

ТЕРМІЧНІ МОДЕЛІ СИЛОВИХ КАБЕЛІВ

Новак А.С., магістрант, Пекур П.П., к.т.н., ст. викл.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Сьогодні в сучасних системах електропостачання силові кабельні лінії вважаються більш перспективними в порівнянні з повітряними. Визначення допустимих навантажень силових кабелів вимагає оцінки теплового стану, який можливо виконати по спрощених або повних моделях.

Мета роботи полягає у порівнянні спрощених та повних термічних моделей силового кабелю.

Матеріали досліджень. В основу спрощених моделей покладені принципи, які розглядають кабель як однорідне тіло [1]. Передача тепла в кабелі відбувається за рахунок теплопровідності і конвекції з постійним коефіцієнтом теплопередачі.

Передача тепла конвекцією пропорційна різниці температур нагрітого тіла (T) і навколишнього середовища (T_0). Елементарна кількість тепла, віддана елементом по поверхні dF за час dt буде[2]:

$$dQ = \alpha(T - T_0)dFdt \quad (1)$$

де α – коефіцієнт теплопередачі, який дорівнює тепловому потоку за одиницю часу з одиниці поверхні при різниці температур поверхні тіла і оточуючого середовища.

У спрощених термічних моделях кабелів подають у вигляді Т-подібної або П-подібної заступної схеми. Схема має джерело тепла, тепловий опір у поздовжніх елементах і теплоємність у поперечних елементах цих схем. Особливості конструктивного виконання кабелів не враховують у моделях.

Повні термічні моделі більш адекватно відображають теплові процеси в кабелі. В цих моделях конструктивні особливості кабелю враховуються наявністю декількох внутрішніх шарів та шаром зовнішнього середовища. Температура внутрішніх шарів залежить від нагріву струмопровідної жили, а температура навколишнього середовища – постійна.

Диференціальні рівняння теплового балансу, які описують теплові процеси в однорідних шарах системи мають вигляд [3]:

$$\begin{aligned} C_1 \frac{d\theta_1}{dt} + \frac{\theta_1 - \theta_2}{R_1} &= P; \\ C_2 \frac{d\theta_2}{dt} + \frac{\theta_2 - \theta_1}{R_1} + \frac{\theta_2 - \theta_3}{R_2} &= 0; \\ C_3 \frac{d\theta_3}{dt} + \frac{\theta_3 - \theta_2}{R_2} + \frac{\theta_3 - \theta_4}{R_3} &= 0; \\ C_4 \frac{d\theta_4}{dt} + \frac{\theta_4 - \theta_3}{R_3} + \frac{\theta_4 - \theta_5}{R_4} &= 0; \end{aligned} \quad (2)$$

де $\theta_1, \dots, \theta_5$ – відповідно температури однорідних шарів: струмопровідної жили, основної ізоляції, захисної оболонки, зовнішнього навколишнього середовищ; C_1, \dots, C_4 – теплоємності відповідних однорідних шарів; R_1, \dots, R_4 – теплові опори відповідних однорідних шарів; P – втрата активної потужності в струмопровідній жилі.

Багат шарові моделі мають свої термічні заступні схеми (рис. 1). Кожен шар є чотирьох полюсником і представлений Т-подібними або П-подібними заступними схемами, які мають джерело тепла P , тепловий опір у поздовжніх елементах λ і теплоємність у поперечних елементах C . Заступна схема для землі розглядається у вигляді порожнистих циліндрів, кожен з яких розташований на певних відстанях від зовнішньої оболонки кабелю [1].

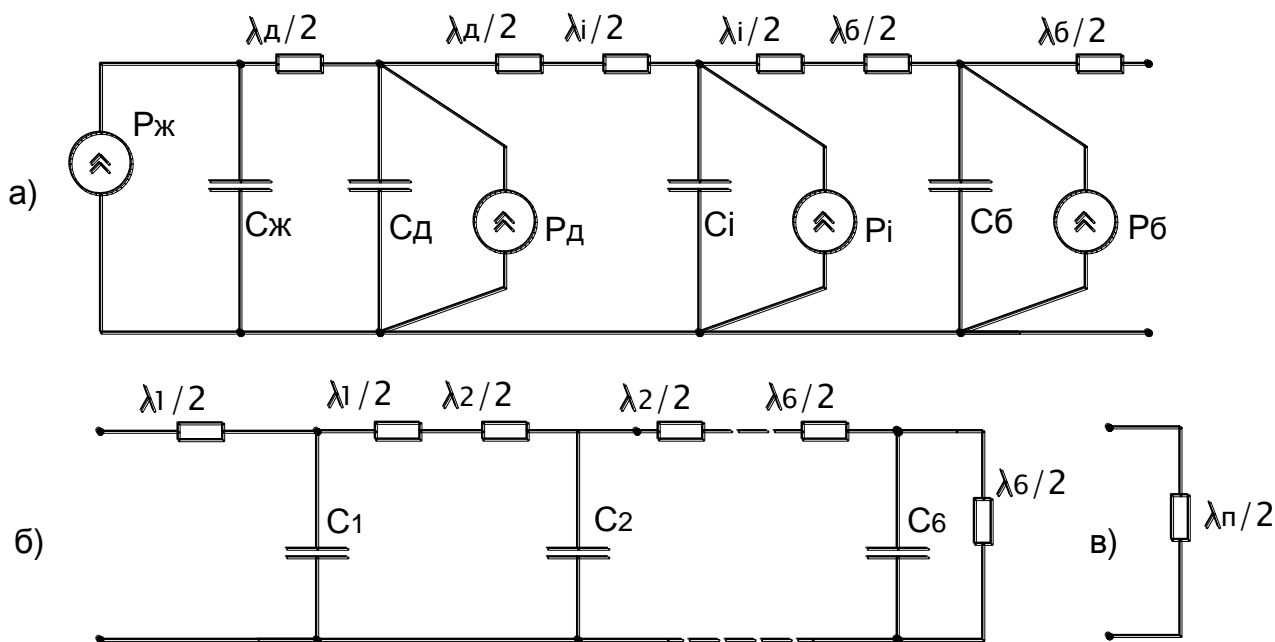


Рисунок 1 – Термічні заступні схеми: а – кабелю; б – землі; в – повітря.

Індекси параметрів P, λ, C означають: д – діелектрик; ж – жила кабелю; і – поясна ізоляція; б – броня; п – повітря; 1-6 – земля на різних глибинах.

Висновок. Аналіз наведених моделей показує, що застосування повної моделі є обов'язковим для визначення теплового стану кабелю при різкозмінних потоках потужностей. Як приклад, в таких режимах функціонують внутрішні кабельні мережі вітроелектричних станцій. Використання повних моделей забезпечує адекватну оцінку теплового стану кабелю і дозволяє обгрунтовано вибирати його конструктивні параметри.

Перелік посилань

1. Денисенко Н.А. Спеціальні питання електропостачання : навч. посіб. / М.А.Денисенко. - К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 288 с.
2. Брагин С. М. Электрический и тепловой расчет кабеля. М.: Госэнергоиздат, 1960. – 328 с.
3. Широков, О.Г. Тепловые схемы замещения электроэнергетических устройств / О.Г.Широков, Д.И.Зализный // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. - №2. – С. 63-67.