

DOI: 10.18454/mca.2016.02.2

Танасогло А.В.¹, Гаранжа И.М.², Мишура С.Н.³¹Кандидат технических наук, доцент; ²кандидат технических наук, доцент; ³старший преподаватель, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ОПОР ПРИ ДЕЙСТВИИ НАГРУЗОК ОТ ОБРЫВОВ ПРОВОДОВ****Аннотация**

В статье выполнены теоретические исследования НДС решетчатых промежуточных опор с подвесными гирляндами изоляторов с последующей экспериментальной проверкой полученных результатов. Обоснована необходимость учета динамической составляющей аварийной нагрузки при проектировании, обследовании и реконструкции воздушных линий электропередачи.

Ключевые слова: воздушная линия (ВЛ), решетчатая опора, напряженно-деформированное состояние, аварийная нагрузка, динамический расчет.

Anton Tanasoglo¹, Igor Garanzha², Sergey Mishura³¹PhD in Engineering, associate professor; ²PhD in Engineering, associate professor; ³senior lecturer, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture**THEORETICAL INVESTIGATIONS OF DEFORMATION MODE OF THE INTERMEDIATE HIGH VOLTAGE SUPPORTS UNDER THE ACTION OF LOADS FROM THE BROKEN WIRES****Abstract**

We have completed some theoretical investigations of deformation mode of lattice intermediate supports with suspended insulating garlands with further experimental verification of the results. The necessity of accounting the dynamic component of the emergency load for the design, review and reconstruction of overhead power lines has been substantiated.

Keywords: overhead power line (OPL), lattice support, mode of deformation, emergency load, dynamic calculation.

Введение

Воздушные линии характеризуются значительной вариацией не только конструктивных форм, но и геометрических параметров, которыми являются длины пролетов, разность отметок фундаментов, различные стрелы провеса и т.д. [1, 2]. Причем, как правило, даже на одной ВЛ практически невозможно найти строительные конструкции опор с абсолютно одинаковыми статическими расчетными нагрузками. Спектр динамических воздействий значительно более широк. Такие нагрузки оказывают большее влияние не только на НДС металлоконструкций опор, но и приводят к усталостным повреждениям, которые в настоящее время достаточно тяжело предсказать из-за значительного количества варьируемых параметров [3].

Поэтому необходимо совершенствовать не только принципы мониторинга и наблюдения за поведением конструкций ВЛ при аварийных нагрузках, но и разработать наиболее простые способы учета динамической составляющей при одновременном действии природно-климатических нагрузок и нагрузок от обрывов токоведущих проводов и грозозащитных тросов.

Теоретические исследования НДС решетчатых опор ВЛ при действии аварийных нагрузок

Так как превышение климатических нагрузок над расчетными и неудовлетворительное техническое состояние ВЛ приводит к возникновению аварийных ситуаций, были выполнены теоретические исследования НДС стальных промежуточных опор с подвесными гирляндами изоляторов с последующей экспериментальной проверкой полученных результатов. Предложена методика расчета опор с использованием конечно-элементного программно-вычислительного комплекса «Лира».

В расчете использованы следующие допущения: импульс на конструкцию опоры от обрыва токоведущего провода в одной из фаз через подвесную гирлянду изоляторов задается в виде полуволны синусоиды (рис. 1), абсолютная величина которого принимается 1,9 от статического значения (1); продолжительность импульса определяется по (2):

$$\vec{T}_d = 1,9 \times \vec{T}_c. \quad (1)$$

$$t_i = \begin{cases} 0,2 \rightarrow i_1 \leq 0,2 \\ i_1 \rightarrow 0,2 < i_1 \leq 0,4 \\ 0,4 \rightarrow i_1 > 0,4 \end{cases}, \quad (2)$$

где t_i – длительность импульса; i_1 – период собственных колебаний по первой форме.

Нормы [4] дают четкое определение коэффициента динамичности, однако по продолжительности импульса определена только верхняя граница. Для установления степени влияния данного фактора были проведены расчеты при помощи ПВК «Лира».

На основании проведенных расчетов двухцепных опор ВЛ напряжением 110–220 кВ установлено, что динамические усилия необходимо учитывать при отношении периода внешнего воздействия к периоду собственных колебаний по первой форме в пределах от 0,4 до 1,7.

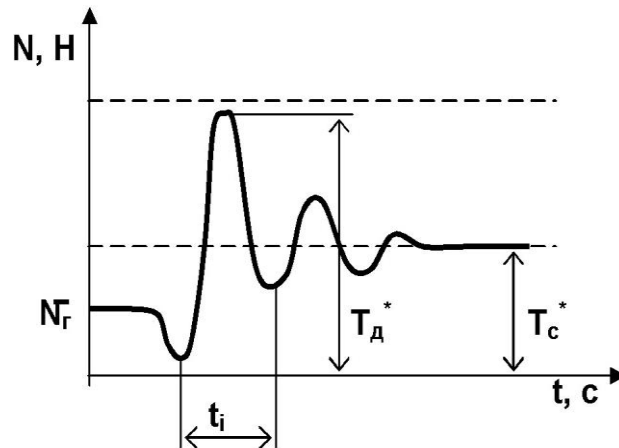


Рис. 1 – Форма и продолжительность действия импульса

Для учета поддерживающего влияния необорванных проводов и грозотросов рассчитывались статические силы, препятствующие перемещениям опоры, которые затем вводились в расчет как инерционные массы. Все предшествующие статические расчеты выполнялись по методике разработанной в [5].

Импульс прикладывался в точке подвеса провода на средней траверсе опоры ВЛ, причем в расчет вводилась горизонтальная и вертикальная составляющая импульса в соответствии с углом отклонения гирлянды изоляторов у места обрыва, рассчитанного по [5].

На рисунке 2 изображен общий вид промежуточной опоры ВЛ 220 кВ. Статический и динамический расчеты опоры выполнены в ПК «Лира» (рис. 3).



Рис. 3 – Общий вид промежуточной опоры ВЛ 220 кВ «Александрия - Северная» (Кировоградская обл.)

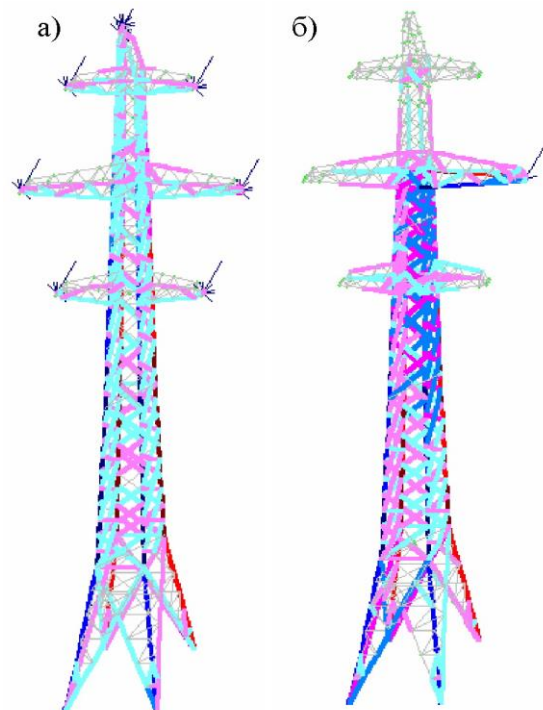


Рис. 4 – Распределение усилий в элементах опоры ПБГ-4:
а) статический расчет; б) динамический расчет.

Выполненные расчеты промежуточных башенных опор напряжением 220 кВ по разработанной методике с учетом динамического эффекта упрочнения стали показывают, что полученные напряжения превышают результаты расчета по нормативной методике [4] на 17–24 % для поясов и на 8–12 % для элементов решетки. Данный факт обосновывает

необходимость учета динамических нагрузок от обрывов проводов при проектировании опор линий электропередачи. Причем при расчете усилий в элементах поясов ствола и траверс, а также раскосов подставки опоры динамические нагрузки являются определяющими, а в раскосах средней части ствола определяющими являются напряжения статического режима (см. рис. 3).

Экспериментальная проверка теоретических исследований НДС опор при действии аварийных нагрузок на модели воздушной линии

Для проверки предложенной методики были проведены динамические испытания при обрыве провода в одной из фаз опоры У220-2+9 на Полигоне испытаний линий электропередачи и башенных сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры (ДонНАСА). В качестве объекта исследования рассмотрена стальная башенная решетчатая опора (рис. 4). Опора устанавливалась на опорные силовые балки, которые расположены на силовом полу Полигона испытаний.

На рисунке 5 показан узел подвески провода при помощи изолятора с регулируемой длиной с расстановкой измерительных приборов.



Рис. 4 – Общий вид испытываемой опоры У220-2+9 на Полигоне ДонНАСА



Рис. 5 – Узлы крепления проводов с расстановкой измерительных приборов

Сравнение результатов теоретических и экспериментальных результатов показало, что количество промежуточных пролетов в анкерном участке оказывает влияние только на процесс затухания колебаний в проводе после обрыва.

При увеличении диаметра провода для соблюдения подобия длина гирлянды изоляторов также увеличивалась. Полученные результаты приведены на рис. 6.

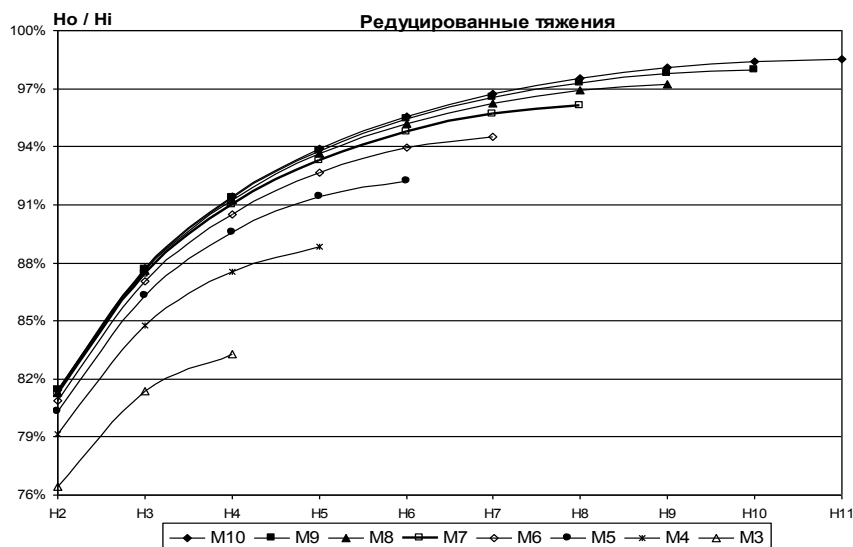


Рис. 6 – Тяжение без учета гибкости опор

Экспериментально полученные формы импульса, коэффициенты динамичности и тяжения в проводах отличаются от теоретически рассчитанных на 6–14 %.

Таким образом, расчеты по предложенной методике показали, что пульсационное воздействие ветра при расчетных значениях скоростей не оказывает существенного влияния, т. к. продолжительность порывов намного превышает периоды первых собственных частот колебаний конструкций опор. В то же время влиянием динамической составляющей при обрыве проводов пренебречь нельзя, поскольку она оказывает большое влияние на НДС элементов промежуточных опор ВЛ с подвесными изоляторами.

Выводы

1. Выполненные теоретические исследования напряженно-деформированного состояния промежуточных опор ВЛ при действии динамических и статических нагрузок от обрыва токоведущих проводов выявили необходимость совместного учета данных режимов.

2. Обоснована необходимость учета динамической составляющей аварийной нагрузки при проектировании, обследовании и реконструкции воздушных линий электропередачи. В результате проведенных расчетов установлено, что динамические составляющие превышают усилия соответствующих статических режимов при обрыве провода на 7–21 %.

Литература

1. Крюков, К. П. Конструкции и механический расчёт линий электропередачи [Текст] / К. П. Крюков, Б. П. Новгородцев. – [2-е изд.]. – Л. : Энергия, 1979. – 312 с.
2. Танасогло, А.В. Оптимальные конструктивные решения двухцепных анкерно-угловых опор линий электропередачи 110 кВ / А.В. Танасогло // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2015. – Т. 11, № 1. – С. 5–14.
3. Shevchenko, Ye.; Nazim, Ya.; Tanasoglo, A.; Garanzha, I. Refinement of wind loads on lattice support structures of the intersystem overhead power transmission lines 750 kV, *Procedia Engineering* (2015) 117, pp. 1033-1040.
4. Правила устройства электроустановок. Глава 2.5 «Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ до 750 кВ». – Офиц. изд. – К. : ОЭП «ГРИФРЭ», 2006. – 125 с. – (Нормативный документ Министерства топлива и энергетики Украины).
5. Танасогло, А.В. Уточнение коэффициента динамичности промежуточной башенной опоры П110-6 при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки / А.В. Танасогло // Металлические конструкции. – 2015. – Т. 21, №1. – С. 39–48.

References

1. Krjukov, K. P. Konstrukcii i mehanicheskij raschjot linij jelektroperedachi [Tekst] / K. P. Krjukov, B. P. Novgorodcev. – [2-е изд.]. – Л. : Jenergija, 1979. – 312 s.
2. Tanasoglo, A.V. Optimal'nye konstruktivnye reshenija dvuhcepnnyh ankerno-uglovyh opor linij jelektroperedachi 110 kV / A.V. Tanasoglo // Sovremennoe promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2015. – Т. 11, № 1. – С. 5–14.
3. Shevchenko, Ye.; Nazim, Ya.; Tanasoglo, A.; Garanzha, I. Refinement of wind loads on lattice support structures of the intersystem overhead power transmission lines 750 kV, *Procedia Engineering* (2015) 117, pp. 1033-1040.
4. Pravila ustrojstva jelektroustanovok. Glava 2.5 «Vozdushnye linii jelektroperedachi naprjazheniem vyshe 1 kV do 750 kV». – Ofic. izd. – K. : OJeP «GRIFRJe», 2006. – 125 s. – (Normativnyj dokument Ministerstva topliva i jenergetiki Ukrainy).
5. Tanasoglo, A.V. Utochnenie koefficienta dinamichnosti promezhutochnoj bashennoj opory P110-6 pri dejstvii pul'sacionnoj sostavljajushhej vetrovoj nagruzki / A.V. Tanasoglo // Metallicheskie konstrukcii. – 2015. – Т. 21, №1. – С. 39–48.