**<https://works.doklad.ru/view/8LtJ68cYIUI.html>**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНСТВА ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

**ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**в г. ТАГАНРОГЕ**



КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И МЕХАТРОНИКИ»

КУРСОВАЯ РАБОТА

**РАСЧЁТ И ВЫБОР ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ АППАРАТОВ**

по курсу

Высоковольтные аппараты

Вариант 5

|  |  |
| --- | --- |
|  | Выполнила: |
|  | Студентка группы Н-87 |
|  | Кипоть М.А. |
|  |  |
|  | Руководитель: |
|  | доц. Каф. ЭиМ |
|  | Тибейко И.А. |

Работа защищена с оценкой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Таганрог 2010

Содержание

Введение……………………………………………………………………………..3

Вариант задания к курсовой работе……………………………………………….3

1. Принципиальная схема распределительного устройства……………………..4

2.Назначение и характеристика электрооборудования распределительного устройства…………………………………………………………………………………5

3. Схема замещения для расчёта токов короткого замыкания……………………6

4. Расчёт токов короткого замыкания в точках *К-1* и *К-2*……………………….7

5. Общие вопросы выбора электрических аппаратов и проводников…………..9

6. Выбор электрооборудования высшего напряжения:

6.1. Выключателя…………………………………………………………….10

6.2. Разъединителя…………………………………………………………...12

6.3. Трансформатора тока…………………………………………………..13

6.4. Трансформаторов напряжения…………………………………………14

6.5. Разрядников (ограничителей перенапряжения)………………………15

7. Выбор электрооборудования низкого напряжения распределительного устройства:

7.1. Выключателей вводного, секционного и линейного наиболее загруженной линии…………………………………………………………………16

7.2. Выбор кабеля для наиболее загруженной линии…………………….22

7.3. Выбор трансформатора напряжения…………………………………..23

7.4. Выбор трансформатора тока в цепи силового трансформатора с низкой стороны……………………………………………………………………..24

7.5. Выбор трансформатора тока для наиболее загруженной линии……25

7.6. Выбор предохранителей………………………………………………..26

8. Спецификация выбранного оборудования для распределительного устройства высокого и низкого напряжения…………………………………….27

Заключение…………………………………………………………………………28

Список использованной литературы……………………………………………..29

Введение

Курсовая работа по предмету «Высоковольтные аппараты» является завершающей работой по курсу, основная её задача обобщить все полученные знания.

Цель курсовой работы - научиться рассчитывать и выбирать электрооборудование распределительных устройств выше 1000 В, составлять техническую документацию, закрепить навыки чтения и разработки электрических схем в РУ, подготовиться к выполнению квалификационной работы.

При выполнении курсовой работы необходимо: выполнять чертежи, условные обозначения элементов схем согласно стандартам ЕСКД и ЕСТД.

Вариант задания к курсовой работе

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные для выбора оборудования |  |
| ГПП-35/6 2х4 т.кВА | + |
| Напряжение КЗ тр-ров *U*кз% | 6 |
| Длина питающей ЛЭП РПС-ГПП (км) | 12 |
| Сопротивление системы приведённое к высокому | 25 |
| Допустимый перегруз тр-ра в % | 30 |
| Максимальная нагрузка кабельной линии 6 кВ (мВА) | 4 |
| Длина КЛ 6 кВ с Al жилами | 2,5 |
| Время использования макс нагрузки для всех вариантов Тmax=4500 ч в год | + |
| Мощность ТСН Т3 (Т4) (кВА) | 25 |
| Количество ЛЭП подключенных к 1 секции | 4 |

1. Принципиальная схема распределительного устройства.



Рис.1 Однолинейная схема ГПП-35/6 кВ

2. Назначение и характеристика электрооборудования распределительного устройства.

На рис.1 изображены следующие виды электрооборудования:

*Q1-* *Q8*, *QB1*– выключатели;

*QS1-* *QS6* – разъединители;

*FU1- FU4* – предохранители;

*TA1* – *TA8*– трансформаторы тока;

*TV1* – *TV4*– трансформаторы напряжения;

*FV1 – FV6*– разрядники (ограничители напряжения);

*T1 – T3* – силовые трансформаторы;

Опишем каждый электрический аппарат отдельно.

*Выключатель нагрузки* - выключатель, имеющий дугогасительное устройство небольшой мощности. Предназначен для отключения номинальных токов нагрузки.

*Разрядники*служат для защиты установки (КТП) от перенапряжений, возникающих в процессе коммутаций и воздействий атмосферных явлений. При повышении напряжения сверхноминального значения разрядник срабатывает и ограничивает напряжение на фазе установки.

*Предохранители*- электрические аппараты, предназначенные для защиты электрических цепей от токов короткого замыкания и токов перегрузки.

*Автоматические выключатели* предназначены для автоматической защиты электрических сетей и оборудования от аварийных режимов, а также для оперативной коммутации отдельных цепей в энергосистемах.

*Переключатель* предназначен для ручного выключения и отключения тока в цепях с напряжением до 220 В постоянного напряжения и 380 В переменного. При больших значениях напряжения этот аппарат коммутирует цепь при отсутствии тока. Рубильники выпускаются в одно-, двух- и трехполюсных исполнениях.

*Силовой трансформатор -*стационарный прибор, который посредством электромагнитной индукции преобразует систему переменного напряжения и тока в другую систему напряжения и тока, как правило, различных значений при той же частоте в целях передачи электроэнергии.

*Трансформа́торы то́ка*служат для измерения, преобразования и передачи информации о режиме работы сильноточной цепи высокого напряжения в цепь низкого напряжения, с целью её последующей обработки, при этом ТА служат для изоляции первичной цепи высокого напряжения от вторичной цепи низкого напряжения, имеющей потенциал земли.

*Трансформаторы напряжения*предназначены, как для измерения напряжения, мощности, энергии, так и для питания цепей автоматики, сигнализации и релейной защиты ЛЭП от замыканий на землю.

*Разъединители* служат для коммутации обесточенных цепей в целях проведения ремонта или ревизии в высоковольтных аппаратах, а также для выполнения переключений распределительного устройства на резервное питание

1. Схема замещения для расчёта токов короткого замыкания.



Рис. 2. Схема замещения

1. Расчёт токов короткого замыкания в точках *К-1* и *К-2*.

Секционный выключатель *QB1* на шинах 6 кВ ГПП принят нормально отключенным для ограничения токов короткого замыкания и включается автоматически при отключении одного из трансформаторов *Т1*, *Т2*. Трансформаторы *Т1* и *Т2* работают раздельно. Составляется схема замещения исходной схеме. Расчёт токов КЗ ведётся в именованных единицах и принимаются индуктивные сопротивления приведённые к ступени напряжения 37,5 кВ. Активными сопротивлениями пренебрегаем.

Определяем сопротивления элементов схемы замещения:

*х*с = 25 Ом (исходные данные);

где *х*0 = 0,4 Ом/км, удельное сопротивление ЛЭП;

,

Где *U*н – номинальное линейное сопротивление трансформатора с высшей стороны (35 кВ);

 – номинальная мощность трансформатора в мВА,  = 4 мВА;

где *х*0 = 0,08 Ом/км, удельное сопротивление кабельной линии.

Сопротивление кабельной линии находится на ступени напряжения 6 кВ, это сопротивление необходимо привести к ступени напряжения 37,5 кВ, поэтому приведённое сопротивление кабельной линии будет определено по формуле:



Определяем трёхфазные токи короткого замыкания в точках (*К-1*, *К-2* и *К-3*) по формуле:

 ,

Где – среднее напряжение ступени равное 37,5 кВ;

- суммарное сопротивление до точки КЗ.

Определяем трёхфазный ток КЗ в точке *К-1*:



Определяем ток трёхфазного КЗ в точке *К-2*:



Приводим этот ток КЗ к напряжению 6,3 кВ:

Определяем ток трёхфазного КЗ в точке *К-3*:



Приводим этот ток КЗ к напряжению 6,3 кВ:

Определяем ударные токи КЗ (амплитудное значение с учётом апериодической составляющей) в точках *К-1*, *К-2* и *К-3*:

,

Где- ударный коэффициент, зависящий от схемы сети, мощность системы и места КЗ, = 1,8.

Ударный ток:

в точке *К-1*:

в точке *К-2*:

в точке *К-3*:

Значения токов КЗ и ударных токов сводим в таблицу 1.

Таблица 1.

|  |  |
| --- | --- |
| Ток КЗ | Точки КЗ |
| *К-1* | *К-2* | *К-3* |
| https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/4a15769a.gif | 0,72 | 2,5 | 2,23 |
|  | 1,83 | 6,36 | 5,81 |

5. Общие вопросы выбора электрических аппаратов и проводников

Все электрические аппараты, токоведущие части и изоляторы должны быть выбраны по условиям длительной работы и проверены по условиям короткого замыкания (КЗ) в соответствии с указаниями «Правил устройства электроустановок» [1] и Руководящих указаний по расчёту коротких замыканий, выбору и проверке аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания [2].

Выбор аппаратов и проводников проектируемой установки начинают с определения по заданной электрической схеме расчётных условий, а именно: расчётных рабочих токов присоединений, расчётных токов короткого замыкания и т. д.

Расчётные величины сопоставляют с соответствующими номинальными параметрами аппаратов и проводников, выбираемых по каталогам и справочникам.

При выборе аппаратов необходимо учитывать род установки (наружная или внутренняя), температуру окружающего воздуха, влажность, загрязнённость помещения, а также габариты, вес, стоимость аппарата, удобство его размещения в распределительном устройстве.

Различают следующие напряжения электрических сетей и присоединённых к ним источников и приёмников электрической энергии в установках выше 1000 В:

номинальное междуфазное напряжение *U*ном;

наибольшее рабочее напряжение *U*max;

среднее рабочее напряжение *U*ср.

Значение напряжений выражено в кВ:

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *U*ном | 3 | 6 | 10 | 20 | 35 | 110 |
| *U*ср | 3,15 | 6,3 | 10,5 | 21 | 37,5 | 115 |
| *U*max | 3,6 | 7,2 | 12 | 24 | 40,5 | 126 |

Изоляция электрических аппаратов и кабелей должна соответствовать номинальному напряжению установки *U*у, для чего должно быть выполнено условие *U*у≤ *U*ном, где

*U*ном – номинальное напряжение аппарата или кабеля.

1. Выбор электрооборудования высшего напряжения

6.1. Выбор выключателя

Выбор выключателя *Q2* в цепи силового трансформатора *Т1* мощностью 4 мВА с учётом 30 % перегрузки.

В нормальном рабочем режиме через выключатель протекает ток

Определяем расчётный ток утяжелённого режима:

Расчётным током КЗ является ток на шинах высшего напряжения в точке *К-1*.

Выключатели распределительных устройств напряжением 35 кВ и выше выбираются обычно однотипными для всех цепей данного распределительного устройства и проверяются по наиболее тяжёлым условиям КЗ. К установке принимаем выключатель маломасляный трёхполюсный типа ВМ-35-12,5/630 с собственным временем отключения *t*св = 0,05 с. Привод к выключателю пружинный типа ППК-2300. Расчётное значение периодической составляющей тока КЗ:

*I*пt = *I*п0 = 0,72 кА (удалённое КЗ).

Расчётное время:

τ = *t*з,min+ *t*св = 0,01+0,05=0,06 с.

Апериодическая составляющая тока КЗ для ветви от энергосистемы:

,

,

Где *Т*а= 0,02, е = 2,7 - натуральное число.

Завод-изготовитель гарантирует выключателю апериодическую составляющую в отключаемом токе для времени τ

,

Где = 0,1 для τ = 0,06 с.

Тепловой импульс, выделяемый током КЗ:

 ,

,

Где *t*отк = *t*р.з+ *t*с.в= 0.1 + 0,08 = 0,18 с ;

*T*а = 0,02 (табл. 2 методические указания);

*t*р.з– время действия основной защиты трансформатора равное 0,1 с;

*t*с.в– полное время отключения ВМ-35-12,5/630, равное 0,08 с.

Все расчётные и каталожные данные сводим в таблицу 3.

Выбираем по каталогу или справочнику разъединитель типа РНДЗ-2-35/630.

Таблица 3.

|  |  |
| --- | --- |
| Расчётные данные | Каталожные данные |
| ВыключательВМ-35-12,5/630https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/6bd25bf4.png | РазъединительРНДЗ-2-35/630https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/1f3adb7b.jpg |
| *U*уст = 35 кВ | *U*ном = 35 кВ | *U*ном = 35 кВ |
| *I*раб.утяж= 85 А | *I*ном = 630 А | *I*ном = 630 А |
| *I*п,τ= 0,72 кА | *I*отк = 12,5 кА | - |
| *i*а,τ= 0,05 кА | *i*а,ном= 1,76 кА | - |
| *I*п,0= 0,72 кА | *I*пр.с= 12,5 кА | - |
| https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/2daa2825.gif | https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/m4a1681bc.gif |  |
| https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/318d0eda.gifhttps://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/m5f2aadc.gif | https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/553e77fa.gif | https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/5ff0ecea.gif |

Как видно из таблицы 3. все каталожные данные больше или равны расчетным параметрам. Следовательно, выключатель ВМ-35-12,5/630 в цепи силового трансформатора выбран правильно.

6.2. Выбор разъединителя

Выбор разъединителя *QS4* в цепи трансформатора собственных нужд мощностью *S*н = 25 кВА.

Разъединитель выбирается:

- по номинальному напряжению – *U*уст ≤ *U*ном ;

- по номинальному длительному току – *I*раб.утяж ≤ *I*ном

;

- по конструкции. Разъединитель *QS4* должен быть наружной установки.

Предварительно выбираем РЛНД-1-10/200. Это разъединитель линейный, наружной установки, двухколонковый, с одним заземляющим ножом, на *U*н = 10 кВ, *I*ном = 200 А (с медными ножами).

Проверяем по электродинамической стойкости или по предельному сквозному току:

2,5 кА < 20 кА

 = 2,5 кА

= 20 кА

Таким образом, выбранный разъединитель РЛНД-1-10/200 удовлетворяет расчётным и каталожным данным и принимается к установке.



6.3. Выбор трансформатора тока

Выбор трансформатора тока *ТА1*, он устанавливается в ОРУ-35 кВ в цепи силового трансформатора и предназначен для устройств релейной защиты, измерений электрических величин (тока, активной и реактивной мощности, для измерения активной и реактивной энергии).

Поэтому предусматривается трансформатор тока на номинальное напряжение 35 кВ в открытых распределительных устройствах (наружной установки) типа ТФМ- 35-II-У1 (трансформатор тока, с фарфоровой покрышкой, для защит).

Сравнение расчётных и каталожных данных заносим в таблицу 4.

Таблица 4.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условия выбора и проверки трансформатора тока | Расчётные величины | Каталожные данные |
| *U*уст ≤ *U*ном | 35 кВ | 35 кВ |
| ; 1,2\*85 = 102 А | 102 А | 150 А |
|  | 1.83 кА | 63 кА |
| https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/m44e0b86a.gif*t*отк = *t*р.з+ *t*с.в= 0.1 + 0,08 = 0,18 с ;*T*а = 0,02 | https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/3994f2ee.gif | https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/f69ff6d.gif |

Таким образом выбираем трансформатор тока в цепи силового трансформатора с высокой стороны ТФМ-35-II-У1 (однофазный масляный трансформатор тока серии ТФМ наружной установки предназначен для питания электрических измерительных приборов и защитных устройств в электросетях переменного тока 35 и 110 кВ, для использования в системах защиты электрооборудования классов напряжения до 500 кВ и выше)

Проверка трансформатора тока на вторичную нагрузку *S*2≤ *S*ном в курсовой работе не производится.

6.4. Выбор трансформатора напряжения TV1

Трансформатор напряжения *TV1*устанавливается в открытом распределительном устройстве ОРУ-35 кВ, следовательно, *TV1* должен быть для наружной установки. Выбираем *TV1*:

- по номинальному напряжению – *U*уст ≤ *U*ном принимаем *U*ном = 35 кВ;

- по конструкции (наружной установки) и схеме соединения обмоток. Принимаем три однофазных трансформатора напряжения типа ЗНОМ-35-65У1, соединённых с первичной стороны в звезду с заземлённой нейтралью;

- по классу точности кл. 0,5;

- по вторичной нагрузке - не проверяем, так как в ОРУ-35 кВ первой и второй секциях шин 35 кВ только лишь по одному присоединению (*Т1* и *Т2*).

Таким образом принимаем к установке *TV1* и *TV2* трансформаторы напряжения типа ЗНОМ-35-65У1

= 150 ВА (для класса точности 0,5);

= 250 ВА (для класса точности 1,0).



Трансформатор напряжения ЗНОМ-35-65У1 удовлетворяет условиям выбора и принимается к установке.

6.5. Выбор разрядников (ограничителей перенапряжения)

Высоковольтные разрядники (ограничители перенапряжения) выбираются:

- по номинальному напряжению – *U*уст ≤ *U*ном ;

- по конструктивному исполнению (для закрытых или открытых установок).

*FV1* – выбираем ОПН-35 УХЛ1, т.к ограничители перенапряжения более современны чем РВС-35 (разрядник вентильный, стационарный на U=35 кВ)





*FV3, FV5*– выбираем ОПН-6 УХЛ1 либо РТВ-6 (разрядник трубчатый винилопластиковый на U=6 кВ)



Выбор электрооборудования низкого напряжения распределительного устройства

* 1. Выбор выключателей вводного, секционного и линейного наиболее загруженной линии
1. Выбор трансформаторного выключателя с низкой стороны – 6 кВ (*Q3*) по следующим условиям:

- по номинальному напряжению – *U*уст ≤ *U*ном принимаем *U*ном = 6 кВ;

- по номинальному току – *I*раб.утяж ≤ *I*ном.

Определяем:

с учётом 30 % перегрузки силового трансформатора.

Предварительно намечаем к установке в РУ вакуумных выключателей отечественного производства типа ВВТЭ-М-6-12,5/630 У3, у этого выключателя *I*ном = 630 А;

*I*утяж≤*I*ном

500 < 630 (А).

Привод электромагнитный, собственное время отключения выключателя *t*с.в=0,018 с;

расчётное время *τ*= *t*з. min+ *t*с.в= 0,01+0,018=0,028 с.

Расчётное значение периодической составляющей тока КЗ:

*I*п,τ= *I*п,0= 2,5 (кА)

Апериодическая составляющая тока КЗ:



Где *Т*а= 0,01, е = 2,7 - натуральное число

Завод-изготовитель гарантирует выключателю апериодическую составляющую в отключаемом токе для времени *τ*.

,

Где = 0,48, для *τ* = 0,028 с.

Проверяем выключатель на электродинамическую стойкость:

Тепловой импульс, выделяемый током КЗ:





Здесь *t*отк = *t*р.з+ *tС.В*= 0.1 + 0,35 = 0,45 с

*tС.В*= 0,35 с полное время отключения ВВТЭ-М-6-12,5/630 У3 (выключатель вакуумный трёхполюсный с электромагнитным приводом)

Все расчётные и каталожные данные сводим в таблицу 5.

Таблица 5.

|  |  |
| --- | --- |
| Расчётные данные | Каталожные данные |
| ВыключательВВТЭ-М-6-12,5/630 У3 |
| *U*уст = 6 кВ | *U*ном = 6 кВ |
| *I*раб.утяж= 500 А | *I*ном = 630 А |
| *I*п,τ= 2,5 кА | *I*отк = 12,5 кА |
| *i*а,τ= 0,2 кА | *i*а,ном= 8,5 кА |
| *I*п,0= 2,5 кА | *I*пр.с= 12,5 кА |
|  |  |
| https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/m33306356.gif | https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/m2fc908d1.gifhttps://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/61c4dbbe.gif |



Как видно из таблицы 5. все каталожные данные больше или равны расчетным параметрам. Следовательно, вакуумный выключатель в цепи трансформатора 4 т.кВА ВВТЭ-М-6-12,5/630 У3 выбран правильно.

1. Выбор секционного выключателя *QB1* по следующим показателям:

- по номинальному напряжению – *U*уст ≤ *U*ном принимаем *U*ном = 6 кВ;

- по номинальному току – *I*раб.утяж ≤ *I*ном.

Определяем ток при подключении секции к трансформатору, мощность подключаемая к секционному выключателю будет равна загрузке *Т1* (*Т2*) в рабочем режиме, т.е. 0,6 *S*н тр-ра, поэтому:

Предварительно намечаем к установке в РУ-10 вакуумный выключатель ВВТЭ-М-6-12,5/630 У3, у этого выключателя *I*ном = 630 А,

*I*утяж≤*I*ном

231 < 630 А.

Привод электромагнитный, собственное время отключения выключателя *t*с.в = 0,018 с

расчётное время *τ* = *t*з.min+ *t*с.в = 0.5 + 0.018 = 0.518 c

*t*з.min = 0,5 с (для секционного выключателя).

Расчётное значение периодической составляющей тока КЗ:

*I*п,τ= *I*п,0= 2,5 (кА)

Апериодическая составляющая тока КЗ:



Где *Т*а = 0,05 с., е=2,7- натуральное число

Завод-изготовитель гарантирует выключателю апериодическую составляющую в отключаемом токе для времени*τ*. При *τ*≥ 70 мс, *β* = 0:

.

Проверяем выключатель на электродинамическую стойкость:

Тепловой импульс, выделяемый током КЗ:



Здесь *t*отк = *t*р.з+ *tС,В* = 0,5 + 0,35 = 0,85 с

*tС.В* = 0,35 с полное время отключения ВВТЭ-М-6-12,5/630 У3.

Вакуумные выключатели типа ВВТЭ-М-6-12,5/630 У3 предназначены для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в промышленных и сетевых установках, в сетях трехфазного переменного тока с изолированной или заземленной через дугогасительный реактор нейтралью частоты 50 и (60 Гц), на номинальное напряжение до 12 кВ. Вакуумный выключатель устанавливаются в КРУ (типа КРУЭ-10, КРУЭП-10, ПП-10-6/630 ХЛ1) экскаваторов, нефтебуровых установок, передвижных электростанций и переключательных пунктов.

Все расчётные и каталожные данные сводим в таблицу 6.

Таблица 6.

|  |  |
| --- | --- |
| Расчётные данные | Каталожные данные |
| ВыключательВВТЭ-М-6-12,5/630 У3 |
| *U*уст = 6 кВ | *U*ном = 6 кВ |
| *I*раб.утяж= 231 А | *I*ном = 630 А |
| *I*п,τ= 2,5 кА | *I*отк = 12,5 кА |
|  |  |
| https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/m6b88eb0c.gif |  |



Секционный выключатель выбран правильно, расчётные параметры соответствуют каталожным данным.

1. Выбор линейного выключателя наиболее загруженной линии (Q7) по следующим показателям:

- по номинальному напряжению – *U*уст ≤ *U*ном принимаем *U*ном = 6 кВ;

- по номинальному току – *I*раб.утяж ≤ *I*ном.

Определяем:

,

Где – задано в варианте курсовой работы. = 4 мВА.

Предварительно намечаем к установке в РУ-6кВ для наиболее загруженной линии вакуумный выключатель ВВТЭ-М-6-12,5/630 У3,

*I*утяж≤*I*ном

385 А < 630 А.

Привод электромагнитный, собственное время отключения выключателя *t*с.в=0,018 с;

расчётное время *τ*= *t*з. min+ *t*с.в= 0,01+0,018=0,028 с,

*t*з.min=0,01 с (так как на кабельных и воздушных линиях устанавливается токовая отсечка).

Расчётное значение периодической составляющей тока КЗ:

*I*п,τ= *I*п,0= 2,5 (кА)

Апериодическая составляющая тока КЗ:



Где *Т*а = 0,05 с., е=2,7- натуральное число

Завод-изготовитель гарантирует выключателю апериодическую составляющую в отключаемом токе для времени *τ*.

,

Где =0,48 для *τ* = 0,028 с.

Проверка по отключающей способности производится по полному току КЗ:



Проверяем это неравенство:



3,74 кА < 26,2 кА - условие соблюдается.

Проверяем выключатель на электродинамическую стойкость:

Тепловой импульс, выделяемый током КЗ:





Здесь *t*отк = *t*р.з+ *tС.В*= 0,1 + 0,04 = 0,14 с

*tС.В* = 0,04 с собственное время отключения ВВТЭ-М-6-12,5/630 У3.

Все расчётные и каталожные данные сводим в таблицу 7.

Таблица 7

|  |  |
| --- | --- |
| Расчётные данные | Каталожные данные |
| ВыключательВВТЭ-М-6-12,5/630 У3 |
| *U*уст = 6 кВ | *U*ном = 6 кВ |
| *I*раб.утяж= 385 А | *I*ном = 630 А |
| *I*п,τ= 2,5 кА | *I*отк = 12,5 кА |
| https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/696fef88.gif= 0,2 кА |  |
| *I*п,0= 2,5 кА |  |
|  |  |
| https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/m29603dfe.gif | https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/m7671568f.gif |



Из таблицы 7. следует, что линейный выключатель для наиболее загруженной линии выбран правильно, все расчётные данные соответствуют каталожным данным выключателя ВВТЭ-М-6-12,5/630 У3.

Распределительное устройство принимается из шкафов КРУ серии К-XII. Разъединители в КРУ встроенные, втычного типа. Завод-изготовитель гарантирует им необходимые параметры для работы с ВВТЭ. Проверка их не производится.

* 1. Выбор кабеля для наиболее загруженной линии

Силовые кабели высокого напряжения выбираются:

- по номинальному напряжению – *U*уст ≤ *U*ном .

Сечение кабеля выбирается из условия экономической плотности тока, числа кабелей в одном потоке, траншее, эстакаде и времени использования максимальной нагрузки *Т*max в году по формуле:

(мм2), где

(А);

= 1,7 А/мм2(при *Т*max = 4500 часов/год) для кабеля с алюминиевыми жилами.

Принимаем кабель сечением S = 240 мм2.

Марка кабеля АПВБ-6-3х240 (кабель с алюминиевыми жилами из полиэтилена, оболочка из поливинилхлоридного пластика, броня из двух стальных лент).

* 1. Выбор трансформатора напряжения TV3

Трансформатор напряжения на сборных шинах 6 кВ предназначен для питания параллельных катушек измерительных приборов и для контроля изоляции в сетях с малыми токами замыкания на землю, поэтому целесообразно использовать трансформатор напряжения типа НТМИ-6. Трансформатор напряжения устанавливается на каждой секции сборных шин 6 кВ и к нему подключаются только измерительные приборы всех присоединений секции (число линий = 4, плюс присоединение силового трансформатора, итого 5 присоединений), а также приборы контроля изоляции сети 6 кВ.

Согласно однолинейной схемы ГПП-35/6 кВ к TV3 подключаются:

Таблица 8

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Тип | Потребляемая мощность катушки (ВА) | Число катушек | *cos φ* | *sin φ* | Число приборов | https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/291fb156.gif | https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/188fe727.gifhttps://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/70f2c236.gifhttps://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/70f2c236.gif |
| Вольтметр | Э-377 | 2,0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 4 | 0 |
| Ваттметр | Д-335 | 1,5 | 2 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 |
| Счётчик активной энергии | И-675 | 3 | 2 | 0,38 | 0,925 | 5 | 11 | 30 |
| Счётчик реактивной энергии | И-673 | 3 | 2 | 0,38 | 0,925 | 5 | 11 | 30 |
| Итого |  |  |  |  |  |  | 29 | 60 |

Вторичная нагрузка

.

Выбранный трансформатор напряжения НТМИ-6 имеет номинальную мощность в классе 0,5 ( = 75 ВА). Таким образом,

<

67 ВА< 75 ВА

При такой схеме *TV3* будет работать в выбранном классе точности



* 1. Выбор трансформаторов тока в цепи силового трансформатора с низкой стороны

Трансформатор тока *ТА3* устанавливается в комплектных распределительных устройствах (КРУ) типа К-XII, или К-XXVI или им аналогичным ТОЛК-6-600/5

Определяем первичный номинальный ток *ТА3*.

Принимаем = 600 А.

Сравнение расчётных и каталожных данных заносим в таблицу 9.

Таблица 9

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условия выбора и проверки трансформатора тока | Расчётные величины | Каталожные данныеТОЛК-6-600/5 |
| *U*уст ≤ *U*ном | 6 кВ | 6 кВ |
|  | 600 А | 600 А |
|  | 6,4 кА | 26 кА |
| https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/mb92e8ec.gif*t*отк = *t*р.з+ *t*с.в= 0.1 + 0,35 = 0,45 с ;*T*а = 0,01 | https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/m45596cf5.gif | https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/748ff821.gif*t*т=1 с, *К*=10 |

Каталожные данные трансформатора тока удовлетворяют расчётным.

Следовательно к установке принимаем трансформатор тока *ТА3* типа

ТОЛК-6-600/5.



* 1. Выбор трансформатора тока в цепи наиболее загруженной линии TA7.

Расчёт производится в той же последовательности, что и *ТА1* и *ТА3*:

- по номинальному напряжению – *U*уст ≤ *U*ном принимаем *U*ном = 10 6) кВ;

- по номинальному току – *I*1 ном≥ 1,2∙*I*раб.утяж =1,2\*385=462 А,

определяем:

принимаем ближайший стандартный первичный номинальный ток трансформатора тока , номинальный вторичный ток 5А, *K*I= 600/5;

- по конструкции. Трансформатор тока устанавливается в комплектных распределительных устройствах КРУ, в выкатных тележках.

На основе этого принимаем трансформатор тока ТЛМ-10-600/5-0,5/Р.

Сравнение расчётных и каталожных данных заносим в таблицу 10.

Таблица 10

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условия выбора и проверки трансформатора тока | Расчётные величины | Каталожные данные |
| *U*уст ≤ *U*ном | 6 кВ | 10 кВ |
|  | 462 А | 600 А |
|  | 6,4 кА |  |
| https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/mb92e8ec.gif*t*отк = *t*р.з+ *t*с.в= 0.1 + 0,35 = 0,45 с ;*T*а = 0,05 | https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/m45596cf5.gif | https://works.doklad.ru/images/8LtJ68cYIUI/64cb96ba.gif |

,

Где = 100 (каталожные данные);

= 600 А= 0,6 кА (выбранный номинальный );

,



Где 16 кА (каталожные данные);

=4 с (каталожные данные).

Следовательно, выбранный трансформатор тока, для наиболее загруженной кабельной линии, ТЛМ-10-600/5-0,5/Р выбран правильно.

* 1. Выбор предохранителей
1. FU1 в цепи трансформатора собственных нужд

Высоковольтные предохранители выбираются:

- по номинальному напряжению – *U*уст ≤ *U*ном принимаем *U*ном = 6 кВ;

- по номинальному току плавкой вставки, где

*I*ном.п.в≥ (1,5÷2) *I*ном= 2\*2,4 = 4,8 (А) ,

Где

Принимаем *I*ном.п.в= 5 А, выбираем предохранитель ПКТ 101-6-5-20 У3 (предохранитель с кварцевым наполнителем, на 6 кВ, ток плавкой вставки – 5 А, предельный ток отключения – 20 кА).

Предохранитель проверяется по предельному отключающему току

,

Где – ток трёхфазного короткого замыкания в месте установки предохранителя

= 2,5 кА, = 20 кА,

20 кА > 2,5 кА.

Предохранитель ПКТ 101-6-5-20 У3 выбран правильно.



2) FU3, FU4 в цепи трансформаторов напряжения TV3, TV4 предохранители выбираются по

- по номинальному напряжению – *U*уст ≤ *U*ном принимаем *U*ном = 6 кВ;

- по конструкции, роду установки

Выбираем высоковольтные предохранитель ПКН 001-6 У3, предназначенный для защиты трансформаторов напряжения на номинальное напряжение 3, 6, 10 кВ.



1. Спецификация выбранного оборудования для распределительного устройства высокого и низкого напряжения

В заключении составляем спецификацию оборудования для ГПП-35/6 с двумя трансформаторами по 4 мВА и заносится в однолинейную схему ГПП.



Заключение

В курсовой работе мы научились рассчитывать и выбирать электрооборудование распределительных устройств выше 1000 В, такое как – выключатели, предохранители, разъединители, трансформаторы тока и напряжения, разрядники, научились составлять техническую документацию, также мы закрепили навыки чтения и разработки электрических схем в РУ.

Всё оборудование, выбранное в курсовой работе, проверено по его номинальным параметрам и подходит для установки в ГПП-35/6 кВ.

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), М., Энергоатомиздат, 1988 г.

2. Руководящие указания по расчёту коротких замыканий, выбору и проверке аппаратов и проводников по условию короткого замыкания.

3. Электрооборудование станций и подстанций, Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин, М., Энергоиздат, 1987 г.

4. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения, М., Энергоиздат, 1981 г.

5. Справочная книга электрика, В.И. Григорьев, М., «Колос», 2004 г.

6. Электрические и электронные аппараты гл. 5, Ю.К. Розанов, М., Энергоатомиздат, 1998 г.

7. Электромагнитные переходные процессы, С.А.Ульянов, М., Энергия, 1970 г.

8. Методические указания к курсовой работе по ВВА

9. Масляные выключатели 35 кВ типов ВМ-35 и МКП-35 Москва 1963г.

10. http://forca.ru – электроэнергетика, оборудование документация

11. http://www.elec.ru – электротехнический интернет-портал

12. http://www.kenergo.su – ООО «КомплексЭнерго», продажа высоковольтного оборудования

13.http://www.avkenergo.ru – «АВК-Энерго», продажа высоковольтного оборудования.

14.http://www.tdtransformator.ru/ - «Трансформатор», торговый дом.

15.http://kipia.ru/ - ООО "Энергопромавтоматика", специализированное предприятие в области Контрольно-Измерительных Приборов и Автоматики ( КИПиА).

16.http://www.elec.ru/ - продажа высоковольтного оборудования