Расчет электронных защит фидеров 27.5 кВ контактной сети тяговых подстанций

Защита фидера контактной сети тяговой подстанции является двухступенчатой.

При расчете используются следующие значения удельных сопротивлений тяговой сети:

Z11- полное удельное сопротивление тяговой сети однопутного участка, Ом/км;

Z21- полное удельное сопротивление тяговой сети однопутного пути двухпутного участка при отсутствии тока в контактной сети соседнего пути, Ом/км;

Z22- полное удельное сопротивление тяговой сети однопутного пути двухпутного участка при одинаковых по величине и направлению токах в контактной сети обоих путей, Ом/км.

**1.5.6.1 Дистанционная ненаправленная защита**

Является первой ступенью защиты ДС-1 отключает без выдержки времени к.з. в пределах 80-85 % зоны подстанция-пост секционирования. Для исключения ложных действий первой ступени защиты из-за значительного снижения напряжения при к.з. на сложном пути предусмотрен автоматический перевод датчика ДС-1 в режим датчика тока.

В этих случаях, т.е. при значительном снижении напряжения, поступающего от трансформатора напряжения, ток в схеме ДС-1 определяется стабилизированным напряжением ***Uст***, в связи с чем ДС-1 превращается в датчик тока.

Так как первая ступень защиты имеет собственное время срабатывания 30 ÷ 60 мс., то с целью уменьшения времени отключения к.з., сопровождающихся большим током, дополнительно применена еще ускоренная токовая отсечка (УТО), имеющая собственное время срабатывания 5 ÷ 10 мс.

Вторая ступень защиты, защищая зону до шин смежной подстанции, представляет собой дистанционную направленную защиту с выдержкой времени 0.4 ÷ 0.5 с. В этой ступени используется датчик полного сопротивления ДС-2 с круговой характеристикой радиусом, равным сопротивлению срабатывания второй ступени, и фазовый орган ФТН, который обеспечивает срабатывание второй ступени в заданном диапазоне углов (45 ÷ 95°).

Первичное сопротивление срабатывания защиты выбирается наименьшим из следующих трех условий:

*а)* по условию селективной работы с защитами фидеров поста секционирования

***Zс.з.=(0.8 -0.85)\*Z11\* l /2;*** (1.55)

где ***l=50 км -*** расстояние до смежной подстанции.

***Zс.з.=0.85\*25\*0.42=8.925 Ом.***

*б)* по условию селективности к максимальному току нагрузки фидера

***Zс.з.=  Uр.мин  ,***  (1.56)

***Кн\*Iн.max***

где ***Uр.мин -*** минимальное напряжение на шинах подстанции в рабочем режиме (***Uр.мин=25кВ)***;

***Кн=1.2 - 1.3 -*** коэффицент надежности;

***Iн.max*** - максимальный ток нагтузки фидера подстанции, кА.

***Zс.з.=25000 / (1.2\*500)=41.7 Ом.***

в) по условию селективности к максимальному току подпитки от соседней подстанции Б при к.з. на соседнем фидере

***Zс.з.= Uс.з.  ,*** (1.57)

***Кн\*Iк.max.Б***

где ***Uс.з.-***напряжение перевода защиты в режим токовой отсечки.

***Uс.з.=Uк.мин / Кн ,*** (1.58)

где ***Uк.мин*** - минимальное напряжение на шинах подстанции при к.з. на шинах поста секционирования.

Напряжение ***Uк.мин*** определяется по формуле:

***Uк.мин=Uном\*Z11\*l1 / (4\*(X′c.мин.а+Xп.т.)+Z11\*l1),*** (1.59)

где ***Uн*** - номинальное напряжение 27.5 кВ;

***l1 -*** расстояние до поста секционирования;

***X′с.мин.а -*** сопротивление питающей системы подстанции А для минимального режима работы, приведенное к напряжению 27.5 кВ, Ом;

***X′с.мин.а= Xс.мин.а\*(Uном / Uc)2*** ; (1.60)

***Xс.мин.а*** - минимальное сопротивление системы;

***Xп.т. -*** сопротивление понижающего трансформатора, приведенное к напряжению 27.5 кВ, Ом;

***Xп.т=uк.п.\*U2ном / (100\*Sп.т.) ;*** (1.61)

***Sп.т -*** номинальная мощность понижающего трансфор- матора, МВ\*А;

***Iк.max.Б -*** максимальный ток подпитки от соседней подстанции;

***Iк.max.Б=Uном / (4 X′с.макс.Б+2 Xп.т.\*Z22\*l);*** (1.62)

***X′с.макс.Б -*** сопротивление питающей системы соседней подстанции для максимального режима работы, приведенное к напряжению 27.5 кВ, Ом.

***X′с.мин.а=25\*1.2 \*(27.5/ 115\*)2=1.72 Ом ,***

***Xп.т= 17\*27.52 / (100\*40)=3.21 Ом ,***

***Uк.мин=27.5\*0.55\*25 / (4\*(1.72\*3.21)+0.55\*25=11.3 кВ,***

***Uc.з.=11.3 / 1.25 =9.04 кВ,***

***Iк.max.Б= 27.5 / (4\*0.8\*1.43+2\*3.21+0.55\*50)=0.714 кА,***

***Zс.з.=9.04 / (1.25\*0.714)=10.1 Ом.***

Окончательным сопротивлением срабатывания ***Zс.з.*** является наименьшее из трех значений. Выбираем:

***Zс.з.=8.93 Ом.***

Сопротивление, напряжение и ток срабатывания электронных защит определяем по формулам

***Zс.р.= Zс.з.\*Ктт / Кт.н.*** (1.63)

***Uс.р.= Uc.з. / Кт.н.*** (1.64)

***Iс.р.= Ic.з. / Кт.н.*** (1.65)

где ***Кт.т.***- коэффицент трансформации трансформатора тока;

***Кт.н.-*** коэффицент трансформации трансформатора напряжения.

***Zс.р.=8.93\*120 / 275 =3.9 Ом ,***

***Uс.р.=9040 / 275 =32.9 В ,***

***Iс.р.=9040 / (8.93\*120) =8.44 А.***

**1.5.6.2. Ускоренная токовая отсечка (УТО)**

Первичный ток срабатывания ускоренной токовой отсечки ***Iс.з.УТО*** выбирается наибольшим из 2-х, вычисленных по условиям:

*а)* по условию селективности работы с защитами поста секционирования:

***Ic.з.=Кн\*Iк.макс ,*** (1.66)

где ***Iк.макс -*** максимальный ток к.з., протекающий через защищаемый фидер подстанции при к.з. на шинах поста секционирования, кА:

***Iк.макс.=Uном / (2 X′с.мин.а+Xп.т.+Z21\*l1).*** (1.67)

***Iк.макс.=27.5 / (2\*1.72+3.21+0.42\*25)=1.66 кА,***

***Ic.з.=1.25\*1.66=2.075 кА.***

*б)* по условию селективности максимальному току нагрузки фидера:

***Ic.з.=Кн\*Iн.макс .*** (1.68)

***Ic.з.=1.25\*0.5=0.625 А.***

Чувствительность УТО проверяется по условию

***Кч= Iк.мин. > 2,***  (1.67)

***Iс.з.***

где ***Iк.мин.-*** минимальный ток протекающий по выключателю при к.з. вблизи установки защиты.

***Кч= 2.512 / 1.66 =1.2 < 2.***

Т.к. условие (1.67) не выполняется, то ток срабатывания защиты уменьшаем (сокращаем зону ее действия), принимая ее равным

***Iс.з.= Iк.мин. / 2 .*** (1.68)

***Iс.з.= 2.512 / 2 =1.526 А.***

**1.5.6.3. Дистанционная направленная защита с выдержкой времени (ДЗ2п)**

Является второй ступенью защиты.

Первичное сопротивление срабатывания второй ступени выбирается исходя из минимального тока к.з. на шинах смежной подстанции.

(1.60)



где ***Zк max*** ⎯ максимальное сопротивление измеряемое защитой при к.з. на шинах смежной подстанции, при этом смежный путь на участке поста секционирования ⎯ смежная подстанция считается отключенной, Ом;

***kr*** = 1.5 ⎯ коэффициент чувствительности защиты.

*а)* при узловой схеме:



*б)* при раздельном питании путей:



За расчетное значение ***Zк max*** принимается наибольшее из полученных ***Zк max*** =45.82 Ом.

Установка по углу второй ступени фидера подстанции равна 64.74°.

Тогда по (1.60):



Подставим результат расчета электронной защиты фидера тяговой подстанции.

Полученные при расчетах значения первичных сопротивлений ***Zс.з.*** напряжения ***Uс.з.*** и тока ***Iс.з.*** срабатывания защит нужно привести ко вторичным сторонам измерительных трансформаторов, т.е. определить для соответствующих величин уставки реле электронных защит.

(1.61)



где ⎯ соответственно коэффициенты трансформации ТТ и ТН;



=1000/5=200



=27500/100=275



Тогда по (1.61):



**1.5.6. Защита линии электропередачи 35 кВ районных потребителей**

Определяем первичный ток срабатывания МТЗ

при



Тогда



Определяем коэффициент чувствительности:



Тогда ток срабатывания реле:



По [11] выбираем токовое реле типа РТ40/6 с параллельными соединениями обмоток с



По [11] выбираем реле времени типа ЭВ-225 с диапазоном уставок 0.5 ÷ 3.5 с.

**1.5.7. Расчет собственных нужд подстанции**

Под собственными нуждами электроустановки понимаются все вспомогательные устройства, механизмы и аппараты, необходимые для эксплуатации в нормальном и аварийном режимах, к ним относятся: трансформаторы собственных нужд, аккумуляторная батарея, зарядно-подзарядное устройство (ЗПУ).

К схемам питания установок собственных нужд предъявляются следующие требования:

⎯ обеспечение достаточно высокой надежности питания потребителей собственных нужд;

⎯ простота выполнения и небольшая стоимость;

⎯ простота эксплуатации и малые эксплуатационные расходы;

⎯ безопасность обслуживания.

Питание потребителей собственных нужд может быть индивидуальное, групповое, смешанное. В настоящее время широко применяют смешанное питание, когда наиболее ответственные потребители подключаются непосредственно к шинам источников собственных нужд.

Расчет собственных нужд подстанции сводится к расчету мощности и выбору типа трансформатора собственных нужд. Расчетная максимальная мощность для питания приемников собственных нужд, приходящаяся на один трансформатор определяется из суммы нагрузок собственных нужд подстанции [12].

В таблице 1.13 приведены потребители и их мощности.

*Таблица1.13*

Мощность потребителей собственных нужд.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| N | Наименование потребителей | Мощность 1-го потребит. | кол-во потребит. | Полная мощн. |
| 1 | Подогрев масла выкл.: |  |  |  |
|  | ВМТ-110Б | 15.0 | 1 | 15.0 |
|  | С-35М | 3.6 | 6 | 21.6 |
|  | ВМУЭ-35Б | 1.8 | 6 | 10.8 |
|  | ВМУЭ-27.5Б | 1.8 | 5 | 9.0 |
| 2 | Подогрев приводов выкл.: |  |  |  |
|  | ВМТ-110Б,ВМУЭ-35Б,ВМУЭ-27.5Б | 0.8 | 18 | 14.4 |
| 3 | Обдув понижающего трансформатора мощностью ***Sн***=40 МВ\*А | 10.0 | 2 | 20.0 |
| 4 | Привод ПДН-1 | 1.5 | 16 | 24.0 |
| 5 | Подогрев шкафов СН | 6.0 | 2 | 12.0 |
| 6 | Подогрев приборных отсеков: |  |  |  |
|  | КРУН РУ 10 кВ | 15.0 | 1 | 15.0 |
|  | КРУН автоблокировки | 5.0 | 2 | 10.0 |
| 7 | Освещение открытой части подстанции | 5.0 | 1 | 5.0 |
| 8 | Трансформаторы автоблокировки | 100.0 | 1 | 100.0 |
| 9 | Дежурный пункт дистанции к.с. | 54.0 | 1 | 54.0 |
| 10 | Передвижная база масляного хозяйства | 20.0 | 1 | 20.0 |
| 11 | Отопление здания подстанции | 40.0 | 1 | 40.0 |
| 12 | Освещение здания подстанции | 3.0 | 1 | 3.0 |
| 13 | Калорифер помещения аккумуляторной | 8.0 | 1 | 8.0 |
| 14 | Вентиляция помещения аккумуляторной | 4.0 | 1 | 4.0 |
| 15 | Вентиляция машинного зала | 1.6 | 1 | 1.6 |
| 16 | Подзарядное устройство батареи | 10.0 | 1 | 10.0 |
| 17 | Электроподогреватель душа | 18.0 | 1 | 18.0 |
| 18 | Слесарная мастерская | 3.0 | 1 | 3.0 |
| 19 | Неучтенная нагрузка | 100.0 | 1 | 100.0 |

Таким образом, суммарная мощность потребителей СН равна ***S***=508.4 кВт.

Принятый трансформатор собственных нужд ТМ-630/35 удовлетворяет потребностям мощности нетяговых потребителей.

**1.5.8. Расчет и выбор аккумуляторной батареи**

На тяговых подстанциях обычно применяют постоянный оперативный ток, источником которого является аккумуляторные батареи типа СК, работающие в режиме постоянного подзаряда. Аккумуляторную батарею выбирают по необходимой емкости, определяемой типовым номером батареи, и по напряжению, которое должно поддерживаться на шинах постоянного оперативного тока.

К постоянной нагрузке на подстанциях относятся цепи управления, сигнализации, защиты, автоматики, телемеханики, блокировок безопасности и т.д.

Количество последовательно соединенных аккумуляторных элементов определяется необходимым напряжением на шинах. В последние годы на тяговых подстанциях применяют батареи на 220 В [12]. Нагрузки батареи приведены в таблице 1.14.

*Таблица 1.14*

Нагрузки батареи

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N | Потребители | Кол-во | Ток еди | Нагрузка батареи, А | | |
|  | постоянного тока |  | ницы, А | длит. | Кратковремен. |
| Постоянно присоединенные приемники: | | | | | |
| 1 | Лампы положения выключателей | 25 | 0.065 | 1.6 | ⎯ |
| 2 | Устройства управления и защиты | ⎯ | ⎯ | 15 | ⎯ |
| Приемники присоединенные при аварийном режиме: | | | | | |
| 1 | Устройства телеуправления, телесигнализации и связи | ⎯ | ⎯ | 1.4 | ⎯ |
| 2 | Аварийное освещение | ⎯ | ⎯ | 10 | ⎯ |
| 3 | Привод выключателя ВМТ-110Б | ⎯ | ⎯ | ⎯ | 244 |
|  | ИТОГО: |  |  | 28 | 244 |

Последовательность выбора батареи:

1. Ток длительного разряда в аварийном режиме:

(1.62)



где ⎯ сумма токов постоянной нагрузки, А;



⎯ сумма токов в аварийном режиме, А.



Тогда из таблицы 1.14 имеем:



1. Ток кратковременного разряда в аварийном режиме:

(1.63)



где ⎯ ток кратковременной нагрузки привода ВМТ-110Б:



1. Необходимую расчетную емкость батареи определим:

(1.64)



где ⎯ длительность разряда при аварии, принимаемая для тяговых подстанций равной 2 часам.



А\*ч



1. Выбираем номер батареи по требуемой емкости:

(1.65)



где ⎯ емкость аккумулятора СК-1; при длительности разряда ч. имеем



=22 А\*ч.



Тогда



принимаем ***N=*** 3

1. Выбираем номер батареи по току кратковременного разряда:

(1.66)



где 46 ⎯ кратковременно допускаемый разрядный ток аккумулятора типа СК-1, А;



Окончательно принимаем аккумуляторную батарею СК-6.

1. Определим полное число последовательно включенных элементов батареи:

(1.67)



где ⎯ напряжение на шинах включения принимаемое 258 В при первичном напряжении подстанции 110 кВ;



⎯ напряжение аккумуляторного элемента при подзарядке, равное 2.15 В.



1. Выбор зарядно-подзарядного агрегата (ЗПУ):

Напряжение заряда ЗПУ

(1.68)



где ***n*** ⎯ полное число элементов батареи.



Зарядный ток батареи:

(1.69)



где ⎯ зарядный ток для батареи СК-6, А.



Расчетная мощность ЗПУ

(1.70)



По полученным в процессе расчета напряжению, току и мощности принимаем зарядно-подзарядный агрегат типа ВАЗН-380/260-40/80. Технические данные которого удовлетворяют условиям выбора:

