

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ И ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЩИТЕ СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ..... | 6 |
| 1.1. Назначение и область применения электродвигателей..... | 6 |
| 1.2. Основные требования к защите синхронных электродвигателей..... | 7 |
| 1.3. Исходные данные для расчетов и выбора релейной защиты и автоматики синхронных электродвигателей..... | 13 |
| ГЛАВА 2. РАСЧЕТ И ВЫБОР РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ..... | 16 |
| 2.1. Расчет активной, реактивной и полной мощности..... | 16 |
| 2.2. Расчет и выбор уставок для токовой отсечки..... | 17 |
| 2.3. Расчет уставок для защиты от перегрузки и асинхронного режима..... | 23 |
| 2.4. Расчет уставок для защиты минимального напряжения..... | 24 |
| 2.5. Выбор оборудования..... | 25 |
| 2.6. Выбор коммутационных аппаратов..... | 28 |
| 2.7. Выбор цифровых реле..... | 29 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 33 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... | 36 |

КП 13.02.07 17179

Изм. Лист
Разраб.
Провер.
Н. Контр.
Утверд.

| | № докум. | Подпись | Дата | | | | |
|--|--------------|-------------|------|----------------------------------|--|------|--------|
| | Фадеев П.С. | | | Расчет параметров и выбор типа | Лит. | Лист | Листов |
| | Хаитов К.Х. | | | релейной защиты электродвигателя | | 3 | 37 |
| | | | | марки СДСЗ-17-64-6 УХЛ4 | | | |
| | | | | напряжением выше 1 кВ | | | |
| | Ниматов А.Н. | Хаитов К.Х. | | | АУ «Сургутский политехнический колледж» | | |

ВВЕДЕНИЕ

Электродвигатель — это электрическая машина, которая преобразует электрическую энергию в механическую.

Синхронный электродвигатель — это электродвигатель переменного тока, в котором, в установившемся состоянии, вращение вала синхронизировано с частотой питающего тока, а период вращения в точности равен целому числу циклов переменного тока.

Релейная защита – это совокупность устройств и вспомогательных элементов, предназначенных, в случае повреждения и опасно-ненормальных условиях работы объекта электроэнергетической системы, отключить его воздействием на выключатель или действием на сигнал.

В соответствии с Правилами устройства электроустановок и руководящими указаниями по релейной защите, на электродвигателях должна предусматриваться защита от многофазных и однофазных замыканий на землю, защита от токов перегрузки и защита минимального напряжения. На синхронных электродвигателях должна, кроме того, предусматриваться защита от асинхронного режима, которая может быть совмещена с защитой от токов перегрузки.

Актуальность заключается в том, что релейная защита является основным видом электрической автоматики, без которой невозможна нормальная работа современных электроэнергетических систем. Применение двигателей широко и разнообразно как в промышленном, так и в домашнем хозяйстве. В домашнем хозяйстве электрические двигатели установлены в стиральной машине, соковыжималке, холодильнике, электробритвах, кухонном комбайне. В промышленности электродвигатели используются в вентиляторах, воздуходувках, станках, бытовой технике, электроинструментах, дисководах и в насосных агрегатах.

В курсовом проекте рассмотрена тема «Расчет параметров и выбор типа релейной защиты электродвигателя марки СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4 напряжением выше 1 кВ»

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 3 |

Цель: рассчитать параметры и выбрать тип релейной защиты электродвигателя марки СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4 напряжением выше 1 кВ, с учетом защиты от многофазных и однофазных замыканий на землю, защита от токов перегрузки, защита от асинхронного режима и защита минимального напряжения.

Объектом исследования является электродвигатель марки СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4 напряжением выше 1 кВ.

Предмет исследования является расчет параметров и выбор типа релейной защиты электродвигателя марки СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4 напряжением выше 1 кВ.

Для достижения поставленной цели определим задачи:

- привести общие сведения о синхронных электродвигателях с учетом номинальных параметров, видах и области применения. Также рассматривается понятие и виды релейной защиты синхронных электродвигателей марки СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4 напряжением выше 1 кВ.

- произвести расчеты для выбора релейной защиты электродвигателя марки СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4 напряжением выше 1 кВ;

- выбрать релейную защиту для электродвигателя марки СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4 напряжением выше 1 кВ;

По структуре курсовой проект состоит из введения, двух глав и заключения.

В первой главе будут приведены общие сведения о синхронных электродвигателях с учетом номинальных параметров, видах и области применения. Также рассматривается понятие и виды релейной защиты синхронных электродвигателей.

Во второй главе производятся расчеты токов короткого замыкания и перегрузов для дальнейших расчетов параметров и выбора устройств релейной защиты.

Теоретическая значимость курсового проекта состоит в том, что данный курсовой проект в дальнейшем может быть использован в качестве методических рекомендаций для расчетов релейной защиты синхронных электродвигателей.

Практическая значимость курсового проекта заключается в том, что он может быть реализован на практике.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 4 |

ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ И ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЩИТЕ СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

1.1. Назначение и область применения электродвигателей

Электродвигатель – это электрическая машина, которая преобразует электрическую энергию в механическую. Большинство электродвигателей работают за счет взаимодействия магнитного поля двигателя и электрического тока в проволочной обмотке, создавая силу в виде крутящего момента, приложенного к валу двигателя.

Различают асинхронные и синхронные электродвигатели.

Асинхронный электродвигатель – электрический двигатель переменного тока, частота вращения ротора которого не равна частоте вращения магнитного поля, создаваемого током обмотки статора. Основа работы электродвигателя – преобразование электрической энергии в механическую.

Предмет исследования в данной работе является расчет параметров и выбор типа релейной защиты синхронного электродвигателя марки СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4 напряжением выше 1 кВ.

Синхронные электродвигатели применяются в основном в приводах большой мощности. Мощность их достигает нескольких десятков мегаватт. На тепловых станциях, металлургических заводах, шахтах, холодильниках, данные двигатели приводят в движение насосы, и другие механизмы, работающие с неизменной скоростью. Синхронные электродвигатели могут работать с различной реактивной мощностью. Таким образом, эти электродвигатели позволяют улучшить коэффициент мощности предприятия.

Синхронные электродвигатели типа СДН, СДНЗ, СДСЗ предназначены для привода механизмов не требующих регулирования частоты вращения. Электродвигатели предназначены для работы от сети переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 6000 В, 10000 В или 11000 В.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 5 |

1.2. Основные требования к защите синхронных электродвигателей

Меры по обеспечению надежности питания должны выбираться в соответствии с требованиями ПУЭ в зависимости от категории ответственности электроприемников.

На электродвигателях должна предусматриваться защита от многофазных замыканий и в случаях, оговоренных ниже, защита от однофазных замыканий на землю защита от токов перегрузки и защита минимального напряжения. На синхронных электродвигателях должна, кроме того, предусматриваться защита от асинхронного режима, которая может быть совмещена с защитой от токов перегрузки. Защита электродвигателей с изменяемой частотой вращения должна выполняться для каждой частоты вращения в виде отдельного комплекта, действующего на свой выключатель.

На электродвигателях, имеющих принудительную смазку подшипников, следует устанавливать защиту, действующую на сигнал и отключение электродвигателя при повышении температуры или прекращения действия смазки. На электродвигателях, имеющих принудительную вентиляцию, следует устанавливать защиту, действующую на сигнал и отключение электродвигателя при повышении температуры или прекращении действия вентиляции. Электродвигатели с водяным охлаждением обмоток и активной стали статора, а также с встроенными воздухоохладителями, охлаждаемыми водой, должны иметь защиту, действующую на сигнал при уменьшении потока воды ниже заданного значения и на отключение электродвигателя при его прекращении. Кроме того, должна быть предусмотрена сигнализация, действующая при появлении воды в корпусе электродвигателя.

Для защиты электродвигателей от многофазных замыканий в случаях, когда не применяются предохранители, должна предусматриваться:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 6 |

1. Токовая однорелейная отсечка без выдержки времени, отстроенная от пусковых токов при выведенных пусковых устройствах, с реле прямого или косвенного действия, включенным на разность токов двух фаз, – для электродвигателей мощностью менее 2 МВт.

2. Токовая двухрелейная отсечка без выдержки времени, отстроенная от пусковых токов при выведенных пусковых устройствах, с реле прямого или косвенного действия - для электродвигателей мощностью 2 МВт и более, имеющих действующую на отключение защиту от однофазных замыканий на землю, а также для электродвигателей мощностью менее 2 МВт, когда защита не удовлетворяет требованиям чувствительности или когда двухрелейная отсечка оказывается целесообразной по исполнению комплектной защиты или применяемого привода с реле прямого действия.

При отсутствии защиты от однофазных замыканий на землю токовая отсечка электродвигателей мощностью 2 МВт и более должна выполняться трехрелейной с тремя трансформаторами тока. Допускается защита в двухфазном исполнении с дополнением защиты от двойных замыканий на землю, выполненная с помощью трансформатора тока нулевой последовательности и токового реле.

3. Продольная дифференциальная токовая защита – для электродвигателей мощностью 5 МВт и более, а также менее 5 МВт, если установка токовых отсечек по требованиям ПУЭ не обеспечивает выполнения требований чувствительности; продольная дифференциальная защита электродвигателей при наличии на них защиты от замыканий на землю должна иметь двухфазное исполнение, а при отсутствии этой защиты - трехфазное, с тремя трансформаторами тока. Допускается защита в двухфазном исполнении с дополнением защиты от двойных замыканий на землю, выполненной с помощью трансформатора тока нулевой последовательности и токового реле.

Для электродвигателей мощностью 5 МВт и более, выполненных без шести выводов обмотки статора, должна предусматриваться токовая отсечка.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 7 |

Для блоков трансформатор (автотрансформатор) – электродвигатель должна предусматриваться общая защита от многофазных замыканий:

1. Токовая отсечка без выдержки времени, отстроенная от пусковых токов при выведенных пусковых устройствах – для электродвигателей мощностью до 2 МВт. При схеме соединения обмоток трансформатора звезда - треугольник отсечка выполняется из трех токовых реле: двух включенных на фазные токи и одного включенного на сумму этих токов. При невозможности установки трех реле (например, при ограниченном числе реле прямого действия) допускается схема с двумя реле, включенными на соединенные треугольником вторичные обмотки трех трансформаторов тока.

2. Дифференциальная отсечка в двухрелейном исполнении, отстроенная от бросков тока намагничивания трансформатора, – для электродвигателей мощностью более 2 МВт, а также 2 МВт и менее, если защита по требованиям ПУЭ не удовлетворяет требованиям чувствительности при междуфазном КЗ на выводах электродвигателя.

3. Продольная дифференциальная токовая защита в двухрелейном исполнении с промежуточными насыщающимися трансформаторами тока – для электродвигателей мощностью более 5 МВт, а также 5 МВт и менее, если установка отсечек по требованиям ПУЭ не удовлетворяет требованиям чувствительности.

Оценка чувствительности должна производиться в соответствии с требованиями ПУЭ при КЗ на выводах электродвигателя. Защита должна действовать на отключение выключателя блока, а у синхронных электродвигателей – также на устройство АГП, если оно предусмотрено.

Защита электродвигателей мощностью до 2 МВт от однофазных замыканий на землю при отсутствии компенсации должна предусматриваться при токах замыкания на землю 10 А и более, а при наличии компенсации – если остаточный ток в нормальных условиях превышает это значение. Ток срабатывания защит электродвигателей от замыканий на землю должен быть не более: для электродвигателей

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 8 |

мощностью до 2 МВт 10 А и для электродвигателей мощностью более 2 МВт 5 А. Рекомендуются меньшие токи срабатывания, если это не усложняет выполнения защиты. Защиту следует выполнять без выдержки времени (за исключением электродвигателей, для которых требуется замедление защиты по условию отстройки от переходных процессов) с использованием трансформаторов тока нулевой последовательности, установленных, как правило, в РУ. В тех случаях, когда установка трансформаторов тока нулевой последовательности в РУ невозможна или может вызвать увеличение выдержки времени защиты, допускается устанавливать их у выводов электродвигателя в фундаментной яме. Если защита по условию отстройки от переходных процессов должна иметь выдержку времени, то для обеспечения быстродействующего отключения двойных замыканий на землю в различных точках должно устанавливаться дополнительное токовое реле с первичным током срабатывания около 50–100 А. Защита должна действовать на отключение электродвигателя, а у синхронных электродвигателей - также на устройство АГП, если оно предусмотрено.

Защита от перегрузки должна предусматриваться на электродвигателях, подверженных перегрузке по технологическим причинам, и на электродвигателях с особо тяжелыми условиями пуска и самозапуска (длительность прямого пуска непосредственно от сети 20 с и более), перегрузка которых возможна при чрезмерном увеличении длительности пускового периода вследствие понижения напряжения в сети. Защиту от перегрузки следует предусматривать в одной фазе с зависимой или независимой от тока выдержкой времени, отстроенной от длительности пуска электродвигателя в нормальных условиях и самозапуска после действия АВР и АПВ. Выдержка времени защиты от перегрузки синхронных электродвигателей во избежание излишних срабатываний при длительной форсировке возбуждения должна быть по возможности близкой к наибольшей допустимой по тепловой характеристике электродвигателя. На электродвигателях, подверженных перегрузке по технологическим

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 9 |

причинам, защита, как правило, должна выполняться с действием на сигнал и автоматическую разгрузку механизма.

Защита синхронных электродвигателей от асинхронного режима может осуществляться при помощи реле, реагирующего на увеличение тока в обмотках статора; она должна быть отстроена по времени от пускового режима и тока при действии форсировки возбуждения. Защита, как правило, должна выполняться с независимой от тока характеристикой выдержки времени. Допускается применение защиты с зависимой от тока характеристикой на электродвигателях с отношением КЗ более 1. При выполнении схемы защиты должны приниматься меры по предотвращению отказа защиты при биениях тока асинхронного режима. Допускается применение других способов защиты, обеспечивающих надежное действие защиты при возникновении асинхронного режима.

Защита синхронных электродвигателей от асинхронного режима должна действовать с выдержкой времени на одну из схем, предусматривающих:

- 1) ресинхронизацию;
- 2) ресинхронизацию с автоматической кратковременной разгрузкой механизма до такой нагрузки, при которой обеспечивается втягивание электродвигателя в синхронизм (при допустимости кратковременной разгрузки по условиям технологического процесса);
- 3) отключение электродвигателя и повторный автоматический пуск;
- 4) отключение электродвигателя (при невозможности его разгрузки или ресинхронизации, при отсутствии необходимости автоматического повторного пуска и ресинхронизации по условиям технологического процесса).

Для облегчения условий восстановления напряжения после отключения КЗ и обеспечения самозапуска электродвигателей ответственных механизмов следует предусматривать отключение защитой минимального напряжения электродвигателей неответственных механизмов суммарной

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 10 |

мощностью, определяемой возможностями источника питания и сети по обеспечению самозапуска. Выдержки времени защиты минимального напряжения должны выбираться в пределах от 0,5 до 1,5 с – на ступень больше времени действия быстродействующих защит от многофазных КЗ, а уставки по напряжению должны быть, как правило, не выше 70% номинального напряжения. При наличии синхронных электродвигателей, если напряжение на отключенной секции затухает медленно, в целях ускорения действия АВР и АПВ может быть применено гашение поля синхронных электродвигателей ответственных механизмов с помощью защиты минимальной частоты или других способов, обеспечивающих быстрейшую фиксацию потери питания. Эти же средства могут быть использованы для отключения неответственных синхронных электродвигателей, а также для предупреждения несинхронного включения отключенных двигателей, если токи выключения превышают допустимые значения.

В электроустановках промышленных предприятий в случаях, когда не может быть осуществлен одновременный самозапуск всех электродвигателей ответственных механизмов, следует применять отключение части таких ответственных механизмов и их автоматический повторный пуск по окончании самозапуска первой группы электродвигателей. Включение последующих групп может быть осуществлено по току, напряжению или времени.

Защита минимального напряжения с выдержкой времени не более 10 с и уставкой по напряжению, как правило, не выше 50% номинального напряжения должна устанавливаться на электродвигателях ответственных механизмов также в случаях, когда самозапуск механизмов после останова недопустим по условиям технологического процесса или по условиям безопасности и, кроме того, когда не может быть обеспечен самозапуск всех электродвигателей ответственных механизмов. Кроме указанных случаев эту

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|-------------------|-------------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 11 |

защиту следует использовать также для обеспечения надежности пуска АВР электродвигателей взаиморезервируемых механизмов.

На синхронных электродвигателях должно предусматриваться автоматическое гашение поля. Для электродвигателей мощностью менее 2 МВт допускается осуществлять АГП путем введения сопротивления в цепь обмотки возбуждения возбудителя. На синхронных электродвигателях, которые снабжены системой возбуждения, выполненной на управляемых полупроводниковых элементах, АГП независимо от мощности двигателя может осуществляться инвертированием, если оно обеспечивается схемой питания. В противном случае АГП должно осуществляться введением сопротивления в цепь обмотки возбуждения.

1.3. Исходные данные для расчетов и выбора релейной защиты и автоматики синхронных электродвигателей

Синхронные двигатели СДСЗ предназначены для механизмов, не требующих регулировки скорости вращения. Данные двигатели предназначены для работы в продолжительном режиме - от сети переменного тока частотой 50, 60 Гц. Серии СДСЗ изготавливаются на напряжение 6000 В и 10000 В. При необходимости поставки на экспорт, могут изготавливаться на напряжение 6300 В, 6600 В. Двигатели выполняются на подшипниках скольжения с кольцевой и комбинированной смазкой, с одним или двумя валами.

Электродвигатели марки СДСЗ должны иметь следующие виды защит от ненормального и аварийных режимов работы:

1. Защита электродвигателей от коротких замыканий. Чаще всего междуфазное короткое замыкание возникает в обмотке статора электрической машины, что приводит к масштабным ее разрушениям. Также во время междуфазного короткого замыкания снижается напряжение сети, что сказывается и на работу остальных электроприемников.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 12 |

2. Защита электродвигателей от замыкания на землю. Следующим видом защиты электродвигателей является защита от замыкания на землю. Т.к. электродвигатели получают питание от сети с изолированной нейтралью, то однофазные замыкания на землю обмотки статора электрической машины являются не очень опасными.

3. Защита электродвигателей от перегрузки. Защита электродвигателей от перегрузки – это самый распространенный вид защиты электродвигателей, потому как перегрузка по току чаще всего возникает во время эксплуатации электрической машины. В зависимости от условий работы, эксплуатации и обслуживания электродвигателей, защита от перегрузки выполняется с действием:

- на сигнал оперативному персоналу
- на отключение от питающей сети, путем отключения коммутационных аппаратов, питающих электродвигатель
- на снижение нагрузки с вала двигателя

4. Защита минимального напряжения. Еще один вид защиты электродвигателей, который мы рассмотрим – это защита минимального напряжения. Иногда по условиям технологического процесса, а также для ограничения токов, возникающих при самозапуске синхронных двигателей, применяют защиту минимального напряжения, которая действует на отключение малоответственных электродвигателей от питающей сети.

В качестве объекта курсового проекта выбран электродвигатель марки СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4:

С – синхронный

Д – двигатель

С – специальный

З – закрытого исполнения

1600 – мощность, кВт

10 – напряжение, кВ

500 – частота обновлений в минуту

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 13 |

УХЛ4 – климатическое исполнение, изделия для эксплуатации в районах с умеренным и холодным климатом с категорией размещения 4 (в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями).

Технические характеристики электродвигателя марки СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4 напряжением выше 1 кВ приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики электродвигателя

| Мощность , кВт | Напряжение , В | Частота обновления/ми н | КПД , % | Коэффициен т мощности | Напряжение возбуждения , В | Ток возбуждения , А |
|-------------------|-------------------|-------------------------------|------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 1600 | 10 | 500 | 93,6 | 0,9 | 88 | 260 |

ГЛАВА 2. РАСЧЕТ И ВЫБОР РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

2.1. активной, реактивной и полной мощности При выборе мощности трансформатора необходим расчёт электрических нагрузок. В качестве защищаемого электродвигателя выбран СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4. Произведем выбор силового трансформатора исходя из условий, что на объекте одновременно работают два двигателя.

Основные характеристики электродвигателя приведены в таблице 1.

Кратность пускового тока двигателя составляет – 5.

Используя данные таблицы 1, находим суммарную активную мощность по формуле:

$$\Sigma P = n \cdot P_{ном.дв} \quad (1)$$

где ΣP – суммарная активная мощность, МВт;

n – количество одновременно работающих двигателей;

$P_{ном.дв}$ – номинальная мощность двигателя, МВт.

$$P = 1,6 \cdot 2 = 3,2 \text{ МВт}$$

Определим суммарную реактивную мощность по формуле:

$$\Sigma Q = P \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \phi}}{\cos \phi} \text{ МВАр} \quad (2)$$

где ΣQ - суммарная реактивная мощность, МВАр;

P – суммарная активная мощность, МВт;

$\cos \phi$ – коэффициент мощности.

$$\Sigma Q = 3,2 \cdot \frac{\sqrt{1 - 0,9^2}}{0,9} = 1,5 \text{ МВАр}$$

Полную мощность находим по формуле:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad ($$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 15 |

(3)

где S – полная мощность, МВА;

P_p – суммарная активная мощность, МВт;

Q_p – суммарная реактивная мощность, МВАр.

$$S = \sqrt{3,2^2 + 1,5^2} = 3,5 \text{ МВА}$$

Выбираем трансформатор типа ТМН-4000/35 УХЛ4

Т – трехфазный;

М – охлаждение с естественной циркуляцией воздуха и масла;

Н – регулирование напряжения под нагрузкой;

4000 – номинальная мощность;

35 – класс напряжения обмотки высшего напряжения, кВ;

УХЛ4 – климатическое исполнение, изделия для эксплуатации в районах с умеренным и холодным климатом с категорией размещения 4 (в помещениях с искусственно регулируемым климатическими условиями).

Технические характеристики трансформатора ТМН–4000/35 УХЛ4 приводим в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики трансформатора

| Напряжение обмоток | | Потери, кВт | | % | |
|--------------------|-------|-------------|------|-------|----------|
| ВН,кВ | НН,кВ | ХХ | КЗ | U_k | I_{xx} |
| 35 | 11 | 0,9 | 33,5 | 7,5 | 0,9 |

2.2. Расчет и выбор уставок для токовой отсечки

Для определения чувствительности и выбора коммутационных аппаратов определим токи короткого замыкания энергосистемы.

Возьмем за базисную номинальную мощность трансформатора 4 МВА, базисное напряжение $U_\sigma = 11 \text{ кВ}$.

Базисные токи находим по формуле:

$$I_\sigma = \frac{S_\sigma}{\sqrt{3} \cdot U_\sigma} \quad (4)$$

где I_σ – базисная сила тока, кА;

S_{σ} – базисная мощность, МВа;

U_{σ} – базисное напряжение, кВ;

$$I_{\sigma} = \frac{4}{\sqrt{3} \cdot 11} = 0,6 \text{ кА}$$

Базисное сопротивление трансформатора найдем по формуле:

$$X_{\sigma} = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_{\text{ном.т}}} \quad (5)$$

где U_k – напряжение короткого замыкания, в процентах;

X_{σ} – базисное сопротивление;

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

$$X_{\sigma} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{4}{1,6} = 0,2 \text{ Ом}$$

Сопротивление обмоток трансформатора найдем по формуле:

$$R_n = \frac{\Delta P}{S_{\text{ном.т}}} \quad (6)$$

где ΔP – потери холостого хода кВт.

$$R_n = \frac{0,9}{1,6} = 0,5 \text{ Ом}$$

Активное сопротивление трансформатора, приведенное к базисной мощности, находим по формуле:

$$R_{\sigma} = R_n \frac{S_{\sigma}}{S_{\text{ном.т}}} \quad (7)$$

$$R_{\sigma} = 0,5 \frac{4}{1,6} = 1,25 \text{ Ом}$$

Определим сопротивление двигателей, работающих в генераторном режиме, по формуле:

$$X_{\sigma} = X_d'' \frac{S_{\sigma}}{S_{\text{ном.д}}} \quad (8)$$

где X_d'' – относительное сверхпереходное сопротивление генератора по продольной оси полюсов, которое задается заводом изготовителем.

При отсутствии точных данных используют средние значения сверхпереходных сопротивлений:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 17 |

- для генераторов – 0,725;
- для дизель-генераторов быстроходных – 0,14;
- для дизель-генераторов тихоходных – 0,165;
- для синхронных и асинхронных двигателей – 0,20.

$$X_{\sigma} = 0,20 \frac{4}{1,6} = 0,5 \text{ Ом}$$

На схеме замещения, которая показана на рисунке 1, X1 соответствует X_б трансформатора, а X2 соответствует X_б синхронного двигателя.

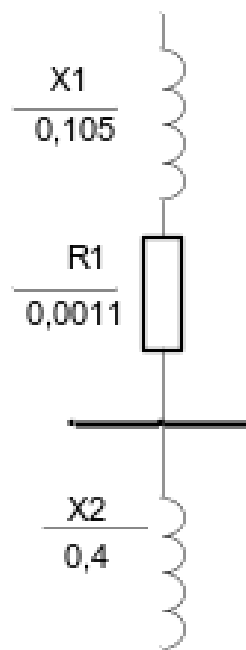


Рисунок 1 – Преобразованная схема замещения

Рассчитаем ток КЗ в точке К1, от энергосистемы, по формуле:

$$I_{кз.т} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot X_{рез}} \quad (9)$$

где: $X_{рез}$ – сопротивление энергосистемы.

$$I_{кз.т} = \frac{11}{\sqrt{3} \cdot 0,105} = 60,48 \text{ кА}$$

Рассчитаем ток КЗ в точке К1, от синхронных двигателей, по формуле:

$$I_{кз.д} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot X_{рез}} \quad (10)$$

где: $X_{рез}$ – сопротивление синхронного двигателя.

$$I_{кз. \delta} = \frac{11}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2,5 \text{ кА}$$

Результирующий ток короткого замыкания равен сумме этих токов:
 $I_{кз. \delta} = 3,2 \text{ кА}$.

В качестве минимального тока КЗ примем ток КЗ одного синхронного двигателя при результирующем сопротивлении 0,8 Ом:

$$I_{кз. мин}^{(3)} = \frac{11}{\sqrt{3} \cdot 0,8} = 5 \text{ кА}$$

Для оценки чувствительности используют значение двухфазного КЗ, получить это значение можно используя формулу:

$$I_{кз. мин}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{кз. мин}^{(3)} \quad (11)$$

тогда

$$I_{кз. мин}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 5 = 4,3 \text{ кА}$$

Это значение в дальнейшем будем использовать в оценке чувствительности релейной защиты.

Для защиты электродвигателей от межфазных замыканий должна применяться токовая отсечка (ТО) без выдержки времени. При обоснованной необходимости использования дифференциальной защиты от междуфазных замыканий рекомендуется всегда использовать ТО в качестве резервной защиты. В нашем случае дифференциальная защита не требуется, так как коэффициент чувствительности удовлетворяет требованиям.

Отстройка ТО выполняется от двух параметров:

- броска апериодической составляющей пускового тока;
- тока несинхронного включения двигателя.

В случае расчета уставок для синхронного двигателя следует учитывать, что машина запускается в асинхронном режиме. Когда скорость вращения достигает значения близкой к синхронной – выполняют переключение обмотки возбуждения с резистора на напряжение возбуждения

и двигатель втягивается в синхронизм. Бросок пускового тока определяется аналогично асинхронному электродвигателю.

В случае, если номинальный ток двигателя не приведен в паспортных данных, его можно рассчитать по формуле:

$$I_{ном.дв} = \frac{P_{ном.дв}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.дв} \cdot \eta \cdot \cos \phi}, A \quad (13)$$

где $P_{ном.дв}$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт;

$U_{ном.дв}$ – номинальное линейное напряжение двигателя, кВ;

η – номинальный КПД. электродвигателя;

$\cos \phi$ – номинальный коэффициент мощности электродвигателя.

$$I_{ном.дв} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 128 A$$

Номинальный коэффициент мощности равен 0,8.

На рисунке 2 представлена пусковая характеристика электродвигателя с указанием пускового тока и броска аperiodической составляющей пускового тока.

Будем считать, что процесс запуска двигателя завершен, когда пусковой ток станет равным 1,25 номинального.

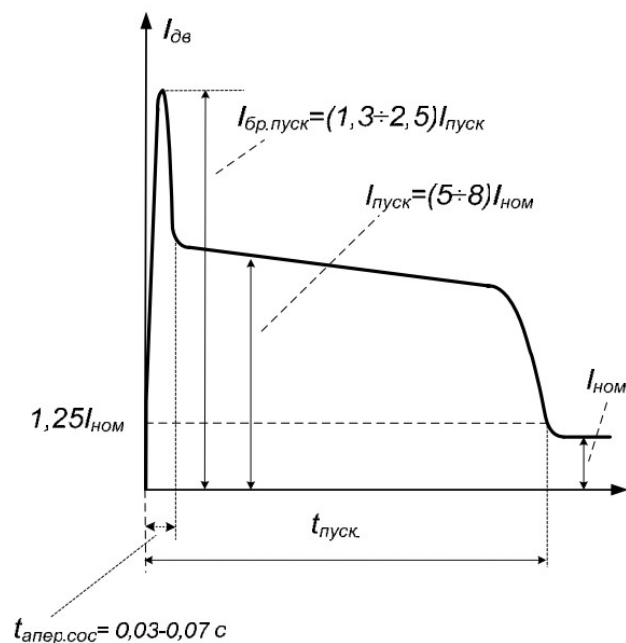


Рисунок 2 – График пуска двигателя

Определим максимальный бросок пускового тока электродвигателя с учетом апериодической составляющей, по формуле:

$$I_{бр.пуск} = k_{анер} \cdot k_{пуск} \cdot I_{ном.дв} \text{ A} \quad (14)$$

где $k_{анер}$ – коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую пускового тока машины, принимается 1,8;

$k_{пуск}$ – кратность пускового тока машины (как правило, от 3 до 8).

$$I_{бр.пуск} = 1,8 \cdot 5,7 \cdot 128 = 1314 \text{ A}$$

В случае участия двигателя в самозапуске, полученный ток следует увеличить в 1,4 раза. Считаем, что двигатель в самозапуске не участвует.

Выберем ток срабатывания токовой отсечки $I_{то} = 1840 \text{ A}$, поскольку при таком токе трансформатор обеспечивают погрешность не более 10%, он пригоден для использования в цепях токовой отсечки.

Определим значение тока двухфазного КЗ на вводах питания электродвигателя и коэффициента чувствительности защиты при двухфазном КЗ по формулам:

$$I_{кз}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{кз}^{(3)} \text{ A} \quad (15)$$

$$k_{ч}^{(2)} = \frac{I_{кз}^{(2)}}{I_{то}} \quad (16)$$

где $I_{кз}^{(3)}$ – значение тока трехфазного КЗ на вводах питания ЭД.

$$I_{кз}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 5 = 4,3 \text{ A}$$

$$k_{ч}^{(2)} = \frac{4300}{1840} = 2,3$$

$$k_{ч}^{(2)} = 2,3 > 2 \quad (17)$$

Коэффициент чувствительности удовлетворяет требованиям, поэтому не нужно устанавливать продольную дифференциальную токовую защиту.

Номинальный ток синхронного двигателя $I_{ном.дв} = 128 \text{ A}$, выберем трансформатор тока ТОЛ-10-11/10р-150/5 УХЛ4, соответствующий коэффициент трансформации 30.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 21 |

Ток срабатывания защиты 1840 А, определим ток срабатывания реле по формуле:

$$I_{cp.p} = \frac{K_n}{\eta_{ma}} \cdot I_{co} \quad (18)$$

где K_n – коэффициент надежности, для микропроцессорных реле принимается равным 1,1;

η_{ma} – коэффициент трансформации трансформатора тока;

I_{co} – ток срабатывания отсечки.

$$I_{cp.p} = \frac{1,1}{30} \cdot 1840 = 67,5 \text{ A}$$

Для токовой отсечки выдержку времени принимаем равной нулю.

2.3. Расчет уставок для защиты от перегрузки и асинхронного режима.

На синхронных электродвигателях должна предусматриваться защита от асинхронного режима, которая может быть совмещена с защитой от токов перегрузки.

В качестве защиты от перегрузки и асинхронного режима используем максимальную токовую защиту с выдержкой времени. Поскольку режим симметричный релейная защита устанавливается на ток одной фазы. При выпадении из синхронизма проходит пульсирующий ток. При перегрузке ток возрастает до 1,5 от номинального.

Рассчитаем ток срабатывания реле по формуле:

$$I_{cp} = \frac{K_n}{K_s \cdot \eta_{ma}} \cdot I_{ном.дв} \text{ A} \quad (19)$$

где K_n – коэффициент надежности, для защиты, действующей на отключение, принимают равным 1,5 – 1,75;

K_s – коэффициент возврата реле, принимают равным 0,96 для микропроцессорных реле;

η_{ma} – коэффициент трансформации тока.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 22 |

$$I_{cp} = \frac{1,5}{0,96 \cdot 30} \cdot 128 = 6,7 \text{ A}$$

Определим коэффициент чувствительности по формуле:

$$k_u^{(2)} = \frac{I_{кз}^{(2)}}{I_{cp} \cdot \eta_{та}} \quad (20)$$

где $I_{кз}^{(3)}$ – значение тока трехфазного КЗ на вводах питания ЭД.

$$k_u^{(2)} = \frac{4300}{6,7 \cdot 30} = 21,39 > 2$$

Коэффициент чувствительности удовлетворяет требованиям.

Ток срабатывания реле $I_{cp} = 6,7 \text{ A}$

Выдержку времени установим равной 20,5 секундам.

2.4. Расчет уставок для защиты минимального напряжения

После отключения КЗ происходит самозапуск электродвигателей, подключенных к секции или системе шин, на которых вовремя КЗ имело место снижение напряжения. Токи самозапуска, в несколько раз превышающие номинальные, проходят по питающим линиям (или трансформаторам) собственных нужд. В результате напряжение на шинах собственных нужд, а, следовательно, и на электродвигателях понижается настолько, что вращающий момент на валу электродвигателя может оказаться недостаточным для его разворота. Самозапуск электродвигателей может не произойти, если напряжение на шинах окажется ниже 55–65 % $I_{ном}$. Для того чтобы обеспечить самозапуск наиболее ответственных электродвигателей, устанавливается защита минимального напряжения, отключающая неответственные электродвигатели, отсутствие которых в течение некоторого времени не отразится на производственном процессе. При этом уменьшается суммарный ток самозапуска и повышается напряжение на шинах собственных нужд, благодаря чему обеспечивается самозапуск ответственных электродвигателей.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 23 |

Защита выполняется групповыми защитами, действует с выдержкой времени на отключение части электродвигателей с таким расчетом, чтобы обеспечить самозапуск оставшихся двигателей.

Выполняется одно или двухступенчатой с помощью реле минимального напряжения.

Выдержка времени отстраивается от ТО двигателей и устанавливается в диапазоне от 0.5 до 1.5 с. Выдержка времени на отключение ответственных двигателей 10–15с.

Выбираем уставки для защиты минимального напряжения:

Напряжение срабатывания защиты установим 70% от номинального напряжения.

$$U_{ср.з} = 10 \cdot 70\% = 7 \text{ кВ}$$

Выдержка времени отстраивается от технических особенностей двигателей и устанавливается в диапазоне от 0.5 до 1.5 с. Выдержка времени на отключение ответственных двигателей 10–15с.

2.5. Выбор оборудования

Для всех устройств релейной защиты, кроме реле прямого действия необходим источник оперативного тока. Источники оперативного тока подразделяются на:

- источники питания постоянного оперативного тока.
- источники питания переменного оперативного тока.

Источники питания постоянного оперативного тока. Независимым источником оперативного тока являются аккумуляторные батареи.

Преимущества источников питания постоянного оперативного тока:

- обеспечивается питание всех цепей подключенных устройств в любой момент времени с необходимым уровнем напряжения и тока независимо от состояния основной сети.

- простота и надежность схем релейной защиты.

Недостатки источников питания постоянного оперативного тока:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 24 |

- высокая стоимость (экономически оправдано использование источников постоянного оперативного тока на подстанциях 110 кВ и выше с несколькими ВЛ);

- необходимость наличия отапливаемого и вентилируемого помещения;

- необходимость использования подзарядного устройства;

- сложность в эксплуатации.

Источники переменного оперативного тока – используют энергию защищаемого объекта. При выполнении переменного оперативного питания в качестве источников служат трансформаторы тока и трансформаторы напряжения.

Преимущества источников переменного оперативного тока:

- более низкая стоимость.

- отсутствие разветвленной сети оперативного тока.

Недостатки источников переменного оперативного тока:

- колебания выходного напряжения выше, чем для источников постоянного оперативного тока, особенно в момент короткого замыкания. для электромеханических реле это не имеет существенного значения, а для аналоговых и микроэлектронных – может привести к неправильной работе.

- резкое снижение напряжения собственных нужд при включении выключателя на близкое короткое замыкание.

Выпрямленный оперативный постоянный ток применяется на подстанциях: 35/6(10) кВ, 35–220/6(10) кВ и 110–220/35/6(10) кВ. Источник этого тока – шкаф оперативного тока (далее ШОТ). Обычно ШОТ получает энергию от двух независимых вводов – трансформаторов собственных нужд (ТСН), которые преобразуют высоковольтное напряжение переменного тока в низковольтное.

Конструктивно ШОТ состоит из четырех основных частей: первая – зарядное устройство (ЗУ); вторая – аккумуляторная батарея (АКБ); третья – распределение электроэнергии по потребителям; четвертая – система

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 25 |

управления. Качественная и надежная работа ШОТ в равной степени зависит от функционирования всех этих частей.

В качестве источника оперативного тока выбираем шкаф оперативного постоянного тока ШОТ-220 применяемый в системах питания постоянного тока на объектах нефтегазодобывающего комплекса, промышленных предприятиях, тяговых подстанциях железных дорог, электростанциях, трансформаторных подстанциях, распределительных пунктах для питания оперативных цепей схем релейной защиты и автоматики, электродвигателей, микропроцессорной техники, измерительных устройств и других потребителей электроэнергии, использующих постоянный ток 220 В.

Компоненты устройства:

- модуль управления;
- модули выпрямительные;
- необслуживаемые аккумуляторы, с расчетным резервом работы до 10 лет;
- распределительные панели с автоматическими выключателями;
- контактор LVD обеспечивает защиту от глубокого разряда батареи.

Технические особенности и функциональные возможности:

- резервирование N+1, гарантирует поддержание полной нагрузки при выходе из строя одного из модулей, посредством использования дополнительных;
- система заряда аккумуляторной батареи обладает высоким коэффициентом полезного действия и стабильными параметрами зарядки аккумулятора;
- автоматическая корректировка напряжения подзарядка в зависимости от температуры увеличивает срок службы аккумуляторных батарей и повышает КПД их работы;
- система мониторинга обеспечивает постоянный контроль за устройством;

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 26 |

- ШОТ защищен от перегрузок и коротких замыканий на вводах и на отходящих линиях;
- низкий уровень шума;
- адаптация под требования заказчика – установка панелей принудительной вентиляции, замена количества и номиналов выходных автоматов, изменение номинальной мощности выпрямительной системы, программирование параметров.

2.6. Выбор коммутационных аппаратов

Высоковольтные выключатели – это коммутационные аппараты, предназначенные для включения, отключения электрических цепей в нормальных режимах и для автоматического отключения поврежденных элементов системы электроснабжения при КЗ и других аварийных режимах.

Высоковольтные выключатели имеют дугогасительные устройства и поэтому способны отключать не только токи нагрузки, но и токи КЗ.

По конструктивным особенностям и способу гашения дуги различают масляные, воздушные, элегазовые, электромагнитные, автогазовые, вакуумные выключатели. К особой группе относятся выключатели нагрузки, рассчитанные на отключение токов нормального режима. Кроме того, по роду установки различают выключатели для внутренней, наружной установки и для комплектных РУ.

Высоковольтные выключатели должны предусматриваться на линиях, как правило, в начале, т. е. со стороны питания. Количество коммутационных аппаратов на различных присоединениях выбирается исходя из требований надежности и принципа построения систем релейной защиты и сетевой противоаварийной автоматики.

Согласно ПУЭ электрические аппараты выбирают по справочным данным, исходя из условий нормального режима работы электроустановки с учетом влияния окружающей среды. Выбирая электрические аппараты, необходимо стремиться к тому, чтобы на подстанциях, в распределительных

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|-------------------|-------------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 27 |

устройствах использовалось новое и однотипное оборудование, что упрощает его эксплуатацию. Типы и число аппаратов определяют по главной схеме подстанции и распределительного устройства.

Высоковольтные выключатели выбираются по номинальному напряжению, номинальному току, сравнивая каталожные данные с действующими параметрами сети, конструктивному исполнению, месту установки, проверяются по параметрам отключения и проверяют на электродинамическую и термическую устойчивость.

Условия выбора высоковольтных выключателей:

$$U_{ном} \geq U_c \quad (21)$$

$$I_{ном} \geq I_{расч. макс} \quad (22)$$

$$I_{откл} \geq I_{кз}^{(3)} \quad (23)$$

Электродинамическая стойкость выключателя определяется по величине ударного тока КЗ сети в месте его установки.

Выбираем вакуумный выключатель ВВ-РА-10-20-1000 и сравниваем его характеристики с параметрами сети.

Таблица 3 – Сравнение характеристик выключателя с параметрами сети

| Параметр | Выключатель | Сеть |
|--------------------------------|-------------|------|
| Номинальное напряжение, кВ | 10 | 10 |
| Номинальный ток, А | 1000 | 600 |
| Номинальный ток отключения, кА | 20 | 4,3 |

Выбранный выключатель соответствует требованиям и может быть применен в рассматриваемой энергосистеме.

2.7. Выбор цифровых реле

В процессе работы системы электроснабжения могут возникать повреждения отдельных ее элементов и ненормальные режимы.

Повреждения в электроустановках чаще всего связаны с нарушением изоляции, обрывом цепей или возникновением коротких замыканий. При этом прекращается питание потребителей, расположенных за местом повреждения. Кроме того, протекание токов короткого замыкания приводит к

повышенному нагреву токоведущих частей и аппаратов, снижению напряжения удаленных потребителей и может явиться причиной нарушением технологического режима данной установки.

Повреждения электродвигателей имеют чаще всего в обмотке статора. К ним относятся многофазные замыкания на землю, витковые замыкания. У синхронных двигателей, кроме того, могут быть обрывы в цепи обмотки возбуждения и замыкания на землю обмотки ротора.

Все учитываемые ненормальные режимы электродвигателей сопровождаются прохождением сверхтока в обмотке статора: перегрузки, понижения напряжения в сети и последующее его восстановление, обрыв одной фазы обмотки статора. Для синхронных двигателей причиной появления сверхтока является также асинхронный режим.

Для синхронных и асинхронных двигателей напряжением выше 1 кВ должна предусматриваться релейная защита от следующих повреждений и ненормальных режимов работы:

- многофазных замыканий в обмотке статора и на её выводах;
- замыканий на землю в обмотке статора;
- токов перегрузки;
- снижение и исчезновение напряжения;

Для синхронных двигателей предусматривается, кроме того, защита от асинхронного режима и замыкания в цепи возбуждения.

Для уменьшения размеров повреждений и предотвращения развития аварий устанавливаются релейную защиту, которая предоставляет собой совокупность автоматических устройств, обеспечивающих отключение поврежденной части сети или электроустановки.

Наиболее перспективным направлением в теории и практики релейной защиты является использование микропроцессорных реле-терминалов, которые совершают подлинную революцию в технике релейной защиты.

Достоинства микропроцессорных реле и комплектов защиты являются большие функциональные возможности, высокая точность, малые габариты,

непрерывный самоконтроль, возможность выбора одной из нескольких времятоковых характеристик, фиксация параметров защищаемого элемента, наличие памяти, связь с компьютером.

В качестве устройства защиты выбираем - терминалы серии REM 543.

Терминалы серии REM 543 предназначены для использования в качестве основной защиты синхронных и асинхронных двигателей малой, средней и большой мощности, генераторов и блоков генератор-трансформатор дизельных станций малой и средней мощности, ГЭС, ТЭС, а также выполнения функций местного и дистанционного управления, автоматики, сигнализации, измерения и мониторинга (контроля).

Устройства имеют встроенные библиотеки:

- функций защит;
- функций управления;
- функций измерения;
- функций мониторинга состояния;
- функций связи.

Выбор необходимого типа исполнения устройства производится исходя из требований защищаемого энергообъекта и реализуется путем использования соответствующей аппаратной платформы (количества трансформаторов тока, напряжения, входных и выходных цепей) и набора требуемых функций защиты, автоматики, управления, сигнализации и измерений.

Защитные функции. Устройства имеют широкий набор традиционных и специальных защит: дифференциальную токовую защиту статора, направленные и ненаправленные МТЗ, направленные и ненаправленные защиты от замыканий на землю, защиты максимального и минимального напряжения, защиты по частоте и др., которые обеспечивают защиту широкого класса энергообъектов.

Измерения. Терминал REM 543 измеряет фазные токи, междуфазные или напряжения на землю, ток нейтрали, остаточное напряжение, частоту и

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 30 |

коэффициент мощности. Значения активной и реактивной мощности рассчитываются на основе измеренных токов и напряжений. На основе измеренной мощности может быть вычислена электроэнергия. Измеренные значения могут контролироваться на месте и дистанционно в первичных величинах.

Автоматизация. Помимо функций защиты, измерения, управления, контроля состояния и общих функций, терминалы защиты машин имеют большое количество программируемых логических функций, что позволяет реализовать ряд функций автоматизации и логических алгоритмов, необходимых для объединения задач автоматизации подстанции в одном устройстве. Система передачи данных обеспечивает связь с устройствами более высокого уровня по протоколам SPA, Modbus или LON.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 31 |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсовом проекте выполнили расчет параметров для выбора типа релейной защиты электродвигателя марки СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4 напряжением выше 1 кВ.

Для достижения цели курсового проекта были поставлены задачи:

- описать способы и условия технического обслуживания электродвигателя марки СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4 напряжением выше 1 кВ.
- произвести расчеты для выбора релейной защиты электродвигателя марки СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4 напряжением выше 1 кВ;
- выбрать релейную защиту для электродвигателя марки СДСЗ-1600-10-500 УХЛ4 напряжением выше 1 кВ;

В первой главе привели общие сведения о синхронных электродвигателях с учетом номинальных параметров, видах и области применения. Также рассматривается понятие и виды релейной защиты синхронных электродвигателей. Также рассмотрели понятие и виды релейной защиты синхронных электродвигателей.

Во второй главе произвели расчеты токов короткого замыкания и перегрузов для выбора устройств релейной защиты. Меры по обеспечению надежности питания выбирали в соответствии с требованиями ПУЭ в зависимости от категории ответственности электроприемников.

На электродвигателях предусмотрели защиту от многофазных замыканий; предусмотрели защиту от однофазных замыканий на землю, защиту от токов перегрузки и защиту минимального напряжения. На синхронных электродвигателях предусмотрели защиту от асинхронного режима и защиту от токов перегрузки.

Произвели выбор силового трансформатора типа ТМН-4000/35 УХЛ4, исходя из расчетов электрических нагрузок, при условии, что на объекте одновременно работают два электродвигателя.

Определили ток короткого замыкания – 3,2 кА, для оценки чувствительности защиты. Коэффициент чувствительности удовлетворяет

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 32 |

требованиям, поэтому продольную дифференциальную токовую защиту не устанавливаем.

Ток срабатывания реле составил 67,5 А, поэтому выдержку времени для токовой отсечки принимаем равной нулю.

Ток срабатывания реле при перегрузе составил 6,7 А, поэтому выдержку времени, для защиты от асинхронного режима, установим равной 20,5 секундам.

Расчислили номинальный ток синхронного двигателя $I_{ном.дв} = 128А$ и выбрали трансформатор тока 150/5.

В качестве источника оперативного тока выбираем шкаф оперативного постоянного тока ШОТ-220 применяемый в системах питания постоянного тока на объектах нефтегазодобывающего комплекса, промышленных предприятиях, тяговых подстанциях железных дорог, электростанциях, трансформаторных подстанциях, распределительных пунктах для питания оперативных цепей схем релейной защиты и автоматики, электродвигателей, микропроцессорной техники, измерительных устройств и других потребителей электроэнергии, использующих постоянный ток 220В.

Выбрали вакуумный выключатель 15ADV20 AA3F1 предназначенный для включения, отключения электрических цепей в нормальных режимах и для автоматического отключения поврежденных элементов системы электроснабжения при КЗ и других аварийных режимах.

В качестве устройства защиты выбрали терминалы серии REM 543 предназначенные для использования в качестве основной защиты синхронных и асинхронных двигателей малой, средней и большой мощности, генераторов и блоков генератор-трансформатор дизельных станций малой и средней мощности, ГЭС, ТЭС, а также выполняющие функций местного и дистанционного управления, автоматики, сигнализации, измерения и мониторинга (контроля).

Задачи курсового проекта выполнены в полном объеме, цель достигнута.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 33 |

Расчет и выбор параметров обеспечит защиту от многофазных замыканий, защиту от однофазных замыканий на землю, защиту от токов перегрузки, защиту от асинхронного режима, которая совмещена с защитой от токов перегрузки и защиту минимального напряжения.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 34 |

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Булычёв, А. В. Релейная защита в распределительных электрических сетях: пособие для практических расчетов / А. В. Булычёв. - Москва: ЭНАС, 2017.

2. Варварин, В. К. Выбор и наладка электрооборудования: справочное пособие / В. К. Варварин. - Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2017. - 240 с.: ил. - Гл. 3-5.

3. Грунтович, Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для вузов / Н. В. Грунтович. - Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2018. - 271 с.: ил.

4. Киреева, Э. А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: учебник для СПО / Э. А. Киреева. - Москва: Академия, 2017.

5. Куксин, А. В. Релейная защита и автоматические системы управления устройствами электроснабжения: учебное пособие для СПО / А. В. Куксин. — Саратов, Москва: Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 179 с. — ISBN 978-5-4488-0838-8, 978-5-4497-0534-1. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/94931> (дата обращения: 21.10.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6. Олиференко, Н. А. Проверка и наладка электрооборудования: учебное пособие для СПО / Н. А. Олиференко. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2018.

7. Релейная защита электрооборудования электрических станций, сетей и систем: учебное пособие для СПО / О. Н. Шелушенина, И. И. Добросотских, С. Н. Синельникова, А. С. Ведерников. — Саратов: Профобразование, 2021. — 234 с. — ISBN 978-5-4488-1253-8. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/106851> (дата обращения: 22.10.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

8. Шишмарёв, В. Ю. Технические измерения и приборы: учебник для

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 35 |

СПО / В. Ю. Шишмарёв. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Юрайт, 2020. - 377 с. - Текст: электронный // ЭБС Юрайт: [сайт]. - URL: <https://urait.ru/bcode/456760> (дата обращения: 24.10.2022).

9. Юдин, М. А. Токовая защита электроустановок: учебное пособие для бакалавров / М. А. Юдин. - Санкт-Петербург: Дрофа, 2018.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | КП 13.02.07 17179 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 36 |