

ПРОГРАМНИЙ РОЗРАХУНОК ДИФЕРЕНЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ГІДРОГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВІ ПРИСТРОЮ ALSTOM З ПОБУДОВОЮ ГАЛЬМІВНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Хлистов В.М., ст. викл., Щуренко М.М., студент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. Основним силовим елементом гідроелектростанції є гідрогенератор, від надійної роботи якого залежить доцільність роботи електростанції в цілому. Для запобігання розвитку аварії та забезпечення стійкої роботи на генераторі встановлюються певні захисти. Основним електричним захистом генератора є поздовжній диференційний захист, що реагує на міжфазні к.з. в обмотці статора генератора та на його виводах. Даний захист також може реагувати і на подвійні замикання на землю, якщо одна з точок замикання знаходиться в зоні його дії. Для надійної роботи захисту важливим є його правильне налаштування. Розрахунок ряду варіантів гальмівної характеристики і їх дослідження в нормальному та аварійному режимах роботи генератора дозволяє правильно вибрати оптимальні параметри диференційного захисту генератора.

Мета роботи. Розробити алгоритм програмного розрахунку параметрів диференційного захисту гідрогенератора з автоматичною побудовою гальмівної характеристики.

Матеріали дослідження. В даній роботі наведено результати програмного розрахунку уставок диференційного захисту генератора на основі реле типу MX3DPG3A виробництва фірми ALSTOM, яке встановлено на гідрогенераторах СГК-538/160-70М Київської ГЕС. Номінальна потужність генератора $P_{Г}=22$ МВт, напруга статора $U_{Г} = 6,3$ кВ. Підсумком розрахунку є автоматично побудована гальмівна характеристика (ГХ) захисту – відсоткова залежність диференційного струму спрацювання від гальмівного струму (наскрізного струму к.з.).

1. Послідовність розрахунку диференційного захисту гідрогенератора.

1.1 Введення вихідних даних:

- Повна потужність генератора [МВА];
- Номінальна напруга статора генератора [кВ];
- Струм трифазного КЗ в характерних точках ланцюга генератора [А];
- Опори генератора та системи [в.о.];
- Коефіцієнт трансформації трансформаторів струму [в.о.].

1.2. Розрахунок.

1.2.1. Вибір струму спрацювання дифзахисту з низькою уставкою.

Струм спрацювання захисту при відсутності гальмування визначається за умовою відлаштування від розрахункового струму небалансу в режимі зовнішнього к.з. на початку гальмування $I_{нб\ глм\ поч.}$ [1, 2]:

$$I_{сз\ мін} \geq K_{н} \times I_{нб\ глм\ поч.},$$

де $K_{н} = 1,5$ - коефіцієнт відлаштування дифзахисту;

$$I_{\text{нб глм поч}} = K_{\text{пер}} \times K_{\text{одн}} \times \varepsilon \times I_{\text{н}},$$

де $K_{\text{пер}} = 1$ - коефіцієнт наявності аперіодичної складової в струмі к.з.;
 $K_{\text{одн}} = 1$ - коефіцієнт однотипності трансформаторів струму; $\varepsilon = 5\%$ – відносна похибка трансформаторів струму на початку гальмування;
 $I_{\text{н}} = S_{\text{н}}/\sqrt{3} \times U_{\text{н}} = 22580/\sqrt{3} \times 6300 = 2070$ А - номінальний струм генератора.

$$I_{\text{сз мін}} = 1.5 \times 1 \times 1 \times 0.05 \times 2070 = 160 \text{ А.}$$

Вторинний струм $I_{2\text{сз мін}} = 160/800 = 0,2$ А, що відповідає $0,04 I_{\text{реле ном}}$.

Відлаштування від к.з. за випрямним трансформатором.

Максимальний розрахунковий струм при к.з. на стороні 0,68 кВ випрямного трансформатора $I_{\text{к}}^{(3)} = 1730$ А. Струм спрацювання захисту з урахуванням коефіцієнта відлаштування (1,3) складе:

$$I_{\text{сз мін}} = 1.3 \times 1730 = 2250 \text{ А.}$$

Вторинний струм $I_{2\text{сз мін}} = 2250/800 = 2,8$ А, що складає $0,56 I_{\text{реле ном}}$.

Остаточно приймаємо $I_{\text{д}} = 0,56 \times I_{\text{реле ном}} = 0,56 \times 5 = 2,8$ А.

1.2.2. Вибір кута нахилу першого сегменту Р1.

Струм спрацювання захисту при максимальному гальмуванні та роботі захисту в межах першого сегменту обирається за умовами відлаштування від розрахункового максимального первинного струму небалансу при зовнішньому к.з. та струму $I_{\text{пер}}$ в режимі самосинхронізації генератора:

$$I_{\text{сз макс}} \geq K_{\text{н}} \times I_{\text{нб розр макс}},$$

де $K_{\text{н}} = 1,5$; $I_{\text{нб розр макс}} = K_{\text{пер}} \times K_{\text{одн}} \times \varepsilon \times I_{\text{н}}$, $K_{\text{пер}} = 1$, $K_{\text{одн}} = 1$, $\varepsilon = 10\%$.

Максимальний струм при зовнішньому трифазному к.з. на виводах генератора 6,3 кВ дорівнює 4789 А. Максимальний струм на виводах генератора в режимі самосинхронізації дорівнює

$$I_{\text{пер}} = U_{\text{Г}}/(\sqrt{3} \times (x_{\text{Г}} + x_{\text{с}})) = 6300/(\sqrt{3} \times (0.896 + 0.084)) = 3715 \text{ А.}$$

За розрахункове приймаємо більше значення струму.

$$I_{\text{сз макс}} = 1.5 \times 1 \times 1 \times 0.1 \times 4789 = 718 \text{ А, } I_{\text{ср макс}} = 0.15 \times I_{\text{ном реле}},$$

$$I_{\text{глм}} = 0.5 \times (4789 + 4789) = 4789 \text{ А, } I_{\text{глм}} = 1.0 \times I_{\text{ном реле}},$$

$$P1 = 600/4789 = 0,125$$

Приймаємо $P1 = 13\% = 0.13$, тобто кут нахилу першого сегмента складає 7° .

1.2.3. Вибір кута нахилу другого сегменту Р2.

Струм спрацювання захисту при максимальному гальмуванні та роботі захисту в межах другого сегменту вибирається за умовою відлаштування від

розрахункового максимального первинного струму небалансу при зовнішньому к.з. з урахуванням роботи трансформатора струму з похибкою 20%

$$I_{сз\ макс} \geq K_n \times I_{нб\ розр\ макс},$$

де $K_n = 1.5$; $I_{нб\ розр\ макс} = K_{пер} \times K_{одн} \times \varepsilon \times I_{кз\ макс}$, $K_{пер} = 1$, $K_{одн} = 1$, $\varepsilon = 20\%$.

$$I_{сз\ макс} = 1.5 \times 1 \times 1 \times 0.2 \times 4789 = 1436,7 \text{ А}, I_{ср_макс} = 0.3 \times I_{ном\ реле},$$

$$I_{г\ лим} = 4789 \text{ А}, I_{г\ лим} = 1.0 \times I_{ном\ реле},$$

$$P2 = 0.3/1 = 0.3$$

Приймаємо $P2 = 30\% = 0,3$, кут нахилу другого сегменту дорівнює 17° .

1.2.4. Вибір струму спрацювання дифзахисту з високою уставкою (дифвідсічка).

Струм спрацювання дифвідсічки (без гальмування) вибирається за умовою відлаштування від розрахункового максимального первинного струму небалансу при зовнішньому к.з. з урахуванням роботи трансформатора струму з повною похибкою 20% та з підвищеною аперіодичною складовою в струмі к.з. $K_{пер} = 2$:

$$I_{d>>} = 1.5 \times 1 \times 2 \times 0.2 \times 4789 = 2873 \text{ А}.$$

Приймаємо за уставку $I_{d>>} = 12000 \text{ А}$ (вторинний струм $15 \text{ А} = 3I_{ном.реле}$).

$$I_{d>>} = 5.8 I_{ном\ ген}$$

1.2.5. Перевірка чутливості дифзахисту генератора.

За розрахованими параметрами спрацювання дифзахисту генератора будемо гальмівну характеристику реле:

$$I_{d>} = 0.56I_{ном\ реле}; \quad P1 = 13\%; \quad P2 = 30\%; \quad I_{d>>} = 3I_{ном.реле}.$$

2. Формування масиву вихідних даних.

Як підсумок розрахунку, формуємо масив вихідних даних для побудови гальмівної характеристики диференційного захисту генератора в програмному середовищі Mathcad.

Для автоматичної побудови графіка попередньо формуються масиви координат 5 характерних точок гальмівної характеристики. Координати точок задаються у вигляді двох векторів-стовпців, один з яких відображає координати точок по вісі абсцис (гальмівний струм), а інший – по вісі ординат (диференційний струм).

Дані вектори мають наступний вигляд:

$$I_t := \left(0 \quad \frac{I_{d1}}{P1} \quad \frac{I_{d1}}{P1} + \frac{0.88}{P2} I_{d_макс} + 7 I_{d_макс} + 15 \right)$$

$$I_d := (I_{d1} \quad I_{d1} \quad 0.88 I_{d_макс} \quad I_{d_макс})$$

де I_t – значення гальмівного струму (наскрізний струм к.з.); I_d – значення диференційного струму в реле.

3. Результат автоматичної побудови гальмівної характеристики диференційного захисту генератора в середовищі Mathcad наведено на рисунку 1.

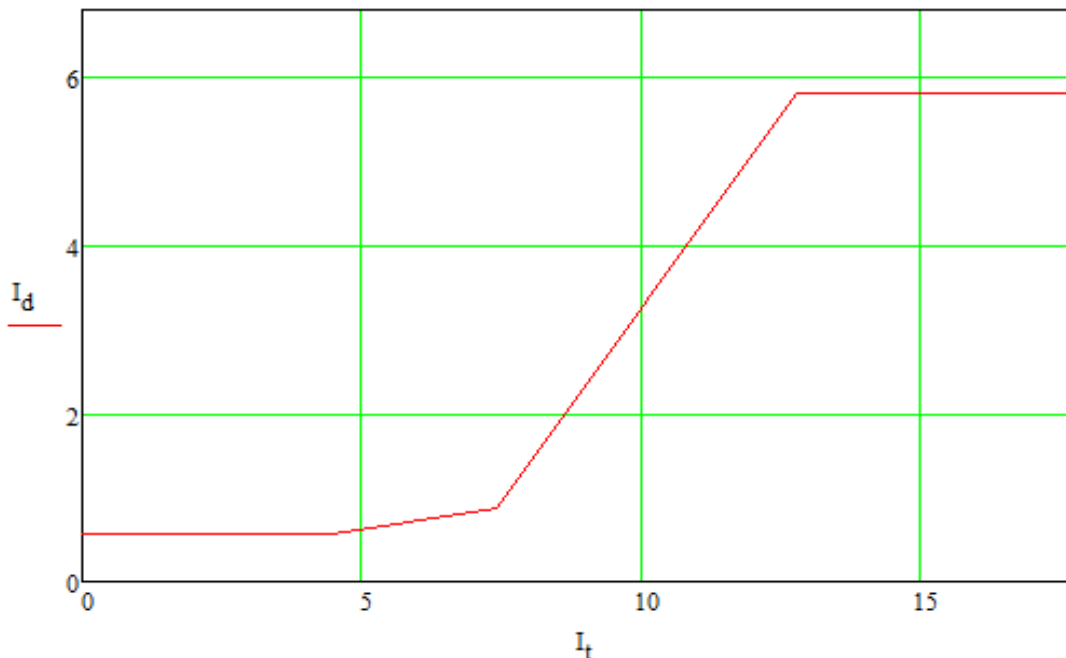


Рисунок 1 – Гальмівна характеристика диференційного захисту гідрогенератора СГК-538/160-70М Київської ГЕС

Висновок: Алгоритм побудови гальмівної характеристики диференційного захисту гідрогенератора на основі реле Alstom, який розроблений в середовищі Mathcad, дозволяє швидко та наглядно отримати масив характеристик для різних типів гідрогенераторів, режимів їх експлуатації і умов приєднання до мережі, визначати зони спрацьовування та неспрацьовування диференційного захисту, порівняти та проаналізувати їх.

Перелік посилань

1. Методические рекомендации по выбору уставок электрических защит производства фирмы “ALSTOM”, установленных на блоке №1 Киевской ГЭС. - Киев: АК «Энпасэлектро», 2002. – 56 с.

2. Каталог продукции и решений для автоматизации электроэнергетических объектов. Релейная защита. – Schneider Electric, 2010. – 224 с.