

Термічна дія струмів короткого замикання

Тривалість КЗ складає звичайно від часток секунди до декількох секунд. Протягом цього короткого проміжку часу виділення тепла настільки велике, що температура провідників і апаратів виходить за межі, встановлені для нормального режиму.

Здатність апарата і провідника протистояти короткочасній тепловій дії струму КЗ без ушкоджень називається **термічною стійкістю**. Критерієм термічної стійкості є кінцева температура, що обмежується механічною міцністю металів, деформаціями частин апаратів, а також стійкістю до нагрівання ізоляції. Припустимі кінцеві температури для апаратів і провідників (табл. 1) встановлені на підставі дослідів.

Таблиця 1 – Припустимі кінцеві температури провідників і апаратів при КЗ

| Найменування провідників, частин апаратів | Кінцева температура, °С |
|--|-------------------------|
| Неізольовані мідні і латунні провідники, частини апаратів | 300 |
| Неізольовані алюмінієві провідники, частини апаратів | 200 |
| Стальні провідники, що не мають безпосереднього зв'язку з апаратами | 400 |
| Стальні провідники з безпосереднім зв'язком з апаратами | 300 |
| Кабелі з паперовою просоченою ізоляцією із мідними й алюмінієвими жилами: до 10 кВ | 200 |
| Кабелі: 20 – 220 кВ | 125 |
| Кабелі і проводи з полівінілхлоридною ізоляцією, з мідними й алюмінієвими жилами | 150 |
| Те саме, але з поліетиленовою ізоляцією | 120 |

Вони вище припустимих температур при нормальній роботі, оскільки зміна механічних властивостей металів і знос ізоляції визначаються не тільки температурою, а також тривалістю нагрівання, що у розглянутих умовах мала.

Як бачимо з табл. 1, припустимі кінцеві температури при КЗ перебувають у межах від 120 до 300°C, у той час як припустимі температури при нормальній роботі, як правило, не перевищують 60 – 80°C.

Процес нагрівання при КЗ визначається рівнянням (кількість тепла, що виділяється при КЗ та йде на нагрів провідника):

$$I_{кт}^2 r_v dt = G C_v dv, \quad (1)$$

де r_v, c_v - відповідно опір і теплоємність провідника для температури v ;
 G – маса провідника.

Після підставлення G, r_v і c_v , поділу змінних та інтегрування:

$$\frac{1}{q^2} I_{кт}^2 dt = \frac{\gamma c_0 (1 + \beta v)}{\rho_0 (1 + \alpha v)} dv, \quad (2)$$

$$\frac{1}{q^2} \int_0^{t_{відкл}} I_{кт}^2 dt = \int_{v_{поч}}^{v_{кін}} \frac{\gamma c_0 (1 + \beta v)}{\rho_0 (1 + \alpha v)} dv.$$

де γ, q – щільність і площа поперечного перерізу провідника;

c_0 – теплоємність провідника при $v = 0^\circ\text{C}$;

ρ_0 – питомий активний опір провідника при $v = 0^\circ\text{C}$;

α, β – температурні коефіцієнти опору та теплоємності

Позначимо $B_k = \int_0^{t_{відкл}} I_{кт}^2 dt$ – імпульс квадратичного струму КЗ, пропорцій-

ний кількості тепла, виділеного струмом КЗ в провіднику: **інтеграл Джоуля** (визначення інтеграла Джоуля – наступна лекція).

Значення правої частини (2) позначають, наприклад, f та знаходять за спеціальними кривими:

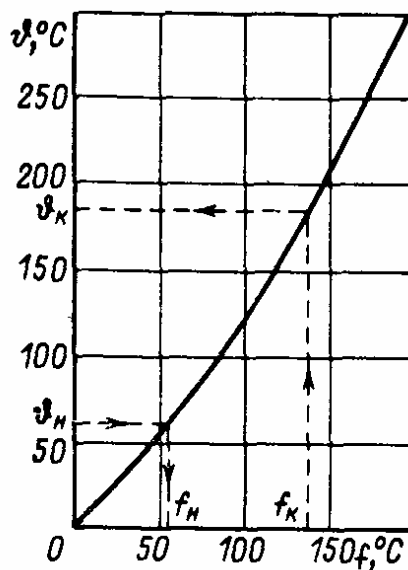


Рисунок 1 – Криві визначення температури нагріву провідників при КЗ

Провідник термічно стійкий, якщо $v_{\text{кін}} \leq v_{\text{доп}}$ (табл. 1).

Часто визначають термічну стійкість шин і кабелів за мінімально припустимою площею перерізу:

$$q_{\text{мін. доп}} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C}. \quad (3)$$

Значення коефіцієнтів $C \left(\frac{\text{А} \cdot \text{с}^{1/2}}{\text{мм}^2} \right)$ наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Коефіцієнти C для шин і кабелів

| | C |
|---|-----|
| Шини: | |
| - з міді | 170 |
| - з алюмінію | 90 |
| - зі сталі, не з'єднані безпосередньо з апаратом | 65 |
| - зі сталі, з'єднані безпосередньо з апаратом | 60 |
| Кабель до 10 кВ із паперовою ізоляцією і жилами: | |
| - з міді | 160 |
| - з алюмінію | 90 |

Умови термічної стійкості при цьому визначаються: $q_{\min \text{ доп}} \leq q_{\text{роз}}$, де $q_{\text{роз}}$ – площа перерізу провідника обрана за умовами робочого режиму.