

Практичне заняття на тему: «Приклади вибору гнучких шин, кабелів»

Задача 1. Вибрати збірні шини 110 кВ та струмопровідні елементи в блоці від збірних шин до виводів блочного трансформатора. Схема укомплектована генератором типу ТВФ-100-2 ($P_{\text{ном}} = 100$ МВт, $\cos \varphi = 0,85$, $U = 10,5$ кВ) і трансформатором ТДЦ-125000/110. Час споживання максимальної потужності $T_{\text{макс}} = 6000$ год., початкове значення струму трифазного КЗ на шинах 110 кВ $I_{\text{п.0}} = 14,18$ кА, ударний струм $i_y = 34,56$ кА.

Розв'язання. Вибір збірних шин 110 кВ. Оскільки збірні шини за економічною густиною струму не вибираються, *приймаємо переріз за допустимим струмом* при максимальному навантаженні на шинах, що відповідає найпотужнішому приєднанню, в даному випадку блоку генератор-трансформатор

$$I_{\text{норм}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} = \frac{100 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,85} = 617 \text{ А.}$$

Блочний трансформатор не може бути навантажений потужністю, що більша за потужність генератора, тому

$$I_{\text{макс}} = I_{\text{норм}} = 617 \text{ А.}$$

За таблицею довідника приймаємо до встановлення провід АС-300 ($q = 300$ мм², $d = 24,2$ мм, $I_{\text{доп}} = 690$ А). Фази розташовані горизонтально на відстані 300 см. Очевидно, що

$$I_{\text{доп}} > I_{\text{макс}}.$$

Перевірка шин на електродинамічну стійкість не виконується, оскільки $I_{\text{п.0}} < 20$ кА.

Перевірка на термічну стійкість також не виконується, оскільки шини виконані голими проводами на відкритому повітрі.

Перевірка за умовами коронування в даному випадку могла б не проводитися, оскільки згідно ПУЕ мінімальний переріз для повітряних ліній

110 кВ становить 70 мм^2 . Враховуючи, що на ВРП відстань між проводами менша, ніж на повітряних лініях, проводиться перевірочний розрахунок.

Визначаємо початкову критичну напруженість електричного поля:

$$E_0 = 30,3 \cdot m \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}} \right),$$

де m – коефіцієнт, який враховує шорсткість поверхні проводу (для багатопровідникових проводів $m = 0,82$); r_0 - радіус проводу, см.

$$E_0 = 30,3 \cdot 0,82 \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{1,21}} \right) = 31,6 \text{ кВ/см.}$$

Визначаємо напруженість електричного поля навколо проводу

$$E = \frac{0,354 \cdot U}{r_0 \cdot \lg \frac{D_{\text{сер}}}{r_0}}$$

де U – лінійна напруга, кВ; $D_{\text{сер}}$ – середня геометрична відстань між проводами фаз, см.

При горизонтальному розташуванні фаз

$$D_{\text{сер}} = 1,26 \cdot D$$

де D – відстань між сусідніми фазами, см.

$$E = \frac{0,354 \cdot 121}{1,21 \cdot \lg \frac{1,26 \cdot 300}{1,21}} = 14,1 \text{ кВ/см.}$$

В останньому виразі лінійна напруга прийнята рівною 121 кВ, оскільки на шинах електростанції підтримується напруга $1,1 U_{\text{ном}}$.

Перевірка виконується за наступною умовою: проводи не будуть коронувати, якщо

$$1,07 \cdot E \leq 0,9 \cdot E_0,$$

$$1,07 \cdot 14,1 = 15,1 < 0,9 \cdot 31,6 = 28,4 \text{ кВ/см.}$$

Умова виконується, тому провід АС-300 остаточно приймаємо до використання.

Струмopрoвідні частини від виводів 110 кВ блочного трансформатора до збірних шин виконуються гнучкими проводами. Їх переріз вибирається за економічною густиною струму. При $T_{\max} = 6000$ год. $j_e = 1$ А/мм².

Економічний переріз

$$q_e = \frac{617}{1} = 617 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо два проводи в фазі АС-300 ($q = 300$ мм², $d = 24,2$ мм, $I_{\text{доп}} = 690$ А).

Перевіряємо проводи за допустимим струмом

$$I_{\max} = 617 < I_{\text{доп}} = 2 \cdot 690 = 1380 \text{ А}.$$

Умова виконується.

Перевірка проводів на термічну стійкість не проводиться, оскільки струмопровідні елементи виконані неізолюваними проводами на відкритому повітрі.

Перевірка за умовами коронування також не виконується, оскільки для проводу АС-300 вона була проведена раніше.

Задача 2. Вибрати кабель у колі лінії 10 кВ, що відходить, для таких вихідних даних. Кабель прокладений в ґрунті (пісок вологістю більше 9 %). Температура навколишнього середовища $\nu = 20^\circ\text{C}$. Паралельно прокладені два кабелі, $l = 150$ мм. Навантаження складає в нормальному режимі $S_{\text{норм}} = 2,5$ МВ·А; в ускладненому режимі $S_{\text{ускл}} = 4,0$ МВ·А, $T_{\max} = 6000$ год. Час відключення КЗ $t_{\text{КЗ}} = 1,3$ с.

Розв'язання.

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{норм}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 0,138 \text{ кА};$$

$$I_{\text{ускл}} = \frac{S_{\text{ускл}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{4,0}{\sqrt{3} \cdot 10} = 231 \text{ А}.$$

При $T_{\max} = 6000$ год $j_{\text{ек}} = 1,2$ для алюмінієвих кабелів з паперовою ізоляцією

$$q_{розр} = \frac{I_{норм}}{j_e} = \frac{138}{1,2} = 115 \text{ мм}^2$$

Попередньо вибираємо переріз $q = 120 \text{ см}^2$. Довгостроково припустимий струм при прокладанні в землі при $v_3 = 15^\circ\text{C}$ $I_{доп} = 240 \text{ А}$.

Поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища $v_{навк} = 20^\circ\text{C}$ $K_1 = 0,96$.

Поправковий коефіцієнт на кількість паралельно прокладених кабелів $K_2 = 0,91$.

Поправковий коефіцієнт на вид ґрунту (пісок вологістю більше 9%) $K_3 = 1,05$.

$$I'_{доп} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot I_{доп} = 0,96 \cdot 0,91 \cdot 1,05 \cdot 240 = 220,1$$

Термічний імпульс короткого замикання:

$$B_k = I_{п0}^2 t_{КЗ} = (18 \cdot 10^3)^2 \cdot 1,3 = 421,2 \cdot 10^6 \text{ А}^2\text{с}$$

Мінімальний термічно стійкий переріз:

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{c} = \frac{20,5 \cdot 10^3}{90} = 228 \text{ мм}^2$$

Найближчий більший переріз, що задовольняє термічну стійкість, – $q = 240 \text{ мм}^2$.