

А. Н. Гребенюк

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ДЛИНУ ПРОЛЕТА ЛЭП

Проблема

Климатические условия, которые сложились в настоящее время в Украине, приводят к массовым повреждениям электрических сетей. Наибольшие гололедные и гололедно-ветровые повреждения в Украине повторяются приблизительно через каждые 5-10 лет., но особо часты они в приморских и горных регионах.

Имеется много рекомендаций по плавке гололеда как постоянным током, так и переменным [4, 5], где приведены методика расчетов и схемы для плавки гололеда. Существуют приборы, которые позволяют определять количество и вес гололедных отложений на проводах и тросах.

Цель статьи – проанализировать влияния изменения пролета на механическую прочность проводов и опор линий электропередач.

Прочность проводов должна быть достаточной для каких-либо условий работы линий электропередач. Поэтому для обеспечения такой прочности должны учитываться условия наибольшей нагрузки на провода. Наибольшая нагрузка на провода может быть в двух случаях [2]:

- наибольшая внешняя нагрузка на провода;
- наименьшая температура окружающей среды.

Изменение климатических условий влияет на механическое состояние проводов, тросов, опор. Линии электропередач функционируют в постоянно изменяющихся климатических условиях, которые предопределяют механическое напряжение проводов. Взаимосвязь между напряжением проводов стрел провеса и температурой можно выразить математической зависимостью, которая носит название уравнения состояния проводов. Для получения такого уравнения допускаем, что провод представляет собой идеальную гибкую упругую нить с постоянным значением модуля упругости по длине провода.

Принимаем, что исходные условия характеризуются удельной нагрузкой g_n , температурой Θ_n и напряжением в проводах σ_n , которые определяют стрелу провеса f_n и длину провода в пролете L_n при длине пролета l . При других климатических условиях это: $g_m, \Theta_m, \sigma_m, f_m, L_m$.

При изменении механической нагрузки и температуры наблюдается удлинение провода в пролете. Тогда длина провода в пролете при разных климатических условиях определяется как (2):

$$L_n = L_m \left[l + \alpha (\Theta_n - \Theta_m) + \frac{\sigma_n - \sigma_m}{E} \right], \quad (1)$$

где α - коэффициент температурного расширения материала провода; E - модуль упругости материала провода.

Для принятых и других климатических условий

$$L_n = l + \frac{g_n^2 l^3}{24\sigma_n^2}, \quad L_m = l + \frac{g_m^2 l^3}{24\sigma_m^2}.$$

Подставим эти значения в выражение (1) и получим:

$$l + \frac{g_n^2 l^3}{24\sigma_n^2} = \left(l + \frac{g_m^2 l^3}{24\sigma_m^2} \right) \left[l + \alpha(\Theta_n - \Theta_m) + \frac{\Theta_n - \Theta_m}{E} \right].$$

Отсюда, пренебрегая некоторыми малыми значениями:

$$\sigma_n - \frac{g_n^2 l^3 E}{24\sigma_n^2} + \alpha E \Theta_n = \sigma_m - \frac{g_m^2 l^3 E}{24\sigma_m^2} + \alpha E \Theta_m. \quad (2)$$

Это уравнение называется уравнением состояния провода. Оно позволяет определить напряженность провода, если имеются значения хотя бы для каких-либо климатических условий. На практике для расчета принимают допустимые значения напряженности провода σ при известных климатических условиях.

Как видно из уравнения (2), напряженность провода зависит от длины пролета. Чтобы определить при каком пролете наступает наибольшая напряженность проводов, следует рассмотреть изменение длины пролета при постоянном значении σ_m .

При уменьшении длины пролета $l \rightarrow 0$ из уравнения состояния провода (2) пропадают составляющие длины l . Тогда

$$\sigma_n = \sigma_m - \alpha E \cdot (\Theta_m - \Theta_n). \quad (3)$$

Уравнение (3) показывает, что при малой длине пролета наибольшая напряженность проводов определяется условиями возникновения наименьшей температуры.

Для дальнейшего анализа уравнение (2) представим так:

$$\frac{\sigma_n}{l^2} - \frac{g_n^2 l^3 E}{24\sigma_n^2} + \frac{\alpha E \Theta_n}{l^2} = \frac{\sigma_m}{l^2} - \frac{g_m^2 l^3 E}{24\sigma_m^2} + \frac{\alpha E \Theta_m}{l^2}. \quad (4)$$

Теперь видно, что некоторые составляющие уравнения (4) будут уменьшаться при увеличении длины пролета. При $l \rightarrow \infty$ этими составляющими в уравнении (4) можно пренебречь. Тогда

$$\frac{g_n^2}{\sigma_n^2} = \frac{g_m^2}{\sigma_m^2}.$$

Откуда

$$\sigma_n = \sigma_m \left(\frac{g_n}{g_m} \right), \quad (5)$$

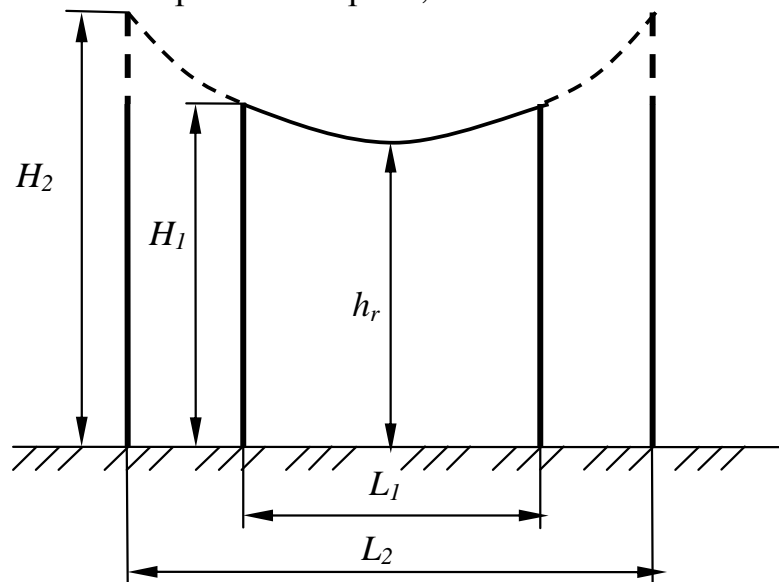
т.е. при большой длине пролетов напряженность проводов зависит только от механических нагрузок.

Таким образом, при маленьких пролетах напряженность в проводе определяется климатическими условиями - наименьшей температурой $\Theta_{нм}$ (провода нагружены только собственной массой g_1). При больших пролетах наибольшая напряженность в проводе определяется климатическими условиями, что соответствует наибольшей нагрузке на провода (температура провода соответствует температуре налипания гололеда).

Как видно из приведенного рисунка, геометрические размеры опоры тесно связаны с длиной пролета, т.е.

$$h_r (\text{дон}) = H - f_{нб} - h_n - \lambda - h_m,$$

где h_r - расстояние нисшей точки провода от земли; f - стрела провеса провода (расстояние по вертикали между прямой с нисшей точкой провеса провода); H - высота опоры; h_n - расстояние между проводами на опоре; λ - высота гирлянды изоляторов; h_m - высота закрепления троса;



Зависимость высоты опоры от длины пролета

При уменьшении длины пролета от L_2 до L_1 нужно уменьшать высоту опоры H_2 до H_1 , что ведет к уменьшению затрат металла на одну опору, и к

увеличению их количества в линии электропередачи. Таким образом, выбор длины пролета - это техническая (механическая нагрузка проводов) и экономическая (количество опор в линии) задачи.

Надежная работа воздушных линий электропередач при каких-либо климатических условиях обеспечивается их механической прочностью. Поэтому в процессе проектирования воздушных линий ее механическую прочность рассчитывают как при нормальном, так и аварийном (обрыв одного или двух проводов, одного троса) режимах. Поскольку в электроэнергетике применяют метод унификации конструктивных изделий (опор, фундаментов, проводов, тросов), то разрабатывать конструкцию этих элементов для каждой конкретной воздушных линий не имеет смысла. При принятых унифицированных опорах и длине пролета нужно выполнить только проверку по минимально допустимому сечению проводов [6,7]. Для воздушных линий разных номинальных напряжений директивными документами определены наименьшие допустимые габариты приближения проводов к земле. Исключения составляют особые случаи, когда условия использования унифицированных изделий требуют дополнительных расчетов. К таким относят случаи при очень больших пролетах линий, обусловленных прохождением через широкие реки, в горных условиях и т.п.

Выводы

Если уменьшить длину пролета, то уменьшается и нагрузка на воздушную линию электропередач, но это можно делать только там, где в связи с аварией были разрушены или повреждены опоры на большом участке, а также при проектировании и монтаже новых линий электропередач.

Список литературы

1. Гребенюк А.М. До питання про реальні методи попередження аварій від обледеніння ЛЕП // Гірнична електромеханіка та автоматика: Наук. – техн. зб. – 2003. – Вип. 70 – С.15-18.
2. Розрахунки електричних мереж систем електропостачання. Навч. посібник. /Г.Г. Півняк, Н.С. Волотковська, Г.А. Кігель, А.В. Коротун: За ред. Г.Г.Півняка. – К.: ІЗМН, 1998.-136 с.
3. Бургсдорф В.В., Мурешов Н.С. Гололедные нагрузки воздушных линий электропередачи в СССР.// Сб. науч. тр. ВНИИЗ. -1960. – Вып 10. X, Госэнергоиздат, - 368 с.
4. Методические указания по плавке гололеда переменным током. –М.: Союзтехэнерго, 1983.– 4.1. – 57 с.
5. Методические указания по плавке гололеда постоянным током. –М. Союзтехэнерго, 1983. – 4.2. – 63 с.
6. Керівні вказівки з улаштування повітряних ліній електропередач 10 (6) кВ. – К.: ДП „НТУКЦ” АЕЕ, 2003. – 46 с.
7. Крюков К.П., Новгородцев Б.П. Конструкция и механический расчет линий электропередачи. –М.: Энергия, 1970. – 124 с.