

Лекція 17-19

Вибір перерізу проводів та жил кабелів

1. Вибір перерізу проводів та жил кабелів по струму тривалого режиму

Вибір перерізу проводів повітряних ліній та жил кабелів вимагає розрахунку струмів нормального і утяженого режимів.

Вибір перерізу по струму тривалого режиму виконують:

1) за економічною густиною струму (для проводів ПЛ):

$$F_e = \frac{I_{\max}}{j_e}, \quad (7.1)$$

де F_e - переріз кабелю, мм²; I_{\max} - розрахунковий струм в нормальному режимі найбільших навантажень, що проходить по лінії, $I_{\max} = I_{\text{роб. утяж.}}$; j_e - економічна густина струму, яка визначається згідно довідникових даних залежно від матеріалу проводу числа годин використання максимуму навантаження T_{\max} , годин

Якщо час використання максимального навантаження для різних споживачів, що отримують живлення від мережі, різний, то для максимально завантаженої ділянки:

$$T_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot T_{\max_i}}{\sum_{i=1}^n P_i}. \quad (7.2)$$

Якщо споживачі приєднано до лінії на невеликих відстанях один від одного, доцільним є вибір однакового перерізу для всіх ділянок мережі.

Економічний переріз вибирають за струмом найбільш завантаженої ділянки. При цьому, на величину економічної густини струму вводять поправковий коефіцієнт, який враховує нерівномірність навантаження:

$$k_n = \sqrt{\frac{I_1^2 L}{I_1^2 l_1 + I_2^2 l_2 + \dots + I_n^2 l_n}}, \quad (7.3)$$

де I_1, I_2, \dots, I_n – струми на окремих ділянках мережі; l_1, l_2, \dots, l_n – довжини ділянок; L – загальна довжина лінії.

Еквівалентна економічна густина струму:

$$j_e^e = j_e \cdot k_n. \quad (7.4)$$

Знайдене значення F_e округлюють до найближчого стандартного.

Шкала стандартних перетинів проводів повітряних ліній і жил кабельних ліній електропередачі становить наступний ряд:

6, 10, 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 400, 500, ... мм²

Для ліній електропередач 35 кВ перерізи проводів, зазвичай, вибирають в межах від АС 35 до АС 150, ліній 110 кВ - від АС 70 до АСО 240, ліній 150 кВ - від АС 120 до АСО 300 і ліній 220 кВ - в межах від АСО 240 до АСО 400. При цьому число паралельних кіл на кожному напрямку не слід приймати більше трьох - чотирьох.

Вибору за економічною густиною струму **не підлягають**:

- мережі промислових підприємств напругою до 1000 В, якщо час використання максимуму навантаження не перевищує 4000 год;
- всі відгалуження до окремих електроприймачів напругою до 1000 В, а також освітлювальні мережі;
- мережі тимчасових споруд.

2) за нагрівом струмом утяженого режиму:

$$k_N \cdot k_{пер} \cdot k_g \cdot I_{тр.доп} \geq I_{роб.утяж}, \quad (7.5)$$

де $I_{тр.доп}$ - табличне значення тривало допустимого струму, А; $I_{роб.утяж}$ - струм, відповідний робочому утяженому режиму, прийнятому за розрахунковий, А; k_N - коефіцієнт, що враховує число прокладених поруч кабелів в землі; $k_{зад}$ - допустимий коефіцієнт перевантаження залежно від попереднього навантаження і часу перевантаження; k_g - коефіцієнт, що враховує відміну реальної температури навколишнього середовища (ϑ_0) від номінальної:

$$k_g = \sqrt{\frac{\vartheta_{тр.доп} - \vartheta_0}{\vartheta_{тр.доп} - \vartheta_{0,ном}}}. \quad (7.6)$$

Вибраний переріз перевіряють за технічними умовами:

- допустимому нагріву струмом навантаження в нормальному та післяаварійному режимах;

$$I_p \leq I_{доп}; \quad (7.7)$$

$$I_n / av.макс \leq I_{доп}, \quad (7.8)$$

I_p – розрахунковий струм нормального режиму; $I_n / av.макс$ - максимальний струм в післяаварійний режимі, його знаходять відповідними розрахунками; $I_{доп}$ – допустиме струмове навантаження, визначають з урахуванням довідникових значень, способу виконання та умов середовища, в якому прокладено лінію.

Допустимі тривалі струми жил кабелів визначено за умов, якщо:

- температура оточуючого середовища в разі прокладання кабелів у повітрі становить +25 °С, у разі прокладання в землі +5 °С;
- глибина прокладання кабелів у землі становить 0,7 м;
- питомий тепловий опір землі становить 1,2 К • м/Вт.

Допустимі тривалі струми неізолюваних проводів і шин визначено для температури повітря +25 °С, вітер відсутній.

Якщо дійсні умови відрізняються, то використовують відповідні коригувальні коефіцієнти.

Вибрані перерізи перевіряють:

- за термічною стійкістю струму короткого замикання:

$$F \geq F_{терм.мин}; \quad (7.9)$$

- умовою допустимої втрати напруги:

Під час проектування мереж прийнято оцінювати величину втрати напруги і порівнювати її з допустимою, яка встановлюється залежно від класу напруги і призначення мережі. Зміна напруги на будь-якому елементі електричної мережі залежить від параметрів цих елементів і переданої потужності. Параметри мережі визначаються за відповідними схемами заміщення. Перевірку на допустиму втрату

напруги виконують не для всіх вузлів мережі, а лише для електрично найбільш віддалених точок. Для розімкнутих мереж і розімкнутих ділянок, що примикають до замкнутих ділянок мереж, такими є всі кінцеві точки мережі. Для замкнутих мереж електрично найбільш віддаленими точками є точки потокорозділу.

Перевірку виконують для нормального та післяаварійного режимів.

Втрата напруги в складній мережі може бути визначена за навантажувальними (потужність навантаження у вузлі мережі) або лінійними потужностями з урахуванням принципу правила моментів.

Умова перевірки мережі на допустиму втрату напруги в нормальному (або післяаварійному) режимі:

$$\Delta U_{ij} < \Delta U_{\text{дон}},$$

де $\Delta U_{\text{дон}}$ - допустима величина втрати напруги в нормальному (або післяаварійному) режимі в % від номінальної;

ΔU_{ij} - фактична втрата напруги в мережі на ділянці i - j мережі в нормальному (або післяаварійному) режимі в % від номінальної:

$$\Delta U_{ij} = \frac{P_{ij} \cdot R_{ij} + Q_{ij} \cdot X_{ij}}{U_n^2} \cdot 100\%, \quad (7.10)$$

2. Визначення перерізів ліній за умовою допустимої втрати напруги

У протяжних розподільних мережах (6-10 кВ і 0,38 кВ) допустима втрата напруги є основним критерієм вибору перерізів проводів і кабелів:

$$\Delta U_{\text{max}} \leq \Delta U_{\text{дон}}, \quad (7.11)$$

де ΔU_{max} – втрата напруги до найбільш електрично віддаленої точки.

Переріз проводів лінії розраховують з урахуванням одного з додаткових факторів: забезпечення мінімуму витрати провідникового матеріалу, забезпечення мінімальних втрат потужності чи забезпечення однакового перерізу проводів на ділянках лінії.

а) умова мінімальної витрати провідникового матеріалу

Для мережі з n ділянками площа перерізу i -ої ділянки ЛЕП за умовою мінімуму провідникового матеріалу:

$$F_{il} = k_p \sqrt{P_{il}}, \quad (7.12)$$

де k_p – постійна величина для всієї лінії:

$$k_p = \frac{\sum_{i=1}^n L_{il} \sqrt{P_{il}}}{\gamma U_{\text{ном}} \Delta U_{a.\text{дон}}}, \quad (7.13)$$

де $\Delta U_{a.\text{дон}}$ - допустима втрата напруги в активних опорах:

$$\Delta U_{a.\text{дон}} = \Delta U_{\text{дон}} - \Delta U_p, \quad (7.14)$$

де ΔU_p - втрата напруги в реактивних опорах з урахуванням середніх значень питомого реактивного опору:

$$\Delta U_p = \frac{X_{0cp}}{U_{ном}} \sum_{i=1}^n Q_i L_i ; \quad (7.15)$$

γ - питома провідність матеріалу проводу;

$$\gamma = \frac{1}{\rho}, \quad (7.16)$$

де ρ - розрахунковий питомий опір, Ом·мм²/км. Середні значення ρ для провідників при +20 °С становлять:

- мідний – 18,0 Ом·мм²/км;
- алюмінієвий – 28,8 Ом·мм²/км.

Цю умову доцільно використовувати у випадках, коли економія матеріалу провідника є важливішою за зщменшення втрат електроенергії.

б) умова зниження втрат потужності (мінімальних втрат) виконується при рівності густини струму ($J_{\Delta U}$) у всіх ділянках лінії:

$$J_{\Delta U} = \frac{I_{il}}{F_{il}} = const . \quad (7.17)$$

Переріз i -ої ділянки лінії:

$$F_{il} = \frac{I_{il}}{J_{\Delta U}}, \quad (7.18)$$

де I_{il} – струм i -ої ділянки:

$$I_{il} = \frac{S_{il}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} ; \quad (7.19)$$

$J_{\Delta U}$ - густина струму:

$$J_{\Delta U} = \frac{\gamma \Delta U_{a.don}}{\sqrt{3} \sum_{i=1}^n L_{il} \cos \varphi_{il}} . \quad (7.20)$$

Даний метод доцільний у випадках, коли велику частку щорічних витрат становить вартість втрат електроенергії (розподільні мережі пром.-підприємств з великим часом використання максимального навантаження ($T_{max} = 4000-5000$ годин) та значними максимальними навантаженнями.

Визначені за умовою мінімальної витрати провідникового матеріалу чи мінімальних втрат потужності перерізи округлюють до найближчого стандартного та перевіряють виконання умови (7.11) для максимальної втрати напруги в мережі:

$$\Delta U_{max} = \frac{1}{\gamma \cdot U_{ном}} \sum_{i=1}^n \frac{P_{il} \cdot L_{il}}{F_{il}} . \quad (7.21)$$

У разі невиконання умови (7.11) переріз збільшують на одну стандартну ступінь перерізів. Перевірку слід повторити.

в) вимога рівності перерізів на ділянках ($F = const$)

Переріз провідника:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n P_{i\ell} \cdot L_{i\ell}}{\gamma \cdot U_{\text{ном}} \cdot \Delta U_{a.\text{дон}}}. \quad (7.22)$$

або враховуючи, що

$$P_{i\ell} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot I_{i\ell} \cdot \cos \varphi_{i\ell}; \quad (7.23)$$

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n I_{i\ell} \cdot L_{i\ell} \cdot \cos \varphi_{i\ell}}{\gamma \cdot \Delta U_{a.\text{дон}}}. \quad (7.24)$$

Отримане значення округляють у більшу сторону до стандартного найближчого перерізу.

Даний метод доцільно використовувати у випадках, коли споживачі розташовані відносно недалеко один від одного.