

УДК 621.315.176

Стрелы провеса проводов пролетов с разными натяжными гирляндами изоляторов

Абраменко М.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент БЛАДЫКО Ю.В.

Для механического расчета гибких проводов распределительных устройств и воздушных линий выведены коэффициенты нагрузки, учитываемые в решении уравнений состояния, при наличии одной или двух одинаковых натяжных гирлянд изоляторов, а также при их отсутствии [1, 2]. Однако в проектной практике встречаются решения, когда в одном пролете используются различные гирлянды. Цель статьи – определение коэффициентов для расчета стрел провеса при наличии в пролете разных гирлянд изоляторов.

В методике [2] для перехода от неоднородной нити, получающейся при представлении системы «первая натяжная гирлянда изоляторов – токопровод - вторая натяжная гирлянда изоляторов», к эквивалентной однородной при любой схеме загрузки пролета определяется переходный коэффициент нагрузки K . Приведенная нагрузка всей системы вычисляется как произведение величины равномерно распределенной нагрузки для проводов фазы на коэффициент нагрузки, учитывающий наличие гирлянд изоляторов, сосредоточенных нагрузок от шлейфов, отпаек, распорок, заградительных шаров [3].

При длинах пролета до 500-700 м уравнение цепной линии заменяют параболой, что не дает большую погрешность. В [3] были проведены расчеты по существующим методикам, которые дали схожие результаты. Наиболее близкие результаты дали представление провода цепной линией и использование двух слагаемых разложения в ряд при расчете стрел провеса. Представление провода параболой дало абсолютную погрешность в расчетах всего пару сантиметров. Тяжение провода при наличии сосредоточенной нагрузки рассчитывалось по уравнению состояния и совпадало с результатами расчета по программе MR2.20 [4]. В [4] был сделан вывод, что при известных значениях составляющих сосредоточенных сил можно пользоваться принятой в проектной практике моделью провода в виде параболы.

Стрела провеса (рис. 1) в любом месте пролета может быть определена по формуле

$$y = \frac{M(x)}{H}, \quad (1)$$

где $M(x)$ – балочный изгибающий момент в точке x ;

H – горизонтальная составляющая тяжения в проводе.

Стрелы провеса определяются на основании общей формулы (1). Опорные балочные реакции определяются согласно рис. 1 по формулам:

$$A = \frac{ql}{2} + (q_{r1} - q)l_{r1} + \frac{qc - d}{2l};$$

$$B = \frac{ql}{2} + (q_{r2} - q)l_{r2} - \frac{qc - d}{2l},$$

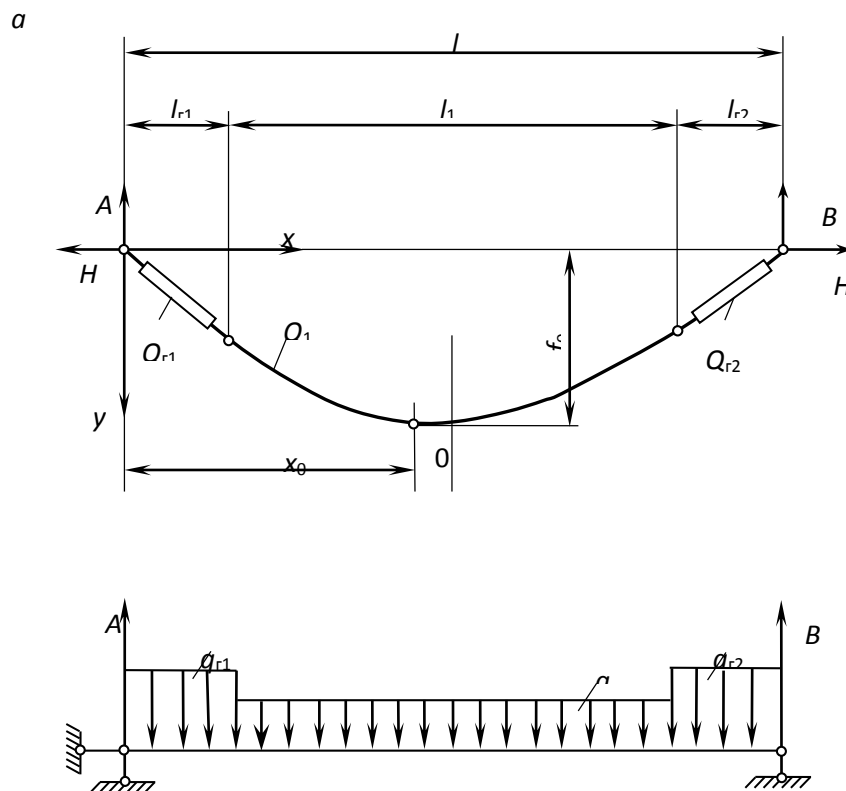
$$\text{где } c = l_{r1}^2 - l_{r2}^2; \quad d = q_{r1}l_{r1}^2 - q_{r2}l_{r2}^2,$$

q – погонный вес проводов фазы (если фаза не имеет расщепления, то просто вес 1 м провода);

q_{r1}, q_{r2} – погонный вес первой и второй гирлянд изоляторов (с учетом возможного многоцепного исполнения, а также арматуры, зажимов, коромысел и др.);

l – длина пролета (горизонтальное расстояние между точками крепления);

l_{r1}, l_{r2} – длины первой и второй натяжных гирлянд изоляторов.



а) пролет с вертикальными нагрузками от провода q , гирлянд изоляторов q_{r1} и q_{r2} ;
 б) пролет в виде простой разрезной балки с шарнирными опорами, загруженной так же
 Рисунок 1 – Расчетная схема пролета

Вводим обозначения:

$K_{B1} = \frac{q_{r1}}{q}$; $K_{B2} = \frac{q_{r2}}{q}$ – кратности веса первой и второй натяжных гирлянд изоляторов

относительно веса провода;

$K_{r1} = \frac{l_{r1}}{l}$; $K_{r2} = \frac{l_{r2}}{l}$ – кратности длин первой и второй натяжных гирлянд изоляторов

относительно длины пролета.

После упрощения получим опорную балочную реакцию

$$A = \frac{ql}{2} \left[1 + \delta_1 \left(\frac{2l}{l_{r1}} - 1 \right) + \delta_2 \right],$$

где $\delta_1 = (K_{B1} - 1)K_{r1}^2$; $\delta_2 = (K_{B2} - 1)K_{r2}^2$ – коэффициенты, учитывающие наличие первой и второй натяжных гирлянд изоляторов.

Рассмотрим случай расположения максимальной стрелы провеса на проводе на рис. 1. На этом участке провода до точки x имеем балочный изгибающий момент

$$M(x) = Ax - q_{r1}l_{r1} \left(x - \frac{1}{2}l_{r1} \right) - \frac{1}{2}q(x - l_{r1})^2,$$

что дает по формуле (1) стрелу провеса

$$y(x) = \frac{1}{H} \left[Ax - q_{r1} l_{r1} \left(x - \frac{1}{2} l_{r1} \right) - \frac{1}{2} q (x - l_{r1})^2 \right] \text{ при } l_{r1} < x < l - l_{r2}.$$

Максимальная стрела провеса будет на расстоянии x_0 от начала пролета:

$$x_0 = \frac{l}{2} + \frac{1}{2l} \left(c - \frac{d}{q} \right) \text{ или } x_0 = \frac{1}{2} \left(l + \frac{c}{l} - \frac{d}{ql} \right) = \frac{1}{2} \left(l + \frac{qc - d}{ql} \right)$$

и равна

$$f_0 = \frac{1}{8H} \left[ql^2 + 2(q_{r1} - q)l_{r1}^2 + 2(q_{r2} - q)l_{r2}^2 + \frac{(qc - d)^2}{ql^2} \right] \text{ или}$$

$$f_0 = y(x_0) = \frac{ql^2}{8H} K_f, \quad (2)$$

где K_f – коэффициент увеличения стрелы провеса, обусловленный наличием гирлянд изоляторов:

$$K_f = 1 + 2(K_{B1} - 1)K_{r1}^2 + 2(K_{B2} - 1)K_{r2}^2 + 2(K_{B1} + K_{B2} - 1)K_{r1}^2 K_{r2}^2 - (2K_{B1} - 1)K_{r1}^4 - (2K_{B2} - 1)K_{r2}^4 + (K_{B1}K_{r1}^2 - K_{B2}K_{r2}^2)^2.$$

После упрощения получим

$$K_f = 1 + 2(K_{B1} - 1)K_{r1}^2 + 2(K_{B2} - 1)K_{r2}^2 + \left[(K_{r1}^2 - K_{r2}^2) - (K_{B1}K_{r1}^2 - K_{B2}K_{r2}^2) \right]^2$$

или

$$K_f = 1 + 2\delta_1 + 2\delta_2 + \delta_{12}, \quad (3)$$

где $\delta_{12} = \left[(K_{r1}^2 - K_{r2}^2) - (K_{B1}K_{r1}^2 - K_{B2}K_{r2}^2) \right]^2 = (\delta_1 - \delta_2)^2$ – коэффициент, учитывающий разницу в параметрах гирлянд изоляторов.

Таким образом, получена компактная формула (3), позволяющая учесть разные натяжные гирлянды изоляторов.

Литература

1. Бладыко, Ю. В. Механический расчет гибких токопроводов при замене сосредоточенных сил распределенной нагрузкой / Ю. В. Бладыко // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2018. Т. 61, № 2. С. 97-107.
2. Бладыко, Ю. В. Механический расчет гибких токопроводов при замене сосредоточенной нагрузки распределенной с учетом конструктивных элементов / Ю. В. Бладыко // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2018. Т. 61, № 3. С. 220-234.
3. Сергей, И. И. Механический расчет гибких проводов воздушных линий с заградительными шарами / И. И. Сергей, Ю. В. Бладыко // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2018. Т. 61, № 4. С. 299-309.