**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД**

**«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

Кафедра “Електричні станціі”

**КУРСОВА РОБОТА**

Тема: “Розрахунок релейного захисту блока генератор-трансформатор”

Пояснювальна записка до курсової роботи

з дисципліни “Основи релейного захисту і автоматики”

КР 6.050701-2010-888.08.00.00.ПЗ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Виконала** |  |  |  |
| студентка гр. ЗИУ-09 |  |  | *С.В.Пасунько* |
|  | (підпис, дата) |  | (П.І.Б.) |
|  | | | |
| **Перевірив** |  |  |  |
| асистент каф. ЕС |  |  | *С.В.Деркачев* |
|  | (підпис, дата) |  | (П.І.Б.) |
|  |  |  |  |
| **Нормоконтролер** |  |  |  |
| асистент каф. ЕС |  |  | *С.В.Деркачев* |
|  | (підпис, дата) |  | (П.І.Б.) |
|  |  |  |  |

Донецьк , 2013 р.

ВСТУП

У системах електропостачання частими і неминучими є різних видів ушко­дження й аварії. Тому що ці явища в основному швидкоплинні, то надійна робота електричних систем забезпечується за рахунок застосування автоматичного керування. Значну частину цієї автоматики складають пристрої релейного захисту.

Релейний захист попереджає виникнення аварій і їхніх руйнівних наслідків, сигналізує про появу ушкоджень чи порушення нормальних режимів роботи.

Збільшення споживання електроенергії й ускладнення систем електропостачання вимагають постійного удосконалення цих пристроїв. Спостерігається тенденція створення автоматизованих систем керування на основі використання цифрових універсальних і спеціалізованих обчислювальних машин.

Через важливість правильної і швидкої роботи релейного захисту основним є вірний і оптимальний вибір параметрів спрацьовування захисту і її пвильне настроювання.

Різке зростання навантажень, велика протяженність сучасних ліній електропередач, підвищення вимог до стійкості енергосистем ускладнюють умови роботи релейного захисту і підвищують вимоги до її швидкодії, чутливості і надійності. У зв’язку з цим йде безперервний процес розвитку й удосконалювання техніки релейного захисту, спрямований на створення усе більш досконалих захистів, що відповідають вимогам сучасної енергетики.

1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА, ЩО ЗАХИЩАЄТЬСЯ

1.1 Турбогенератори

Таблиця 1.1 – Параметри турбогенераторів

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Тип | Рном,МВт | cosφ | Статор | | Ротор | | Схема |
| Uном,кВ | Iном,кА | Ifном, А | Ifx, А |
| G1 | ТВВ-160-2ЕУ3 | 160 | 0,85 | 18 | 5,67 | 2020 | 814 | Y |
| G2 | ТГВ-300-2УЗ | 300 | 0,85 | 20 | 10,2 | 3050 | 1060 | YY |

Продовження таблиці 1.1- Параметри турбогенераторів

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ОКЗ | Реактивний опір, від.од. | | | | Постійна часу, с | | |
| Xd | Xd’ | Xd” | X2 | Td0 | Td2’ | Td3’ |
| G1 | 0,615 | 1,713 | 0,304 | 0,213 | 0,25 | 5,42 | 1,55 | 0,96 |
| G2 | 0,505 | 2,195 | 0,3 | 0,195 | 0,238 | 7 | 1,55 | 0,96 |

Таблиця 1.2 - Коефіцієнти трансформації трансформаторів струму.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Генератор | Коефіцієнти трансформації трансформаторів струму | | |
| Лінійні виводи | Виводи з боку нейтралі | Поперечний дифзахист |
| G1 | 8000/5 | 8000/5 |  |
| G2 | 12000/5 | 12000/5 | 1500/5 |

На станції об’єкт захисту – блок трансформатор – турбогенератор.

а) турбогенератор типу ТВВ-160-2ЕУ3.

1. Система охолодження – безпосереднє водяне

- обмотка ротора – безпосереднє водневе

- обмотка статора - безпосереднє водою

- осердя статора - безпосереднє водневе

1. Схема з’єднання обмоток статора з трансформаторами струму.



Рисунок 1.1 - Схема з’єднання обмоток статора з трансформаторами струму

1. На турбогенераторі ТВВ-160-2ЕУ3 використовують незалежне тиристорне збудження з живленням від допоміжного трифазного генератора 50 Гц, який встановлено на валу генератора.

Принципова схема збудження зображена на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Принципова схема збудження генератора

1. Турбогенератор працює в блоці з трансформатором.
2. Встановлено генераторний вимикач.

Генераторний вимикач дозволяє встановити окремо подовжню дифзащиту генератора і трансформатора. Він може відключати як робочі струми, так і струми КЗ. Наявність генераторного вимикача в блоці знижує кількість операцій з вимикачами в РУ підвищеної напруги, збільшуючи тим самим його надійність. Пуск і остановка блоку виконуються за допомогою робочого ТСН і генераторного вимикача. Знижуються вимоги до кількості і потужності ПРТСН.

* 1. Трансформатори

Найбільш вживаними є трифазні двохобмоткові підвищуючі трансформатори потужністю 80-1250 МВА з вищою напругою 110-500 кВ.

Трансформатори потужністю 80-200 МВА з вищою напругою (ВН) 110-220 кВ мають на стороні ВН регулювання напруги (ПБВ) в межах ±5%. Усі інші двохобмоткові трансформатори для енергоблоків випускаються без відгалужень для регулювання напруги.

У трансформаторів на напругу більш 220 кВ нейтралі обмоток ВН мають бути заземлені. У трансформаторів на 110-220 кВ допускається розземлення нейтралі (з метою зниження рівня струмів К.З.), якщо випробувальна напруга її ізоляції не нижче 100 кВ.

В трансформатори енергоблоків із сторони НН встановлюють по два трансформатора струму на вводах кожної фази та нейтралі. Трансформатор на стороні ВН має регулювання напруги (ПБВ) у межах 5%. Обмотки трансформатора, що захищається, з'єднані за схемою трикутника на напрузі 20кВ і за схемою зірки на вищій напрузі 330кВ.

Таблиця 1.3 – Параметри блочних трансформаторів

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Тип | S, МВт | Uном,кВ | | Uk,% | Схема | Втрати, кВт | | Потуж-ність генератора | Вбуд.ТА |
| ВН | НН | Рх | Рк |
| Т1 | ТДЦ | 200 | 121 | 18 | 10,5 | Υ/Δ | 170 | 550 | 160 | F |
| Т4 | ТДЦ | 400 | 347 | 20 | 11,5 | Υ/Δ | 320 | 900 | 300 | K,G,H |

Таблиця 1.4 – Параметри трансформаторів власних потреб

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Тип трансформатора | Повна потужність, МВА | Напруга на високій стороні, кВ | Напруга на низькій стороні, кВ | Uk, % | Втрати, кВт | |
| Рх | Рк |
| ТВП 1 | ТДНС-16000/35 | 16 | 18 | 6,3 | 11 | 17 | 85 |
| ТВП 4 | ТРДНС-32000/35 | 32 | 20 | 6,3 | 12,7 | 29 | 145 |

Таблиця 1.5 – Параметри резервних трансформаторів

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип трансформатора | Повна потужність, МВА | Напруга на високій стороні, кВ | Напруга на низькій стороні, кВ | Uk, % | Втрати,кВт | |
| Рх | Рк |
| ТДТН-16000/20 | 16 | 18 | 6,3 | 12,7 | 17 | 85 |
| ТДТН-16000/110 | 16 | 115 | 6,6 | 10,5 | 21 | 100 |

Таблиця 1.6 – Параметри автотрансформаторів

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип автотрансформатора | Повна потужність, МВА | Uk, % | | |
| ВН-СН | ВН-НН | СН-НН |
| АТДЦН-200000/330/110 | 200 | 10,5 | 38 | 25 |



Рисунок 1.3 – Схема з’єднання обмоток блочного трансформатора

1. АНАЛІЗ ВИДІВ ПОШКОДЖЕНЬ І АНОРМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ

2.1 Аналіз видів пошкоджень турбогенераторів

**Виткові замикання.** Одним з найбільш вірогідних та небезпечних видів пошкоджень генераторів, що призводять до великих руйнувань, є виткові замикання в обмотці статора. Вони характеризуються великими струмами в місці пошкодження при незначній зміні струму в непошкодженій частині обмотки.

Замикання між витками звичайно супроводжуються замиканням на землю і в більшості випадків виникають у результаті розвитку пошкодження, що виникло при однофазному замиканні на землю.

**Замикання на землю.** К найчастішим пошкодженням обмотки статора відносяться замикання на землю.

При струмі замикання на землю менш ніж 5 А, вимкнення генераторів потужністю менш 150 МВт не обов’язикове і вони можуть залишатися у роботі. Але у зв’язку із можливістю переходу однофазного замикання у багатофазне К.З. у наслідок підвищення напруги на ізоляції непошкоджених фаз чи виткове замикання у наслідок пошкодження ізоляції сусідніх витків турбогенератори потужністю 160 МВт и вище при замиканнях на землю в колі статора повинні вимикатися автоматично.

Замикання на землю найбільш вірогідні на ділянках обмотки статора поблизу лінійних виводів. Але як показав досвід експлуатації, можливі замикання на землю і поблизу нейтралі (зокрема при знижені рівня ізоляції під дією охолоджуючий води).

**Багатофазні К.З.** Багатофазні К.З. в обмотці статора найбільш вірогідні при розвитку пошкодження, яке викликане однофазним замиканням на землю. Але можливі і міжфазні К.З. без землі, що виникають в лобових частинах обмотки. Так як великі струми пошкодження при багатофазних К.З. викликають значні руйнування генератора, ці К.З. повинні вимикатися швидкодіючим захистом.

**Пошкодження обмотки статора**. Поширеними видами пошкодження обмотки ротора і кола збудження є замикання на землю в одній та в двох точках.

Замикання на землю в одній точці не супроводжується великими струмами і не оказує впливу на роботу генератора. Але при цьому виникає небезпека пошкодження ізоляції кола збудження у другій точці. При його появі частина обмотки ротора шунтується, внаслідок чого магнітне поле машини. Це може призвести до значної вібрації і руйнуванню підшипників. Виникнення дуги при замиканні на землю в другій точці може викликати місцеві обгорання ізоляції і оплавлення міді обмотки.

* 1. Аналіз анормальних режимів роботи турбогенератора

**Несиметричний режим.** Велику небезпеку для генераторів являють несиметричні режими. В несиметричному режимі виникає перевантаження генератора струмами зворотної послідовності, завдяки яким виникає обертальне магнітне поле, яке спрямоване назустріч руху ротора. При цьому в бочці ротора виникають струми подвійної частоти, які викликають нагрів зубців та пазових клин’єв в торцевих зонах ротора.

Несиметрія струмів виникає за неповнофазних режимів у енергосистемі, а також за великих несиметричних навантажень близьких споживачів. Окрім несиметричних режимів причиною небезпечних нагрівів ротора турбогенератора струмами зворотної послідовності можуть послужити несиметричні зовнішні К.З.

**Перевантаження обмоток статора і ротора.** До анормальних режимів також відноситься також перевантаження по струму статора і струму ротора.

Симетричні перевантаження можливі за обумовлених нестатком реактивної потужності на даній ділянці енергосистеми зниженнях напруги у мережі, на яку працюють енергоблоки. Але частіш перевантаження генератора за струмом статора виникає внаслідок перевантаження по струму ротора, наприклад із-за несправності в системі збудження, яка викликає значне підвищення струму в обмотці ротора.

Перевантаження генератора по струму статора завжди супроводжується перевантаженням по струму ротора. Задля усунення перевантаження виконується автоматичне зниження струму збудження (АРЗ) і захисту ротора від перевантаження. Остання окрім дії на навантаження, у випадку якщо при цьому перевантаження не усувається, вимикає генератор.

Оскільки автоматична ліквідація перевантаження ротора усуває і перевантаження статора, за виникненням останньої достатньо лише забезпечити дію сигналізації.

**Підвищення напруги.** Небезпечним для турбогенераторів анормальним режимом є значне підвищення напруги в обмотці статора, яке можливо в умовах холостого ходу генератора, при несправностях в системі збудження чи при обриві кіл напруги АРЗ. Задля запобігання таких підвищень напруги виконується гасіння поля за допомогою спеціального захисту.

**Втрата збудження.** При втраті збудження генератор переходить до асинхронного режиму і, продовжуючи видавати активну потужність, отримує збудження від мережі. При цьому знижується до нуля тормозний синхронний момент, частота обертання генератора збільшується і виникає сковзання 0,3-0,7 %.

Сковзання ротора відносно магнітного поля що обертається, створює вихрові струми в бочці ротора, які викликають місцеві нагріви бандажних кілець, пазових клиньів та зубців ротора. Окрім цього внаслідок перерозподілу магнітних потоків у лобових частинах статора при роботі генератора без збудження виникає підвищений нагрів крайніх пакетів статора.

В умовах асинхронного режиму внаслідок споживання із мережі великої реактивної потужності значно зростає струм статора і зменшується напруга на виводах генератора. Тому активна потужність, що видається генератором в асинхронному режимі, повинна обмежуватися.

Ліквідація асинхронного ходу здійснюється протиаварійною автоматикою і в функції релейного захисту не входить.

2.3 Аналіз пошкоджень трансформаторів і автотрансформаторів

**Виткові замикання.** За виткових замикань в будь-якій обмотці трансформатора (автотрансформатора) струм у замкнених витках може в декілька разів перевищувати номінальний струм при незначній зміні струму в останній частині обмотки і в інших обмотках.

До виткових замикань відносяться також замикання між відгалуженнями регулювальної обмотки однофазних автотрансформаторів. У зв’язку із відносно великою імовірністю таких пошкоджень повинна забезпечуватися певна чутливість захисту для їх відмикання.

**Багатофазні і однофазні замикання.** Багатофазні К.З. можуть виникати в кожній із обмоток трифазного трансформатора. В групах однофазних трансформаторів чи автотрансформаторів міжфазні К.З. неможливі. Струм пошкодження залежить від місця К.З. При з’єднанні обмоток у зірку чим ближче К.З. до нейтралі, тим більше струм в закороченій частині обмоток і менше зі сторони живлення, а при з’єднанні у трикутник найменший струм буде у середині обмоток.

Однофазні К.З. можливі в обмотках, приєднаних до мережі із заземленою нейтраллю (з великим значенням струму К.З. на землю). До внутрішніх однофазних К.З. відносять також пошкодження маслонаповнених вводів на напругу 110 кВ і вище.

Найбільш вірогідні К.З. поблизу виводів (на початку обмотки). При цьому найбільший струм в місці К.З. буде у випадку пошкодження обмотки, що з’єднана із джерелом живлення. При великих значеннях струму К.З. пошкодження призводить до великих руйнувань трансформатора. У зв’язку з цим важливо забезпечити високу швидкодію захисту.

Анормальні режими роботи трансформаторів і автотрансформаторів

**Перевантаження** трансформаторів енергоблоків може виникнути тільки за умови перевантаження генераторів, і їх поява виявляється за допомогою захисту генераторів.

Перевантаження обмотки ВН автотрансформатора виникає унаслідок збільшення перетікання потужності зі сторони ВН на сторону СН і назад. Окрім того, можливі перевантаження загальної частини обмотки автотрансформатора за умов передачі номінальної потужності зі сторони ВН та НН на сторону СН.

Таблиця 2.1 - Припустима тривалість перевантаження трансформаторів (автотрансформаторів)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Перевантаження за струмом, % | 30 | 45 | 60 | 75 | 100 |
| Тривалість перевантаження, хв. | 180 | 80 | 45 | 20 | 10 |

У зв’язку із тим, що навіть за значних перевантажень не вимагають швидкого вимкнення трансформаторів, достатньо забезпечити дію сигналізації.

**Підвищення напруги.** Небезпечні підвищення напруги на трансформаторах, автотрансформаторах енергоблоків можуть виникати в тих же умовах роботи енергоблоку в режимі холостого ходу і за тих же причин, що і на генераторі. На енергоблоках із генераторами потужністю 160 МВт і більше таким підвищенням напруги запобігають за допомогою захисту генератора від підвищення напруги.

Перезбудження трансформаторів енергоблоків можливе також за зниженою частотою за умов пуску чи зупинки енергоблоку, наприклад за передчасним збудженням генератора за час розвороту турбіни, за умов частотного пуску генератора у випадку його використання у якості синхронного компенсатора, за умов відмови пристроїв гасіння поля після зачинення стопорного клапану турбіни та ін.

**Замикання на землю в колі обмотки НН.** Замикання на землю на стороні НН енергоблоків виявляються захистом від замикань на землю в обмотці статора генераторів.

**Пожежа трансформаторів (автотрансформаторів).** Трансформатори і автотрансформатори потужністю 200 МВА і більше та усі трансформатори напругою 500 кВ і вище обладнують пристроями пожежогасіння. Якщо трансформатор власних потреб встановлюється під струмопроводами генератора, то він також обладнується пристроями пожежогасіння.

За відсутністю спеціальних датчиків, що реагують на виникнення пожежі, пристрої пожежогасіння автоматично запускаються за умов дії захисту від внутрішніх пошкоджень.

3 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ ТИПІВ ЗАХИСТІВ ОБ’ЄКТІВ ЩО ЗАХИЩАЮТЬСЯ

Згідно ПУЕ (розділ 3) для блоків генератор - трансформатор повинні бути передбачені пристрої релейного захисту від наступних видів пошкоджень та ненормальних режимів роботи ([1], 3.2.72):

1) замикань на землю на стороні генераторної напруги;

2) багатофазних замикань в обмотці статора генератора і на його виводах;

3) замикань між витками однієї фази в обмотці статора турбогенератора;

4) багатофазних замикань в обмотках і на виводах трансформатора;

5) однофазних замикань на землю в обмотці трансформатора і на її виводах, приєднаних до мережі з великими струмами замикання на землю;

6) замикань між витками в обмотках трансформатора;

7) зовнішніх КЗ;

8) перевантаження генератора струмами зворотної послідовності (для блоків з генераторами потужністю понад 30 МВт);

9) симетричного перевантаження обмотки статора генератора і обмоток трансформатора;

10) перевантаження обмотки ротора генератора струмом збудження (для турбогенераторів з безпосереднім охолодженням провідників обмоток);

11) підвищення напруги на статорі генератора і трансформаторі блоку (для блоків з турбогенераторами потужністю 160 МВт і більше);

12) замикань на землю в одній точці кола збудження

13) асинхронного режиму з втратою збудження;

14) пониження рівня масла в баку трансформатора;

На блоках, як правило, має бути передбачений захист від замикань на землю в колі генераторної напруги, що охоплює всю обмотку статора. Захист повинен бути виконаний з дією на відключення з витримкою часу не більше 0,5 с на всіх блоках без відгалужень на генераторній напрузі і з відгалуженнями до трансформаторів власних потреб. При наявності вимикача в колі генератора повинна бути додатково передбачена сигналізація замикань на землю на стороні генераторної напруги трансформатора блоку ([1], 3.2.74).

Cлід передбачати окремий подовжній диференційний захист генератора. При відсутності вимикача для захисту трансформатора блоку слід встановити або окремий диференційний захист, або загальний поздовжній диференційний захист блоку (для блоків, що складаються з одного генератора і одного трансформатора, краще загальний диференцфйний захист блоку). З боку вищої напруги диференційний захист трансформатора (блоку) може бути включений на трансформатори струму, вбудовані в трансформатор блоку. При цьому для захисту ошиновки між вимикачами на стороні вищої напруги і трансформатором блоку повинен бути встановлений ​​окремий захист.

Окремий диференційний захист генераторів повинен бути виконаний трифазним трирелейним із струмом спрацьовування не більше 0,6 Iном. Для резервування зазначених диференціальних захистів на блоках з генераторами потужністю 160 МВт і більше, що мають безпосереднє охолодження провідників обмоток, слід передбачати резервний диференційний захист, що охоплює генератор і трансформатор блоку разом з ошиновкою на стороні вищої напруги. При застосуванні резервного диференційного захисту на блоках без вимикача в колі генератора рекомендується передбачати окремі основні диференціальні захисти генератора і трансформатора([1], 3.2.75).

Повинен бути передбачений струмовий захист зворотної послідовності з інтегральної залежною характеристикою, відповідною характеристиці допустимих перевантажень генератора, що захищається струмами зворотної послідовності. Захист повинен діяти на відключення вимикача генератора, а при його відсутності - на відключення блоку від мережі. Для резервування захистів суміжних з блоками елементів зазначений захист повинен мати орган з незалежною витримкою часу, діючий на відключення блоку від мережі і двоступінчастою дією.

На блоках струмовий захист зворотної послідовності слід виконувати із ступінчастою або залежною витримкою часу. При цьому різні ступені захисту можуть мати одну або більше витримок часу. Зазначена ступінчаста або залежна витримка часу повинна бути узгоджена з характеристикою допустимих перевантажень генератора струмом зворотної послідовності([1], 3.2.77).

Крім захистів, що діють на відключення, на всіх блоках повинна бути передбачена сигналізація перевантаження струмами зворотної послідовності. На блоках з турбогенераторами, що мають резервний збуджувач, зазначений захист повинен бути доповнений струмовим реле, включеним на струм з боку вищої напруги блоку([1], 3.2.41).

Замість резервного диференційного захисту допускається встановлювати двоступеневий дистанційний захист від міжфазних коротких замикань([1], 3.2.78). Перша ступінь цього захисту, що здійснює ближнє резервування, повинна виконуватися з блокуванням при качаннях і діяти з витримкою часу не більше 1 с. Перша ступінь повинна надійно охоплювати трансформатор блоку при забезпеченні селективності з захистами суміжних елементів. Резервування першою ступінню захистів генератора обов'язково, якщо на блоці застосовуються окремі диференціальні захисти трансформатора і генератора. Рекомендується установка двоступеневого дистанційного захисту за наявності резервного диференціального захисту з метою збільшення ефективності далекого резервування([1], 3.2.79).

Резервний захист блоків генератор - трансформатор повинен бути виконаний з урахуванням наступного([1], 3.2.81):

1 На стороні генераторної напруги трансформатора блоку захист не встановлюється, а використовується захист генератора.

2 При дальньому резервуванні захист повинен діяти, як правило, з двома витримками часу: з першої - на поділ схеми на стороні вищої напруги блоку (наприклад, на відключення шиноз’єднувального і секційного вимикачів), з другої - на відключення блоку від мережі.

3 При ближньому резервуванні повинні проводитися відключення блоку (генератора) від мережі, гасіння поля генератора і останов блоку, якщо це потрібно.

4 Окремі ступені або пристрої резервного захисту в залежності від їх призначення та доцільності використання при дальньому та ближньому резервуванні можуть мати одну, дві або три витримки часу.

5 Органи пуску напруги захистів рекомендується передбачати з боку генераторної напруги і з боку мережі.

6 Для основних і резервних захистів блоку, як правило, повинні бути передбачені окремі вихідні реле та живлення оперативним постійним струмом від різних автоматичних вимикачів.

Захист від перевантаження обмотки ротора струмом збудження повинен бути виконаний з інтегральною залежною витримкою часу, яка відповідає характеристиці допустимих перевантажень генератора струмом збудження. Цей захист повинен діяти на відключення. При неможливості включення захисту на струм ротора допускається застосування захисту з незалежною витримкою часу, що реагує на підвищення напруги в колі збудження.

У захисті повинна бути передбачена можливість дії з меншою витримкою часу на зниження струму збудження. При наявності пристроїв обмеження перевантаження в регуляторі збудження дію на розвантаження може здійснюватися одночасно від цих пристроїв і від захисту ротора. При роботі генераторів з резервним збуджувачем захист ротора від перевантаження повинен залишатися в роботі. При неможливості використання захисту з залежною витримкою часу допускається передбачати на резервному збуднику захист з незалежною витримкою часу([1], 3.2.83).

Для запобігання підвищення напруги в режимі холостого ходу має бути передбачений захист від підвищення напруги, яка автоматично виводиться з дії при роботі генератора на мережу. При дії захисту повинно бути забезпечено гасіння поля генератора і збуджувача([1], 3.2.84).

На блоках з турбогенераторами потужністю 160 МВт і більше, що мають безпосереднє охолодження провідників обмоток, слід передбачати пристрої захисту від асинхронного режиму з втратою збудження([1], 3.2.86).

4 РОЗРАХУНОК ЗАХИСТІВ ГЕНЕРАТОРА

4.1 Розрахунок захисту від міжфазних і виткових пошкоджень.

Розрахунок подовжнього диференційного захисту(реле ДЗТ-11/5)

Для розрахунку диф. захисту приймемо, що генератор підключений до шин нескінченної потужності. Вибір уставок захисту полягає у визначенні числа витків гальмової обмотки. Необхідне гальмування визначається за умови відбудування захисту від найбільшого струму небалансу при зовнішньому КЗ:



де:  - коефіцієнт однотипності, приймаємо =1, тому що трансформатори струму в нейтрали і на виводах різнотипні;

 - повна погрішність трансформаторів струму, приймається =0,1;

- періодична складова струму трифазного КЗ, чи щонайбільші значення струму асинхронного ходу, А.

Блок з генераторним вимикачем який може відключати лише номінальний струм, тому  визначимо при КЗ на виводах ВН трансформатора.



Рисунок 4.1 - Схема для розрахунку струму к.з. у точці К1

 Ом



При трифазному к.з. у точці К:



Гальмування повинне надійно підвищувати дія МДС, створювану струмом небалансу в робочій обмотці. Тому необхідна МДС робочої обмотки з коефіцієнтом надійності =1.6:



.

По гальмовій характеристиці в умовах мінімального гальмування для =204,2А знаходимо =210А.



Розрахункову кількість витків гальмівної обмотки розраховуємо за формулою:



Приймаємо .

Чутливість захисту висока, тому при виборі уставок звичайно не перевіряється.



4.2 Розрахунок захисту від замикання на землю в обмотці статора

Відповідно до ПУЭ на блоках з генераторами потужністю більш 30 МВт повинен передбачатися захист від замикань на землю в ланцюзі генераторної напруги, що охоплює всю обмотку статора. Захист повинний діяти на відключення з витримкою часу не більш 0,5с.

Для генераторів потужністю 160 МВт застосовується захист типу ЗЗГ-1, що складається з максимального органа напруги нульової послідовності першої гармоніки й органа третьої гармоніки. Розрахунок параметрів спрацьовування захисту полягає у визначенні уставки реле напруги нульової послідовності Uуст і коефіцієнта гальмування Кт органа третьої гармоніки.

Уставка Uуст повинна бути відбудована від напруги нульової послідовності на висновках генератора UОГ при однофазному КЗ за автотрансформатором:

,

де  - коефіцієнт надійності, =1.3;



 - напруга нульової послідовності на сторонах ВН і СН блоку при однофазному КЗ на землю:



 - відповідно ємності між обмотками ВН і НН однієї фази автотрансформатора, обмотки НН однієї фази автотрансформатора на землю й однієї фази генератора. 

 - коефіцієнт трансформації трансформатора напруги, підключеного до лінійних виводів генератора (вторинна обмотка – розімкнутий трикутник). =18000/100.





Приймаємо =11 В.

Уставка КТ органа третьої гармоніки відбудовується від максимального значення відношення напруги робочого кола до напруги гальмівного кола при відсутності замикання на землю:



Зона дії органу третьої гармоніки при металевих замиканнях визначається таким чином:

з боку нейтралі



з боку лінійних виводів



4.3 Розрахунок захисту від підвищення напруги

Такий захист виконується за допомогою реле максимальної напруги типу РСН 14-30 або РН-58/200. Напруга спрацювання реле розраховується за формулою:



де:  - коефіцієнт надійності, приймаємо рівним 1,2;

 - номінальна напруга генератора.



Приймаємо .

4.4 Розрахунок захисту від зовнішніх симетричних коротких замикань

Цей захист виконується за допомогою реле опору. Опір спрацювання захисту знаходимо з умови відбудови від режиму найбільшого реально

можливого навантаження. Опір навантаження розраховуємо за формулою:



де:  - номінальна напруга генератора;

 - номінальний струм генератора.



Опір спрацювання захисту з реле опору, що має кругову характеристику, знаходимо наступним чином:



де:  - мінімальний опір навантаження генератора;

 - коефіцієнт надійності, приймаємо рівним 1,2;

 - коефіцієнт повернення реле опору, для реле КРС-2 приймаємо рівним 1,05;

 - кут максимальної чутливості, приймаємо рівним 80°;

 - кут навантаження.

Кут навантаження розраховуємо наступним чином:



де:  - максимальне значення первинного робочого струму навантаження генератора в післяаварійному режимі, приймаємо рівним 1,5 в.о.;

 - мінімальне значення первинної лінійної напруги, приймаємо рівним 0,95 в.о.;

 - номінальне значення кута генератора.



Приймаємо 



Уставку, що відповідає великій осі еліпса, розраховуємо за формулою:







Значення опору по малій осі еліпсу повинне забезпечувати відбудову від режиму найбільшого реально можливого навантаження. З допустимим наближенням можна вважати, що ця умова виконується, якщо опір по малій осі еліпсу не більше опору спрацювання захисту. Цього досягають вибором коефіцієнта еліптичності:



Приймаємо .

Уставку реле розраховуємо за формулою:



де:  - коефіцієнт проміжного трансформатора струму, рівний 10/5 А

17,24

4.5 Розрахунок захисту від симетричного перевантаження обмотки статора

Захист від симетричного перевантаження виконується за допомогою реле струму та діє на сигнал з витримкою часу 6 – 9 секунд. Струм спрацювання захисту розраховуємо за формулою:



де:  - коефіцієнт надійності, приймаємо рівним 1,05;

 - коефіцієнт повернення реле, приймаємо рівним 0,99.



4.6 Розрахунок захисту від перевантаження обмотки ротора

На турбогенераторах потужністю 160 МВт використовують струмовий захист з інтегральною витримкою часу, яка відповідає тепловій характеристиці генератора.

Діапазон уставок сигнального органа за струмом ротора у відносних одиницях дорівнює (11,2) . Приймаємо:



Діапазон уставок пускового органа за струмом ротора у відносних одиницях дорівнює (1,051,25) . Приймаємо:



4.7 Розрахунок захисту від втрати збудження

Захист від втрати збудження, що реагує на зворотну активну потужність, можна виконати з використанням датчика втрати збудження (ДВЗ). ДВЗ являє собою направлене ємнісне струмове реле, яке вмикається на струм фази А та напругу ВС. Струм спрацювання ДВЗ знаходимо за наступним виразом:



де:  - коефіцієнт надійності, приймаємо рівним 1,1;

 - опір генератора;

 - опір трансформатора



Струм спрацювання реле розраховуємо за формулою:



ДВЗ може короткочасно спрацьовувати під час порушення динамічної стійкості, тому захист з ДВЗ виконуємо з витримкою часу 1 – 2 секунди.

4.8 Розрахунок захисту від зовнішніх несиметричних коротких замикань та несиметричних перевантажень

На турбогенераторах потужністю 160 МВт використовують струмовий захист зворотної послідовності з інтегральною витримкою часу. Уставку пускового органу знаходимо з умови:



де:  - коефіцієнт надійності, приймаємо рівним 1,1.



Струм спрацювання відсічки ІІ знаходимо за умови:



де:  - надперехідний струм зворотної послідовності;

 - коефіцієнт чутливості, приймаємо рівним 1,2.



де:  - синхронний опір генератора;

 - опір зворотної послідовності генератора.

 

Струм спрацювання відсічки І знаходимо за умови:



Струм спрацювання сигнального органу розраховуємо за формулою:



5 РОЗРАХУНОК ЗАХИСТІВ ТРАНСФОРМАТОРА

5.1 Розрахунок захисту від коротких замикань і від зовнішніх ушкоджень.

Подовжній диференційний струмовий захист

Цей захист здійснюється з застосуванням реле струму серії ДЗТ – 11, яке володіє покращеною відстройкою від бросків намагнічуваного струму, перехідних та установлених струмів небалансу.

Реле з гальмуванням типу ДЗТ – 11 мають гальмуючу обмотку, що дає можливість не відстроювати струм спрацьовування Іс.з.min від струмів небаланса, тому що неспрацьовування захисту в цих випадках забеспечується гальмуванням, і це обумовлює витку чутливість захисту. Однак, при внутрішніх пошкодженнях трансформатору, гальмування мінімально або відсутнє зовсім. Гальмуюча обмотка реле підключається до ТА, встановленому на боці НН.

Розрахунки зведемо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – До розрахунку диференційного захисту трансформатору.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Найменування величини | Формула | Числове значення | |
| 110 кВ | 18 кВ |
| Первинний та вторинний струм трансформатору |  | А | А |
| Схема з’єднання ТА | - | Δ | Y |
| Коефіцієнт трансформації | КІ |  |  |
| Вторинний струм у плечах захисту |  | А | А |

Максимальний первинний струм, минаючий через трансформатор коли з КЗ між трьома фазами на шинах 18 кВ:

 А

Визначаємо первинний розрахунковий струм небаланса Інб.расч. без складової І’’нб.расч. при зовнішньому КЗ:

,



де - складова, обумовлена похибкою ТС,



- складова, обумовлена регулюванням напруги захищаємого трансформатору,



- складова, обумовлена неточністю установки на ТС реле розрахункових чисел витків для неосновної сторони.



де =1 - коефіцієнт, враховуючий перехідний режим,



=1 – коефіцієнт однотипності ТС,



ε = 0,1 – відносне значення повної похибки ТС,

та - відносні похибки, обумовлені регулюванням напруги на сторонах захищаємого трансформатору,



та - коефіцієнти токорозподілу.



А.



Таблиця 5.2 - Визначення уставок і чутливості диференційного захисту трансформатора.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметри | Формули | Числове значення |
| 1 | 2 | 3 |
| Струм спрацьовування реле на основній стороні |  |  |
| Число витків обмотки НТТ реле для основної сторони  розрахункове  прийняте |  |  |
|  | 9 |
| Число витків обмотки НТТ для неосновної сторони  розрахункове  прийняте |  |  |
|  | 2 |
| Складова первинного струму небаланса, обумовлена округ- леням розрахункового числа витків неосновної сторони |  | А |
| Первинний розрахунковий струм небаланса з ураху-ванням складової |  | А |
| Струм спрацьовування захисту на основному боці |  | А |

Продовження таблиці 5.2 - Визначення уставок і чутливості диференційного захисту трансформатора.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| Число витків тормозної обмотки НТТ реле  розрахункове  прийняте |  |  |
|  | 2 |
| Мінімальний струм на К(2) виводах НН |  | А |
| Максимальне значення Кч |  |  |

5.2 Захист від перевантажень трансформатора.

Встановлюється на блоках з вимикачем в колі генератора. Захист призначений для резервування основних захистів трансформатора блока при вимкненому вимикачі генератора. Данний захист автоматично вводиться в дію при зникненні струму в колі генератора. Для цього використовують трьохфазні струмові реле, що встановлюють для захисту від підвищення напруги, і розмикаючий контакт розмножуючього проміжного реле.

Захист виконується на 2 реле типу РТ-40 і реле часу і вмикають у вторинне коло трансформатора струму, вбудованого в силовий трансформатор. Вторинні обмотки трансформаторів струму з’єднують в трикутник для запобігання зайвих спрацьовувань захисту від струмів нульової послідовності при зовнішніх к.з. на землю.

Струм спрацьовування захисту вибирається за умови відбудови від номінального струму захищає мого трансформатора:



де kН – коефіцієнт надійності, що дорівнює 1,2;

- коефіцієнт повернення, що для РТ-40 дорівнює 0,8.





де kСХ – коефіцієнт схеми, що дорівнює ;

KI – коефіцієнт трансформації трансформатора струму, що дорівнює 1000/5.

Витримка часу захисту повинна бути на ступінь селективності вище уставки часу резервного захисту на стороні ВН робочого трансформатора власних потреб.

5.3 Газовий захист

Згідно з ПУЕ [3.2.53] газовий захист від пошкоджень усередені кожуха, супроводжующийся виділенням газу і від зниженні рівня масла, повинен бути передбачений для трансформаторів потужністю 6,3 МВА і більш.

Цей захист здійснюється за допомогою газових реле типа BF – 80/Q та RS – 1000.

Пошкодження усередені трансформатора, які виникають усередені його кожуха, супроводжуються електричною дугою чи нагрівом деталей, що приводить розкладання масла та ізоляційних матеріалів і утворенню летучих газів. Тому що вони легше масла, вони підіймаються в розширювач, який являється самою високою частиною трансформатора і має сполучення з атмосферою.

Газове реле встановлюється в трубі, з’єднуючий кожух трансформатору з розширювачем так, щоб через нього проходив газ і потік масла направляється в розширювач.

По принципу дії газовий захист може працювати не тільки при пошкодженнях і опасних ненормальних режимах, але і при появі в кожуці трансформатора повітря, при поштовхах масла і механічних струсах, маючих місце при вібрації корпуса трансформатора.

Основними достоїнствами газового захисту являються простота устрію, висока чутливість, малий час дії при значних пошкодженнях, дія на сигнал при малих пошкодженнях і на відключення при значних.

Газовий захист являється найбільш чутливим при пошкодженнях обмоток трансформатору та особливо при віткових замиканнях, на які диференційний захист реагує тільки при замиканнях великого числа витків.

Ставимо газове реле типу РЧГЗ з уставкою елементу що вимикае 0,9 м/с.

5.4 Диференційний захист блоку

Захист встановлюється в якості додаткового резервного швидкодіючього захисту до подовжніх диференційних захистів на блоках з генераторами, маючими безпосереднє охолодження провідників обмотки. Він захищає від між фазних коротких замикань в обмотці статора генератора і на його виводах, і від усіх видів пошкоджень в обмотках трансформатора блока і на його виводах.

Резервний диференційний захист діє так само, як і основні захисти блоку, але через іншу групу вихідних реле. На його виході передбачають витримку часу десь 0,3 с для відбудови за часом від диференційного захисту генератора.

Захист приєднується до трансформаторів струму, встановлених на стороні висщої напруги блоку і до трансформаторів струму зі сторони нулевих виводів генератора.

Подовжній диференційний захист блоку на реле типу РНТ-565 зводиться до визначення струму спрацьовування захисту.

Первинний струм спрацьовування захисту вибирається більшим з двох умов

* за умовою відбудови від максимального струму небаланса без урахування складової :



* за умовою відбудови від струму вмикання:

,

де: - коефіцієнт надійності, приймаємо рівним 1,3;

 - номінальний струм вмикання на стороні ВН трансформатора;

 - струм небалансу без врахування складової .

Номінальний струм вмикання на стороні ВН трансформатора розраховуємо за формулою:



де - номінальний струм генератора;

 - номінальна напруга трансформатора на стороні НН;

 - номінальна напруга трансформатора на стороні ВН.



Струм спрацьовування реле на стороні НН розраховуємо по формулі:



де - струм спрацьовування захисту;

kСХ – коефіцієнт схеми, що дорівнює ;

KТТ – коефіцієнт трансформації трансформатора струму зі сторони мулевих виводів генератора і дорівнює 8000/5;

 - номінальна напруга трансформатора на стороні НН;

 - номінальна напруга трансформатора на стороні ВН.





Розрахункова кількість витків обмотки реле на стороні НН трансформатора розраховуємо за формулою:

;

де - МДС спрацьовування реле, приймаємо рівною 100;

- струм спрацьовування реле.



Кількість витків обмотки реле на стороні НН визначаємо за умови:



Приймаємо 

Кількість витків обмотки реле на стороні ВН трансформатора розраховуємо за формулою:



де  і  - вторинний струм в плечах захисту висщої і нижчої обмоток відповідно.



Кількість витків обмотки реле на стороні ВН визначаємо за умови:



Приймаємо 

Вторинний струм в плечах захисту розраховуємо за формулою:





Складову струму небаланса, зумовлена спрощеним розрахунком кількості витків на стороні ВН розраховуємо за формулою:



де - максимальне значення струму короткого замикання на шинах ВН.



Струм небалансу диференційного захисту блоку  складається з трьох складових і розраховується за формулою:



де  - складова, обумовлена похибкою ТС,

 - складова, обумовлена регулюванням напруги захищаємого трансформатору,

 - складова струму небаланса, обумовлена неточністю установки на ТС реле розрахункових чисел витків для неосновної обмотки.



де =1 - коефіцієнт, враховуючий перехідний режим,

=0,5 – коефіцієнт однотипності ТС,

ε = 0,1 – відносне значення повної похибки ТС,

 та  - відносні похибки, обумовлені регулюванням напруги на сторонах захищаємого трансформатору,

 та  - коефіцієнти токорозподілу.



А.

Струм спрацювання захисту на основній стороні розраховуємо за формулою:



де - коефіцієнт трансформації трансформатора струму на стороні ВН, який дорівнює 1000/5.



6 ОПИС РОБОТИ І ВЗАЄМОДІЇ ЗАХИСТІВ ПРИ ГОЛОВНИХ ВИДАХ ПОШКОДЖЕНЬ

Після розрахунку обраних видів релейного захисту блоку генератор-трансформатор можна зробити висновки про взаємодію основні види захистів і резервних при ушкодженнях.

Для захисту статора генератора встановлені такі основні захисти, як подовжній диференційний захист і захист від замикання на землю ЗЗГ-1.

У випадку виникнення багатофазних КЗ на виводах у дію вступає подовжній диференційний захист генератора, що здійснює порівняння струмів з боку фазних і нульових виводів обмотки статора в кожній фазі**.**

У випадку замикань на землю в обмотці статора в дію вступає захист ЗЗГ-1, заснований на принципі використання напруги нульової послідовності першої гармоніки і напруги третьої гармоніки.

Для захисту трансформатора блоку встановлені такі основні захисти, як подовжній диференційний захист і газовий захист. Диференційний захист трансформатора охоплює також частину ошинування високої напруги.

У випадку виникнення виткових замикань, пожежі в обмотках і сталі магнітопроводу працює газовий захист, що реагує на швидкість проходження великого обсягу газу в маслорозширювач.

Також на блоці турбогенератор – трансформатор використовується загальний диференційний захист блоку.

Резервні види захисту: дистанційний захист генератора (від зовнішніх симетричних КЗ), струмовий захист зворотної послідовності генератора від несиметричних КЗ, струмовий захист нульової послідовності і інш. Резервні захисти працюють при непридатності чи відмовленні основних захистів.

Структурна схема релейного захисту блоку генератор (ТВВ-160-2ЕУ3) -трансформатор (ТДЦ-200000/110) представлена на кресленні.

Блок приєднується через один вимикач за схемою дві робочі системи шин з обходною на ВРП-110 кВ. Диференційний захист трансформатора блоку типу ТДЦ-200000/110, виконана на реле ДЗТ-11.

Загальний захист блоку виконується диференційним на реле *РНТ-565*.

Замикання в колі збудження генератору сигналізується захистом типу *КРС-2*. Захист від замикань на землю обмотки статора виконаний за допомогою пристрію типу *ЗЗГ-1*, включеного на ТН.

Резервний захист від однофазних КЗ з боку ВН трансформатора блоку виконаний з використанням двох токових реле і додаткового реле часу в колі прискорення для використання в циклі ОАПВ лінії.

На кресленні показані основні захисти генератора поздовжний диференційний захист генератора, а також резервні струмовий захист зворотної послідовності , дистанційний захист .

Струмовий захист зворотної послідовності і дистанційний захист виконані зі східчастою дією.

На блоці також установлений захист від підвищення напруги, що діє разом із захистом від перевантаження обмотки ротора.

Замикання на землю в колі збудження сигналізуються захистом типу КРС-2.