

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ САМОНЕСУЩИХ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ

К. С. Баранкевич, Д. А. Купреева

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
транспорта», г. Гомель*

Научный руководитель А. О. Шимановский

*Рассмотрена целесообразность замены неизолированных проводов воздушных линий электропередачи на самонесущие изолированные. Показано, что изолированный провод может быть размещен на уже существующих опорах. Представлены результаты конечно-элементного моделирования устройств воздушной линии электропередачи под действием статических и динамических нагрузок в среде программы ANSYS. Приведены результаты расчетов колебаний проводов, вызванных резким изменением нагрузки.*

**Ключевые слова:** воздушная линия, самонесущий изолированный провод, прочность, колебания.

В настоящее время в воздушных линиях электропередач используют провода из алюминия и сталеалюминия, которые обладают рядом недостатков, снижающих надёжность электроснабжения. Для ее повышения такие провода заменяют на самонесущие изолированные [1, 2]. В Беларуси они используются уже более 10 лет, а протяженность соответствующих распределительных сетей 10 кВ составляет несколько сотен километров.

Реконструкция воздушной линии электропередачи путем замены неизолированных проводов на изолированные, как правило, выполняется на основе использования уже имеющихся опор. Поэтому возникает необходимость анализа прочности несущих конструкций и устройств воздушных линий электропередач с учетом изменения нагрузок от веса провода, причем здесь следует принимать во внимание действие как статических, так и динамических нагрузок.

Методика проектных расчетов воздушных линий электропередач достаточно подробно описана в литературе, в том числе с учетом действия нагрузок, вызванных действием различных факторов окружающей среды. Так, в [3] рассматривается методика расчета ожидаемых нагрузок ветра на основе использования специально разработанной программы. Аналогичная задача решается в работе [4], при этом описаны как нормальный режим работы, так и случай обрыва фазного провода. В [5] представлен алгоритм выполнения работ по замене голого провода на самонесущий изолированный провод под напряжением между двумя анкерными пролетами воздушной линии 10 кВ.

Выполненный анализ публикаций продемонстрировал, что не до конца изучена ситуация с возможностью использования элементов существующих ЛЭП в модернизированных воздушных линиях. Целью представленной работы является создание методики анализа прочности элементов воздушной линии электропередач с учетом изменения характеристик проводов на примере предприятия «Солигорскгаз».

Исходя из интенсивности внешних воздействий на конструктивные элементы воздушной линии, соответствующей частоты повторяемости наибольших гололедной и ветровой нагрузок (один раз в 25 лет) получено, что нормативное ветровое давление на высоте 10 м над поверхностью земли для III ветрового района составляет 650 Па. Для местности, в которой располагается трасса воздушной линии, наименьшее допустимое расстояние от провода воздушной линии до поверхности земли

составляет 7 м. Выполненный по типовой методике расчет показал, что в рассмотренном случае для неизолированного провода АС-35/6,2 допустимая величина пролета составляет 66 м, а для изолированного СИП  $1 \times 35$  она равна 71,55 м. Следовательно, изолированный провод может быть размещен на уже существующих опорах.

Используемые в настоящее время фарфоровые изоляторы не могут быть использованы для изолированных проводов. Сравнение полимерных и стеклянных изоляторов показало, что более рационально применение стеклянных изоляторов. Установлено, что для них расчетные нагрузки не превышают допустимую минимальную механическую разрушающую нагрузку.

Выполнен проверочный расчет устройств воздушной линии электропередачи под действием статических и динамических нагрузок в среде программы ANSYS. На рис. 1 показано распределение напряжений в траверсе, к которой крепятся изоляторы с проводами под действием нагрузки, связанной с внезапным обрывом провода. Как видно из приведенной схемы на рис. 1, наибольшие напряжения возникают в местах соединения деталей траверсы, являющихся концентраторами напряжений. Полученные значения напряжений не превысили допускаемые значения.

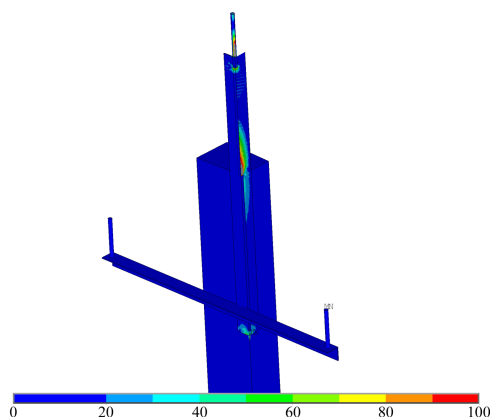


Рис. 1. Эквивалентные напряжения в траверсе, МПа

Также выполнены расчеты колебаний проводов, связанных с действием внезапной нагрузки (например, при взлете сидящей на проводе птицы). На рис. 2 приведены схемы, на которых представлено векторное изображение смещений точек проводов в результате колебаний, вызванных резким изменением нагрузки.

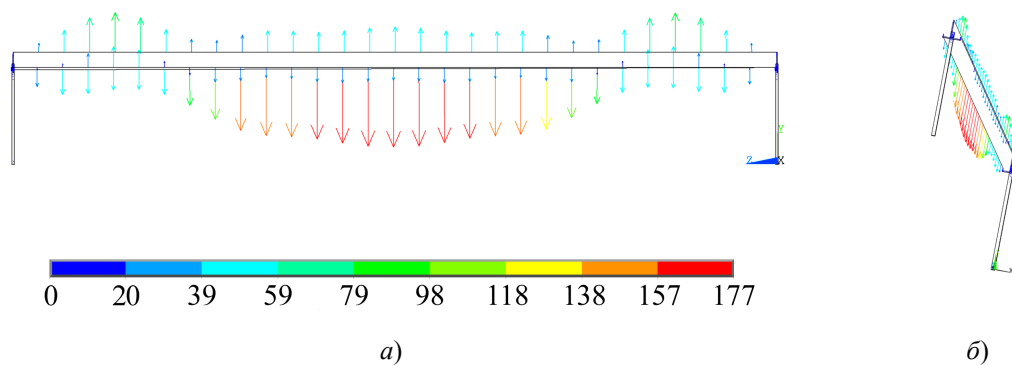


Рис. 2. Вертикальные перемещения проводов, м, в момент, равный 0,98 с, после внезапного приложения нагрузки:  
а – перемещения проводов; б – распределение перемещений в пространстве

Выполненный анализ колебаний проводов при действии внезапной нагрузки показал, что в течение двух циклов колебаний их амплитуда уменьшается в 5 раз (рис. 3).

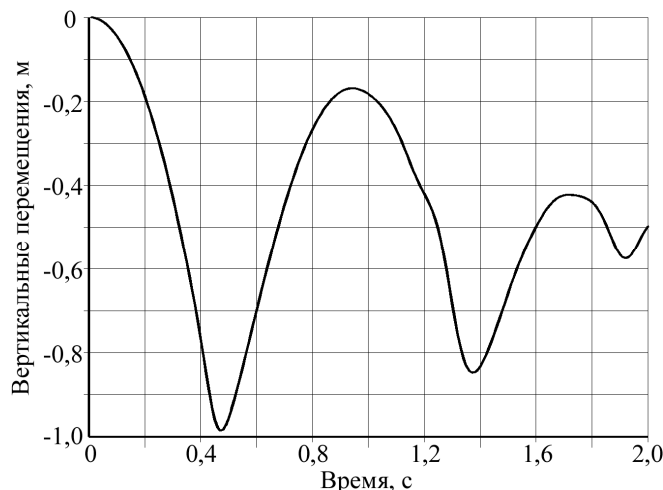


Рис. 3. Изменение перемещений центральной точки провода в зависимости от времени

Таким образом, в результате выполнения работы разработана методика, позволяющая оценить прочность элементов воздушной линии электропередач при замене неизолированных проводов на самонесущие изолированные. Выполнено конечно-элементное моделирование промежуточной опоры и участка воздушной линии в среде программы ANSYS, которое показало, что напряжения в устройствах воздушной линии не превышают допустимые значения. Проведен анализ колебаний проводов при действии внезапной нагрузки, показавший, что в течение двух циклов колебаний их амплитуда уменьшается в 5 раз. Полученные результаты могут быть использованы при обосновании реконструкции воздушных линий электропередач.

#### Л и т е р а т у р а

1. Карницкий, В. Ю. Самонесущие изолированные провода СИП для воздушных линий с изолированными проводами типа ВЛИ и ВЛЗ / В. Ю. Карницкий // Изв. Тул. гос. ун-та. Техн. науки. – 2010. – № 3-5. – С. 52–55.
2. Comparative analysis of the various types of structures for the electric transmission power cables supports' static work in the software complexes implementing the finite elements method / L. S. Sabitov [et al.] // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 913, N 2. – Art. 022032.
3. Чуйкин, С. В. Разработка программы расчета ожидаемых нагрузок ветра на провода воздушных линий электропередачи / С. В. Чуйкин, Т. В. Дорофеева, Е. О. Кшевская // Инженерные системы и сооружения. – 2015. – № 1. – С. 23–28.
4. Абдулвелеев, И. Р. Автоматизированный расчет надежности воздушных линий электропередачи в критических погодных условиях / И. Р. Абдулвелеев, Г. П. Корнилов, А. Н. Шеметов // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2014. – № 7. – С. 30–38.
5. Зиганшин, А. Г. Технология замены голого провода на самонесущий изолированный провод в распределительной сети 10 кВ / А. Г. Зиганшин, Г. М. Михеев, А. А. Димитриев // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2022. – № 6. – С. 5–10.