

*О.В. Кулаков, кандидат технічних наук, доцент, НУЦЗУ*

## РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРИ НАГРІВАННЯ З'ЄДНУВАЛЬНИХ КОНТАКТІВ В СИСТЕМІ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

Проаналізуємо пожежну небезпеку великих перехідних опорів в з'єднанні елементів блискавковідводу на прикладі застосування болтового кріплення. Для цього розрахуємо температуру нагрівання контактів.

Температуру нагрівання контактів струмопровідників за час  $\tau$  при підвищених перехідних опорах можна розрахувати, наприклад, за допомогою методики ГОСТ 12.1.004 [1].

Блискавка характеризується наступними параметрами [2]: сила струму каналу у середньому  $I = 10^5$  А, час дії – близько  $\tau = 0,1$  с.

Припустимо, що блискавка виникла за нормальних умов навколишнього середовища, тобто за температури  $t_{cp} = 20$  °С.

Для виготовлення елементів блискавковідводів дозволяється застосувати сталь, мідь або алюміній. Мінімальній переріз елементів блискавковідводів, виготовлених зі сталі, складає  $50 \text{ мм}^2$ , алюмінію –  $70 \text{ мм}^2$  для блискавкоприймача та  $25 \text{ мм}^2$  для блискавковідводу, міді –  $35 \text{ мм}^2$  для блискавкоприймача та  $16 \text{ мм}^2$  для блискавковідводу [3].

Падіння напруги на контактних парах сталь-сталь дорівнює  $U=2,5$  В, мідь-мідь –  $U=0,65$  В та алюміній-алюміній –  $U=0,28$  В відповідно [1].

Припустимо, що блискавковідвід виготовлений зі сталевого кола діаметром 8 мм та має контактні пари, виконані за допомогою болтового кріплення М8.

У відповідність до методики [1] розрахунку температури нагрівання контактів струмопровідників при підвищених перехідних опорах припустимо, що температура нагріву контактів дорівнює  $t_{н.к} = 2200$  °С. У цьому випадку загальний коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_{заг} = 11,63 \cdot e^{0,0023 \cdot t_{н.к}} = 11,63 \cdot e^{0,0023 \cdot 2200} \approx 1832,78 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}. \quad (1)$$

Питома масова теплоємність металу контактів складає [4]

$$C=460 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}; \quad (2)$$

припускаємо масу контактів

$$m \approx 0,05 \text{ кг}; \quad (3)$$

площа поверхні теплообміну

$$S = \frac{\pi \cdot 8^2}{4} \approx 50 \text{ мм}^2 = 50 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2. \quad (4)$$

Тоді постійна часу нагрівання контактів

$$\tau_{\kappa} = \frac{C \cdot m}{S \cdot \alpha_{\text{заг}}} = \frac{460 \cdot 0,05}{50 \cdot 10^{-6} \cdot 1832,78} \approx 2,51 \cdot 10^2 \text{ с}. \quad (5)$$

Електрична потужність, що виділяється у контактних переходах

$$P = I \cdot \sum_{i=1}^n U_i = 1 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 2,5 = 0,5 \cdot 10^6 \text{ Вт}. \quad (6)$$

Остаточно температура нагрівання контактів сталь-сталь струмопровідника –

$$t_{\text{н.к}} = t_{\text{ср}} + \frac{P}{S \cdot \alpha_{\text{заг}}} \cdot (1 - e^{-\frac{\tau}{\tau_{\kappa}}}) = 20 + \frac{0,5 \cdot 10^6}{50 \cdot 10^{-6} \cdot 1832,78} (1 - e^{-\frac{0,1}{251}}) = 2204 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (7)$$

Припущене значення температури  $t_{\text{н.к}} = 2200 \text{ }^{\circ}\text{C}$  та розраховане значення температури  $t_{\text{н.к}} = 2204 \text{ }^{\circ}\text{C}$  відрізняються менше ніж на 5%, тому розрахунок виконаний правильно.

Температура плавлення сталі дорівнює  $1300 \div 1400 \text{ }^{\circ}\text{C}$  [4]. При великому перехідному опорі в місці його появи блискавковідвід може буде розплавлений струмом блискавки та блискавкозахист виведений з ладу. Внаслідок цього при подальших влученнях блискавки її струм буде протікати через об'єкт по неконтрольованому шляху, що може привести до пожежі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91.- [Введеный 1992-07-01]. – Москва: Изд-во стандартов, 1992. – 78 с. – (Державний стандарт СРСР).
2. Базелян Э.М. Физика молнии и молниезащиты / Э.М. Базелян, Ю.П. Райзер. – Москва: Физматгиз, 2001. - 320 с. – (Наукове видання).
3. Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (ІЕС 62305:2006 NEC): ДСТУ Б В.2.5-38:2008. – [Чинний від 2009-01-01]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 63 с. - (Національний стандарт України).
4. Лободюк В.А. Справочник по элементарной физике / Лободюк В.А., Рябошапка К.П., Шулишова О.И. - Киев: Наукова думка, 1978. - 448 с.