. Т.2. Электротехнические устройства / Под общ. ред. проф. МЭИ В.Г. Герасимова, П.Г. Грудинского, Л.А.Жукова и др. – 6-е изд., испр. и доп. – М. Энергоиздат, 1981. – 640 с.
7. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. М., Энергия, 1974. – 184 с.
8. Железко Ю.С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов. – М. Энергоатомиздат, 1989. – 176 с.
9. Александров К.К., Кузьмина Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
10. Баркан Я.Д. Автоматическое управление режимом батарей конденсаторов. – М. Энергия, 1978. – 112 с.
11. Ильяшов В.П. Конденсаторные установки промышленных предприятий. М., Энергия, 1972. – 248 с.
12. Жежеленко И.В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. – К.: Техника, 1981. 160 с.
13. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.
14. Красник В.В. Автоматические устройства по компенсации реактивной мощности в электросетях предприятий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136 с.
15. Поспелов Е.Г. и др. Компенсирующие и регулирующие устройства в электрических системах. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1983. – 112 с.
16. Охрана труда в машиностроении. Под ред. Е.Я. Юдина. Уч. для вузов. М., Машиностроение, 1976. – 335 с.