4 Вибір апаратури і струмоведучих частин

4.1 Вибір вимикачів і роз'єднувачів

При установці вимикачів на РП прагнуть до їхньої ідентичності, вимикачі можуть відрізнятися тільки номінальними струмами в тому випадку, якщо приєднання РП мають різко різні робочі струми.

При виборі вимикача за тривало припустимому струмі необхідно враховувати можливість його підвищення в різних аварійних режимах. Так, наприклад, для лінії передана потужність може зростати від *Рек*, до *Ргранич.,* у ланцюзі генератора струм тривало не може підвищуватися більш ніж на 5%, трансформатори мають перевантажувальну здатність 40%. Тобто можливість проходження підвищеного струму повинне бути заплановано.

Вибір вимикачів і роз'єднувачів зведений у таблиці 4.1 - 4.28. При виборі вимикачів і роз'єднувачів використовувалися дані струмів КЗ (додаток Б).

**Вибір вимикачів і роз’єднувачів на *ВРП-1* 110 кВ:**

Розрахунковий струм через вимикач і роз'єднувачі:

Струм від генератора:

А;

Струм ЛЕП:

А;

Струм перетоку:

А;

А;

Струм РТСН-1:

А.

З цих чотирьох вище наведених розрахунків приймаємо найбільше значення:

*Iрасч. =* 577,35 А.

Приймаємо елегазовий вимикач ВВБК-110Б-50/3150У1 та роз’єднувач РНД-110/3200У1.

Зробимо перевірку вимикачів на ВРП-1 по здатності, що відключає. Насамперед , ведеться перевірка на симетричний струм відключення за умовою





Потім перевіряється можливість відключення аперіодичної складового струму КЗ



де *β*н = 0.4 – номінальне значення відносного змісту аперіодичної складової в струму, що відключає;

;

кА

На електродинамічну стійкість вимикач перевіряється по граничному наскрізному струму КЗ для точки К

*Iп*0 *≤ Iпр.с*,

кА;

*iу ≤ iпр.с*

*iу=111,87 кА < iпр.с=128 кА*

де *Iпр.с* – початкове діюче значення граничного наскрізного струму КЗ (за каталогом);

*iпр.с* – амплітудне (найбільший пік) значення граничного наскрізного струму КЗ (за каталогом).

Отже, обраний вимикач динамічно стійкий.

На термічну стійкість вимикач перевіряється за тепловим імпульсом

 (3.1)

де  – тепловий імпульс, обумовлений з розрахунку;

*tоткл* - час відключення вимикача, що складається з повного часу відключення вимикача з урахуванням гасіння дуги (*tп.в*) і максимального часу дії релейного захисту (*tр.з.max*)

с

де *IT* – граничний струм термічної стійкості за каталогом;

*tТ* – час протікання струму термічної стійкості.

кАс;

 кАс

.

Термічна стійкість роз’єднувача:

 кАс



Динамічна стійкість роз’єднувача:

*iу ≤ iпр.с*

*iу =* *11,87*кА*<iпр.с = 125 кА*

Таблиця 4.1 – Вибір вимикачів на *ВРП-1* 110 кВ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметри | *Умови вибВРП* | Розрахункові параметри | Каталожні дані вимикача |
| Номінальна напруга | *Uраб ≤ Uном* | 110кВ | 110кВ |
| Тривалий струм | *Iном.расч. ≤ Iном* | 577,35 кА | 3150 |
| Струм відключення | *Iкз ≤ Iном.откл.* | 42,185 кА | 50кА |
| Вміст аперіодичної складової |  | 13,459 кА | кА |
| Пік струму відключення |  | *111,87* кА | 128кА |
| Діюче значення струму відлючення |  | 45,185 кА | 50кА |
| Граничний наскрізний струм |  | 111,87кА | 128кА |
| Динамічна стійкість |  | 42,185 кА кА | 50кА |
| Термічна стійкість |  | 355,915 кА2с | 7500 кА2с |

Таблиця 4.2 – Вибір роз’єднувачів на *ВРП-1* 110 кВ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметри | Умови вибВРП | Розрахункові параметри | Каталожні дані роз’єднувача |
| Номінальна напруга | *Uраб ≤ Uном* | 110кВ | 110кВ |
| Тривалий струм | *Iном.расч. ≤ Iном* | 577,35 А | 3200А |
| Граничний наскрізний струм |  | 111,87 кА | 125кА |
| Термічна стійкість |  | 355,915 кА2с | 7500 кА2с |

Розрахунок струму в гілці з ВЕС не приводиться, тому що потужність ВЕС менше, ніж потужність генераторів.

 **Вибір вимикачів і роз’єднувачів на *ВРП-2* 220 кВ:**

Розрахунковий струм через вимикач і роз'єднувачі:

Струм від генератора:

А;

Струм ЛЕП:

А;

Струм перетоку:

А;

З цих трьох вище наведених розрахунків приймаємо найбільше значення:

*Iрасч =* 313,225 А.

Приймаємо вимикач ВЭК-220-40/2000 У1 та роз’єднувач РНД-220-1000 У1.

Зробимо перевірку вимикачів на ВРП-2 по здатності, що відключає. Симетричний струм відключення:





Можливість відключення аперіодичної складового струму КЗ:



де *β*н = 0.4;

 ;

кА

Електродинамічна стійкість вимикача перевіряється по граничному наскрізному струму КЗ для точки К2:

*Iп*0 *≤ Iпр.с*,

*37,993 кА < 40кА*

*iу ≤ iпр.с*

*iу=97,720 кА < iпр.с=102 кА*

Отже, обраний вимикач динамічно стійкий.

Термічна стійкість вимикача:



де ;

 с.

 кАс;

;

 кАс.

Термічна стійкість роз’єднувача:

;

 кАс.

Динамічна стійкість роз’єднувача:

iу = 97,720кА ≤ iпр.с = 100 кА

Таблиця 4.3 – Вибір вимикачів на ВРП-2 220 кВ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметри | Умови вибВРП | Розрахункові параметри | Каталожні дані вимикача |
| Номінальна напруга | *Uраб ≤ Uном* | 220 кВ | 220 кВ |
| Тривалий струм | *Iном.расч. ≤ Iном* | 331,225 А | 2000 А |
| Струм відключення | *Iкз ≤ Iном.откл.* | 37,993 кА | 40 кА |
| Вміст аперіодичної складової |  | 10,902 кА | 22,627кА |
| Діюче значення струму відключення |  | 37,993кА  | 40 кА |
| Граничний наскрізний струм |  | 97,720 кА  | 102 кА |
| Динамічна стійкість |  | 37,993кА | 40 кА |
| Термічна стійкість |  | 288,694 кА2с | 4800 кА2с |

Таблиця 4.4 – Вибір роз’єднувачів на ВРП-2 220 кВ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметри | Умови вибВРП | Розрахункові параметри | Каталожні дані вимикача |
| Номінальна напруга | *Uраб ≤ Uном* | 220 кВ | 220 кВ |
| Тривалий струм | *Iном.расч. ≤ Iном* | 331,225 А | 1000 А |
| Граничний наскрізний струм |  | 97,720 кА  | 100 кА |
| Термічна стійкість |  | 288,694 кА2с | 4800 кА2с |

**Вибір шкафів КРУ на НН ПРТВП, ТВП напруга 6 кВ :**

Розрахунковий струм через вимикач і роз'єднувачі:

;

Приймаємо шкаф КРУ типу КЭЭ - 6 (*Uном* = 6 кВ, *Iном* = 3200 А). КРУ виконується у викотному виконанні з вакуумними вимикачами ( ВЭЭ – 6 ).

Зробимо перевірку по відключаючій здатності. Насамперед, ведеться перевірка на симетричний струм відключення за умовою:





На термічну стійкість вимикач перевіряється за тепловим імпульсом



де  – тепловий імпульс, обумовлений з розрахунку;

*tоткл вк=0,06*  - час відключення вимикача, що складається з повного часу відключення вимикача з урахуванням гасіння дуги;

*tр.з.max* =0,1 - максимальний час дії релейного захисту;

*IT* – граничний струм термічної стійкості за каталогом;

*tТ* – час протікання струму термічної стійкості.

;

;

.

На електродинамічну стійкість вимикач перевіряється по струму К8 для точки К4:



*iпр.с=128 кА*

*iу ≤ iпр.с*

*iу=32,122 кА < iпр.с=128 кА*

де *iпр.с* – амплітудне (найбільший пік) значення граничного наскрізного струму КЗ (за каталогом).

*iу –* ударний струм КЗ.

Отже, обраний вимикач динамічно стійкий.

Таблиця 4.5 – Вибір шкафу КРУна ТВП, сторона 6 кВ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметри | Умови вибору ВРП | Розрахункові параметри | Каталожні дані вимикача |
| Номінальна напруга | *Uраб ≤ Uном* | 6 кВ | 6 кВ |
| Тривалий струм | *Iном.расч. ≤ Iном* | 3200 А | 3200 А |
| Струм відключення | *Iкз ≤ Iном.откл.* | 11,529 кА | 40 кА |
| Діюче значення струму включення |  | 11,529 кА | 40 кА |
| Динамічна стійкість | *iу ≤ iпр.с* | 32,122 кА | 128 кА |
| Термічна стійкість |  | 65,13 кА2с | 4800 кА2с |

**Вибір шкафів КРУ на НН ТВП напруга 6 кВ :**

Розрахунковий струм через вимикач і роз'єднувачі:

;

Приймаємо шкаф КРУ типу КЭЭ - 6 (*Uном* = 6 кВ, *Iном* = 1600 А). КРУ виконується у викотному виконанні з вакуумними вимикачами ( ВЭЭ – 6 ).

Зробимо перевірку по відключаючій здатності. Насамперед, ведеться перевірка на симетричний струм відключення за умовою:





На термічну стійкість вимикач перевіряється за тепловим імпульсом



де  – тепловий імпульс, обумовлений з розрахунку;

*tоткл вк=0,06*  - час відключення вимикача, що складається з повного часу відключення вимикача з урахуванням гасіння дуги;

*tр.з.max* =0,1 - максимальний час дії релейного захисту;

*IT* – граничний струм термічної стійкості за каталогом;

*tТ* – час протікання струму термічної стійкості.

;

;

.

На електродинамічну стійкість вимикач перевіряється по струму К8 для точки К4:



*iпр.с=128 кА*

*iу ≤ iпр.с*

*iу=32,122 кА < iпр.с=128 кА*

де *iпр.с* – амплітудне (найбільший пік) значення граничного наскрізного струму КЗ (за каталогом).

*iу –* ударний струм КЗ.

Отже, обраний вимикач динамічно стійкий.

Таблиця 4.6 – Вибір шкафу КРУна ТВП, сторона 6 кВ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметри | Умови вибору ВРП | Розрахункові параметри | Каталожні дані вимикача |
| Номінальна напруга | *Uраб ≤ Uном* | 6 кВ | 6 кВ |
| Тривалий струм | *Iном.расч. ≤ Iном* | 1283 А | 1600 А |
| Струм відключення | *Iкз ≤ Iном.откл.* | 11,529 кА | 40 кА |
| Діюче значення струму включення |  | 11,529 кА | 40 кА |
| Динамічна стійкість | *iу ≤ iпр.с* | 32,122 кА | 128 кА |
| Термічна стійкість |  | 65,13 кА2с | 4800 кА2с |

**Вибір генераторного вимикача (15,75 кВ):**

Розрахунок ведемо відносно струму к.з. в точці К6: *ІК3 = 122,436 кА*.

Складові струму к.з.:

Струм від генератора: *ІкзG3* = *47,485 кА*

Струми від зовнішніх приєднань (якщо к.з.виникло за вимикачем):

*Ікз.зовн*. = *74,951 кА*

Для розрахунку беремо струм к.з. від зовнішніх приєднань.

Розрахунковий струм скрізь вимикач:

;

Вибираємо повітряний вимикач ВВГ-20-160/12500У3 та роз’єднувач РВП-20/12500 У3.

Зробимо перевірку вимикача по відключаючій здатності. Насамперед, ведеться перевірка на симетричний струм відключення за умовою:





;



де *β*н = 0,2 – номінальне значення відносного змісту аперіодичної складової в відключаємому струмі.

На термічну стійкість вимикач перевіряється за тепловим імпульсом



де  – тепловий імпульс, обумовлений з розрахунку;

*tоткл вк=0,12*  - час відключення вимикача, що складається з повного часу відключення вимикача з урахуванням гасіння дуги;

*tр.з.max* =0,1 - максимальний час дії релейного захисту;

*IT* – граничний струм термічної стійкості за каталогом;

*tТ* – час протікання струму термічної стійкості.

;

;

.

На електродинамічну стійкість вимикач перевіряється по струму КЗ для точки К6:



*iпр.с=385 кА*

*iу ≤ iпр.с*

*iу=210,07 кА < iпр.с=385 кА*

де *iпр.с* – амплітудне (найбільший пік) значення граничного наскрізного струму КЗ (за каталогом).

*iу –* ударний струм КЗ.

Отже, обраний вимикач динамічно стійкий.

Термічна стійкість роз’єднувача:

;



Динамічна стійкість роз’єднувача:

*iу ≤ iпр.с*

*iу =* *210,07* *кА≤ iпр.с = 490 кА.*

Таблиця 4.7 – Вибір вимикача на генератор ТГВ-200-2У3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметри | Умови вибору ВРП | Розрахункові параметри | Каталожні дані вимикача |
| Номінальна напруга | *Uраб ≤ Uном* | 15,75 кВ | 20 кВ |
| Тривалий струм | *Iном.расч. ≤ Iном* | 8625,43 А | 12500 А |
| Струм відключення | *Iкз ≤ Iном.откл.* | 74,951 кА | 160 кА |
| Діюче значення струму включення |  | 74,951 кА | 150 кА |
| Динамічна стійкість | *iу ≤ iпр.с* | 210,07 кА | 385 кА |
| Термічна стійкість |  | 4303,12 кА2с | 102400 кА2с |

Таблиця 4.8 – Вибір роз’єднувача на генератор ТГВ-200

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметри | Умови вибору ВРП | Розрахункові параметри | Каталожні дані роз’єднувача |
| Номінальна напруга | *Uраб ≤ Uном* | 15,75 кВ | 20 кВ |
| Тривалий струм | *Iном.расч. ≤ Iном* | 8625,43 А | 12500 А |
| Динамічна стійкість | *iу ≤ iпр.с* | 210,07 кА | 490 кА |
| Термічна стійкість |  | 4303,12 кА2с | 129600 кА2с |

**Вибір вимикача на НН автотрансформатора:**

Розрахунок ведемо відносно струму к.з. в точці К5: *ІК3 = 43,612 кА*.

Розрахунковий струм скрізь вимикач:

;

Вибираємо повітряний вимикач ВВОА-15-140/12500У3.

Зробимо перевірку вимикача по відключаючій здатності. Насамперед, ведеться перевірка на симетричний струм відключення за умовою:





;



де *β*н = 0,25 – номінальне значення відносного змісту аперіодичної складової в відключаємому струмі.

На термічну стійкість вимикач перевіряється за тепловим імпульсом



де  – тепловий імпульс, обумовлений з розрахунку;

*tоткл вк=0,12*  - час відключення вимикача, що складається з повного часу відключення вимикача з урахуванням гасіння дуги;

*tр.з.max* =0,1 - максимальний час дії релейного захисту;

*IT* – граничний струм термічної стійкості за каталогом;

*tТ* – час протікання струму термічної стійкості.

;

;

.

На електродинамічну стійкість вимикач перевіряється по струму КЗ для точки К5:

*iпр.с=355 кА*

*iу ≤ iпр.с*

*iу=100,064 кА < iпр.с=355 кА*

де *iпр.с* – амплітудне (найбільший пік) значення граничного наскрізного струму КЗ (за каталогом).

*iу –* ударний струм КЗ.

Отже, обраний вимикач динамічно стійкий.

Таблиця 4.9 – Вибір вимикачів на НН автотрансформатора

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметри | Умови вибору ВРП | Розрахункові параметри | Каталожні дані вимикача |
| Номінальна напруга | *Uраб ≤ Uном* | 10,5 кВ | 17,5 кВ |
| Тривалий струм | *Iном.расч. ≤ Iном* | 6873,22 А | 12500 А |
| Струм відключення | *Iкз ≤ Iном.откл.* | 43,612 кА | 140 кА |
| Діюче значення струму включення |  | 43,612 кА | 140 кА |
| Динамічна стійкість | *iу ≤ iпр.с* | 100,064 кА | 355 кА |
| Термічна стійкість |  | 1027,084 кА2с | 58800 кА2с |

**Вибір генераторного автоматичного вимикача (0,66 кВ):**

Розрахунок ведемо відносно струму: *ІК3* = 57,089 кА.

Розрахунковий струм скрізь вимикач:

;

Вибираємо автоматичний вимикач ЭО40С.

Зробимо перевірку автоматичного вимикача по відключаючій здатності. Насамперед, ведеться перевірка на симетричний струм відключення за умовою:





На термічну стійкість вимикач перевіряється за тепловим імпульсом



де  – тепловий імпульс, обумовлений з розрахунку;

*tоткл вк=0,015*  - час відключення вимикача, що складається з повного часу відключення вимикача з урахуванням гасіння дуги;

*tр.з.max* =0,1 - максимальний час дії релейного захисту ;

*IT* – граничний струм термічної стійкості за каталогом;

*tТ* – час протікання струму термічної стійкості.

;

;

.

На електродинамічну стійкість вимикач перевіряється по струму КЗ



*iпр.с=143 кА*

*iу ≤ iпр.с*

*iу=153,789 кА < iпр.с=160 кА*

де *iпр.с* – амплітудне (найбільший пік) значення граничного наскрізного струму КЗ (за каталогом).

*iу –* ударний струм КЗ.

Отже, обраний вимикач динамічно стійкий

Таблиця 4.10 – Вибір генераторного автомата на G1- G20 (0,69 кВ):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметри | Умови вибору ВРП | Розрахункові параметри | Каталожні дані вимикача |
| Номінальна напруга | *Uраб ≤ Uном* | 0,66 кВ | 0,66 кВ |
| Тривалий струм | *Iном.расч. ≤ Iном* | 6123 А | 6300 А |
| Струм відключення | *Iкз ≤ Iном.откл.* | 57,089 кА | 85 кА |
| Динамічна стійкість | *iу ≤ iпр.с* | 153,789 кА | 160 кА |
| Термічна стійкість |  | 700,69 кА2с | 28900 кА2с |

**Вибір вимикача (10 кВ):**

Розрахунок ведемо відносно струму к.з.: *ІК3 = 23,145 кА*.

Розрахунковий струм скрізь вимикач:

;

Вибираємо вакуумний вимикач ВВЭ-10-31,5/2000У3.

Зробимо перевірку вимикача по відключаючій здатності. Насамперед, ведеться перевірка на симетричний струм відключення за умовою:





На термічну стійкість вимикач перевіряється за тепловим імпульсом



де  – тепловий імпульс, обумовлений з розрахунку;

*tоткл вк=0,055*  - час відключення вимикача, що складається з повного часу відключення вимикача з урахуванням гасіння дуги;

*tр.з.max* =0,1 - максимальний час дії релейного захисту;

*IT* – граничний струм термічної стійкості за каталогом;

*tТ* – час протікання струму термічної стійкості.

;

;

.

На електродинамічну стійкість вимикач перевіряється по струму КЗ для точки К10:



*iпр.с=80 кА*

*iу ≤ iпр.с*

*iу=62,349 кА < iпр.с=80 кА*

де *iпр.с* – амплітудне (найбільший пік) значення граничного наскрізного струму КЗ (за каталогом).

*iу –* ударний струм КЗ.

Отже, обраний вимикач динамічно стійкий.

Таблиця 4.11 – Вибір вимикачів на ВЕС (10кВ)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметри | Умови вибору ВРП | Розрахункові параметри | Каталожні дані вимикача |
| Номінальна напруга | *Uраб ≤ Uном* | 10 кВ | 10 кВ |
| Тривалий струм | *Iном.расч. ≤ Iном* | 1760 А | 2000 А |
| Струм відключення | *Iкз ≤ Iном.откл.* | 12,14 кА | 31,5 кА |
| Діюче значення струму включення |  | 23,145 кА | 31,5 кА |
| Динамічна стійкість | *iу ≤ iпр.с* | 62,349 кА | 80 кА |
| Термічна стійкість |  | 136,601 кА2с | 2976,75 кА2с |