

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОКЛАДАННЯ СИЛОВИХ КАБЕЛІВ У ГУСТОНАСЕЛЕНІЙ МІСЦЕВОСТІ

Рибка О.О., студент, Казанський С.В., к.т.н., доц.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Системи електропостачання у великих містах виконуються переважно на базі кабельних ліній (КЛ) напругою 6 – 35 кВ, які характеризуються підвищеною кількістю аварійних відключень [1]. Тому забезпечення їх надійної роботи є важливим і актуальним завданням. Особливо складним є прокладання КЛ у густонаселеній місцевості, а саме історичних центрах, районах щільної міської забудови тощо. При цьому безаварійна експлуатація КЛ значною мірою залежить від дотримання відповідних нормативів під час їх прокладання [2, 3].

Мета роботи – дослідити заходи із забезпечення експлуатаційної надійності КЛ напругою 6 – 35 кВ під час їх прокладання у густонаселеній місцевості.

Матеріали досліджень. При прокладанні КЛ траса і будівельні довжини кабелів мають бути обрані таким чином, щоб при протягуванні кабелю не було перевищено допустиме зусилля натягу.

Зусилля, що виникає в кінці прямої траси при тяжінні кабелю, розраховується

для траси без різниці рівнів:

$$F = 9,81 \cdot M \cdot L \cdot \mu, \text{ Н,}$$

де M – вага кабелю, кг/м; L – довжина кабелю, м; μ – коефіцієнт тертя.

для траси з нахилом:

$$F = 9,81 \cdot M \cdot L \cdot (\mu \cos\beta \pm \sin\beta), \text{ Н,}$$

де β – кут нахилу траси; «+» – при протяганні кабелю знизу вгору; «-» – при протяганні зверху вниз.

Вигини траси підвищують зусилля натягу на коефіцієнт, що залежать від кута вигину і коефіцієнта тертя. Зусилля на виході вигину:

$$F_E = F_A \cdot e^{\mu\alpha}, \text{ Н,}$$

де F_A – зусилля на вході вигину; $e=2,718$ – основа натурального логарифма; α – кут вигину, радіан; μ – коефіцієнт тертя.

Орієнтовна величина коефіцієнта тертя і становить:

- при протягуванні по роликам: 0,20-0,30;
- при протягуванні в бетонні блоки: 0,40-0,60;
- при протягуванні в пластмасові труби:
- з використанням мастила: 0,10-0,20;
- за допомогою проливання води: 0,15-0,25;
- за допомогою мастила і води: 0,10-0,15.

Під час протягування кабелю по вигину виникає радіально направлена сила, величина якої залежить від зусилля натягу, радіусу і кута вигину.

Схему розрахунку зусиль натягу наведено на рис. 1.

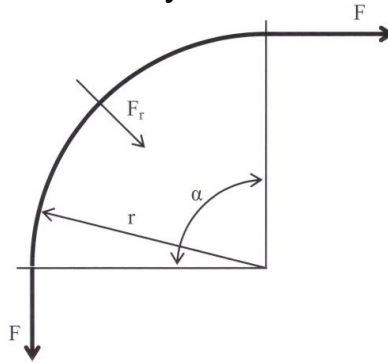


Рисунок 1 – Схема розрахунку зусиль натягу

Радіальний тиск на одиницю довжини:

$$F_r = \frac{F \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{r \cdot \pi \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}}, \text{ Н/м,}$$

де F – зусилля натягу кабелю, Н; α – кут вигину, $^\circ$; r – радіус вигину, м; $\pi = 3,14$.
 При $\alpha = 0 \dots 90^\circ$ можна використовувати спрощену формулу:

$$F_r = \frac{E}{r}, \text{ Н/м.}$$

Максимально допустимий радіальній тиск для неброньованого кабелю становить:

- 10000 Н/м – при протягуванні в трубах;
- 1500 Н/м – при протягуванні через кутовий ролик.

При використанні системи роликів:

- 7500 Н/м – при установці 5 роликів на 1 м довжини;
- 4500 Н/м – при установці 3 роликів на 1 м довжини.

Розглянемо приклад визначення зусиль натягу під час прокладання КЛ, схему якої наведено на рис. 2.

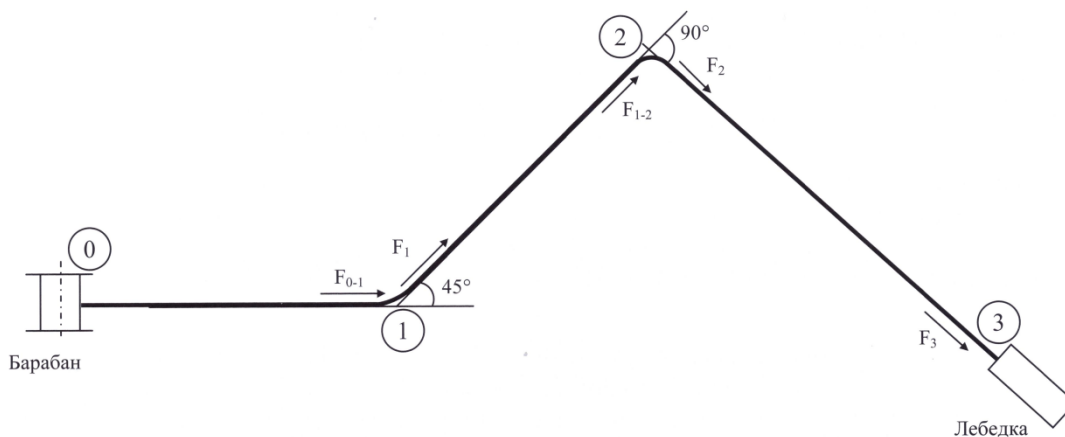


Рисунок 2 – Фрагмент схеми траси кабельної лінії

Довжина траси КЛ – 350 м. Кабель перерізом 3х120 мм² протягується по роликам. Траса має два вигину – 45° та 90°, радіус вигину 1,0 м, довжина ділянки 0-1 та 1-2 – 100 м, довжина ділянки 2-3 – 150 м. Різниця рівнів між точками 3 та 2 дорівнює +15 м. Зовнішній діаметр – 63,3 мм, вага – 3,1 кг/м.

Мінімальний радіус вигину для обраного кабелю: 15х63,3=950 мм, отже, радіус вигину 1,0 м є допустимим.

Зусилля натягу в кінці ділянки 0-1:

$$F_{0-1} = 9,81 \cdot 3,1 \cdot 0,30 \cdot 100 = 912,3 \text{ Н.}$$

Зусилля натягу на виході з вигину 1:

$$F_1 = F_{0-1} \cdot e^{0,30 \cdot (45 \cdot \pi / 180)} = 912,3 \cdot 1,26 = 1154,7 \text{ Н.}$$

Зусилля натягу в кінці ділянки 1-2:

$$F_{1-2} = F_1 + 9,81 \cdot 3,1 \cdot 0,30 \cdot 100 = 1154,7 + 912,3 = 2067 \text{ Н.}$$

Зусилля натягу на виході з вигину 2:

$$F_2 = F_{1-2} \cdot e^{0,30 \cdot (90 \cdot \pi / 180)} = 2067 \cdot 1,60 = 3307,2 \text{ Н.}$$

Кут нахилу ділянки 2-3 складає: $\arcsin(15/150) = 5,7^\circ$

Зусилля натягу в кінці ділянки 2-3:

$$F_{2-3} = 3307,2 + 9,81 \cdot 3,1 \cdot 0,30 \cdot 150(0,30 \cos(5,7) + \sin(5,7)) = 5121,9 \text{ Н.}$$

Допустиме зусилля натягу кабелю дорівнює 30х3х120=10800 Н, тобто обрана траса і метод протягання забезпечить зусилля натягу в межах допустимого.

Радіальний тиск на вигині 1 складе:

$$F_{r1} = \frac{1154,7 \cdot \sin \frac{135^\circ}{2}}{1,0 \cdot \pi \cdot \frac{135^\circ}{360^\circ}} = 905,5 \text{ Н/м.}$$

На вигині 2:

$$F_{r2} = \frac{3307,2 \cdot \sin \frac{90^\circ}{2}}{1,0 \cdot \pi \cdot \frac{90^\circ}{360^\circ}} = 2977,5 \text{ Н/м.}$$

Отримані значення радіального тиску показують, що на першому вигині досить установки одного кутового ролика (допустимий радіальний тиск 1500 Н/м), а на другому необхідно встановити систему роликів (допустимий радіальний тиск 4500 Н/м при установці трьох роликів на 1 м довжини).

Загальний вигляд кабельних роликів наведено на рис. 3.

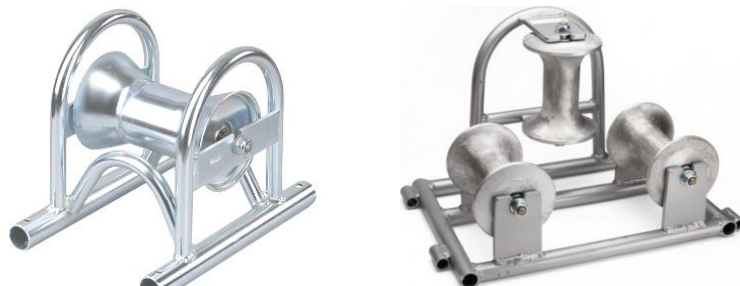


Рисунок 3 – Загальний вигляд кабельних роликів

Загальний вигляд кабельного барабану та роликів для сходу кабелю з барабану наведено на рис. 4.



Рисунок 4 – Загальний вигляд кабельного барабану та роликів для сходу кабелю з барабану

Загальний вигляд гідравлічного штовхача та кабельної лебідки наведено на рис. 5.

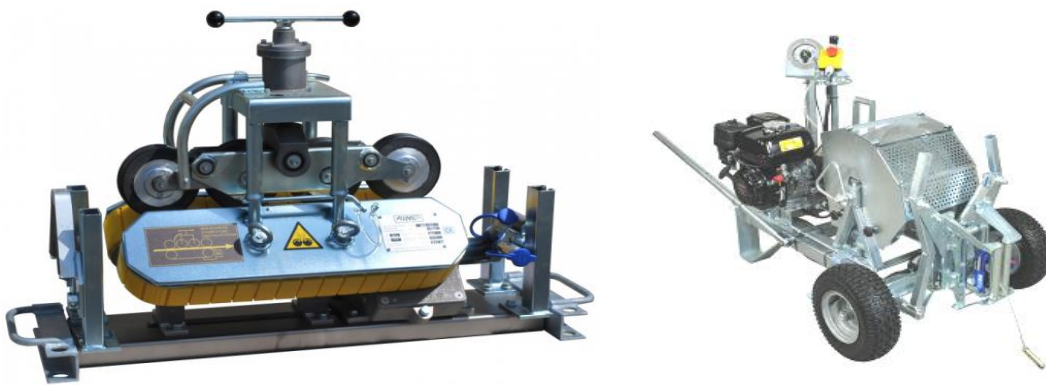


Рисунок 5 – Загальний вигляд гідравлічного штовхача та кабельної лебідки

Висновки. Здійснення попередніх розрахунків траси КЛ, визначення зусиль натягів та значень радіального тиску на вигинах дозволяє оптимізувати процес прокладання кабелів у густонаселеній місцевості і забезпечити багаторічну надійну експлуатацію КЛ, а отже і надійність електропостачання споживачів.

Перелік послань

1. Казанський С.В. Надійність електроенергетичних систем: навчальний посібник [Текст] / С.В. Казанський, Ю.П. Матеєнко, Б.М. Сердюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 216 с. – ISBN 978-966-622-453-1.
2. СОУ-Н МЕВ 40.1-37471933-49:2011 Проектування кабельних ліній напругою до 330 кВ. Інструкція. – К.:ОЕП «ГРІФРЕ», 2011.
3. СОУ-Н МЕВ 40.1-37471933-50:2011 Монтаж кабельних ліній електропередавання напругою 10-330 кВ. Інструкція. – К.:ОЕП «ГРІФРЕ», 2011.