

Przykład

Określić najmniejszy wymagany ze względu na nagrzewanie przekrój przewodów obwodu 230/400 V, którego jedynym zabezpieczeniem nadprądowym są bezpieczniki klasy gG o prądzie znamionowym 63 A. Instalacja ma układ TN, obwód jest trójfazowy, jego obciążenie jest symetryczne nieodkształcone, przewody są miedziane o izolacji polwinitowej, sposób ułożenia B1, obliczeniowa temperatura otoczenia +25°C. Ze względu na zabezpieczenie przed przeciążeniami obciążalność długotrwała przewodów powinna spełniać warunki wyrażone wzorami (1) oraz (2). Drugi z tych warunków jest ostrzejszy:

$$I_s \geq \frac{I_n}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 63}{1,45} = 69,5 \text{ A}$$

Wymaganą obciążalność zapewnia przewód o przekroju 16 mm², który ma obciążalność długotrwałą 72 A. Obliczając przekrój przewodu wymagany ze względu na nagrzewanie prądem zwarciovym dobrze mieć przed oczyma rys. 5. Przy adiabatycznym nagrzewaniu prądem zwarciovym przewód miedziany 16 mm² o izolacji polwinitowej wytrzyma całość Joule'a $(k \times s)^2 \times 1 = (115 \times 16)^2 \times 1 = 3385600 \text{ A}^2 \cdot \text{s}$. Przy dużym prądzie zwarciovym całość Joule'a wyłączenia wynosi $I_{2t_w} = 21200 \text{ A}^2 \cdot \text{s}$, z czego wynika najmniejszy dopuszczalny przekrój według wzoru (9) zaledwie

$$s = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{I^2 t_w}{1}} = \frac{1}{115} \sqrt{\frac{21200}{1}} = 1,3 \text{ mm}^2$$

Przyrost temperatury dopuszczalny przy zwarciu wynosi $\tau_{dz} - \tau_{dd} = 160 - 70 = 90 \text{ K}$, wobec czego duży prąd zwarciovym wywoła przyrost temperatury przewodu zaledwie

$$\frac{21200}{3385600} \cdot 90 = 0,6 \text{ K}$$

Ostrzejsze narażenia cieplne występują przy najmniejszym obliczeniowym prądzie zwarciovym. Za podstawę można przyjąć prąd odpowiadający największemu dopuszczalnemu czasowi wyłączenia zwarć jednofazowych ze względu na skuteczność ochrony przeciwporażeniowej, który w układzie TN o napięciu 230/400 V zależnie od okoliczności wynosi 0,4 s lub 5 s. Prąd wyłączający wkładki gG 63 A w czasie 0,4 s wynosi 534 A, wobec czego wymagany przekrój przewodu

$$s = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{I^2 t}{1}} = \frac{1}{115} \sqrt{\frac{534^2 \cdot 0,4}{1}} = \frac{1}{115} \sqrt{\frac{114062}{1}} = 2,9 \text{ mm}^2$$

Przewód 16 mm² nagrzewa się podczas takiego zwarcia o 3 K. Gdyby dopuszczalny czas trwania zwarcia wynosił 5 s, co odpowiada prądowi wyłączającemu 305 A, to wymagany przekrój przewodu

$$s = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{I^2 t}{1}} = \frac{1}{115} \sqrt{\frac{305^2 \cdot 5}{1}} = \frac{1}{115} \sqrt{\frac{465125}{1}} = 5,9 \text{ mm}^2$$

Przewód 16 mm^2 nagrzewa się podczas takiego zwarcia o 12 K. Obliczenia potwierdzają, że przewód poprawnie zabezpieczony bezpiecznikiem przed przeciążeniami nie jest narażony na niedopuszczalne nagrzewanie przy zwarciach. Dla pełnego obrazu można obliczyć ustalony przyrost temperatury przewodu w razie długotrwałego przepływu górnego prądu probierczego bezpiecznika $1,6 \times I_n = 1,6 \times 63 \approx 101 \text{ A}$, który bezpiecznik powinien wyłączyć przed upływem 1 godziny:

$$\vartheta = (\tau_{ad} - \tau_a) \left(\frac{1,6 \cdot I_n}{I_c} \right)^2 = (70 - 25) \left(\frac{1,6 \cdot 63}{72} \right)^2 \approx 88 \text{ K}$$