

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЖАТИЯ ГРОЗОЗАЩИТНОГО ТРОСА С ОПТИЧЕСКИМ МОДУЛЕМ

АВТОРЫ:

ГУРЕВИЧ Л.М.,
Д.Т.Н.,
ВОЛГОГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ДАНЕНКО В.Ф.,
К.Т.Н.,
ВОЛГОГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

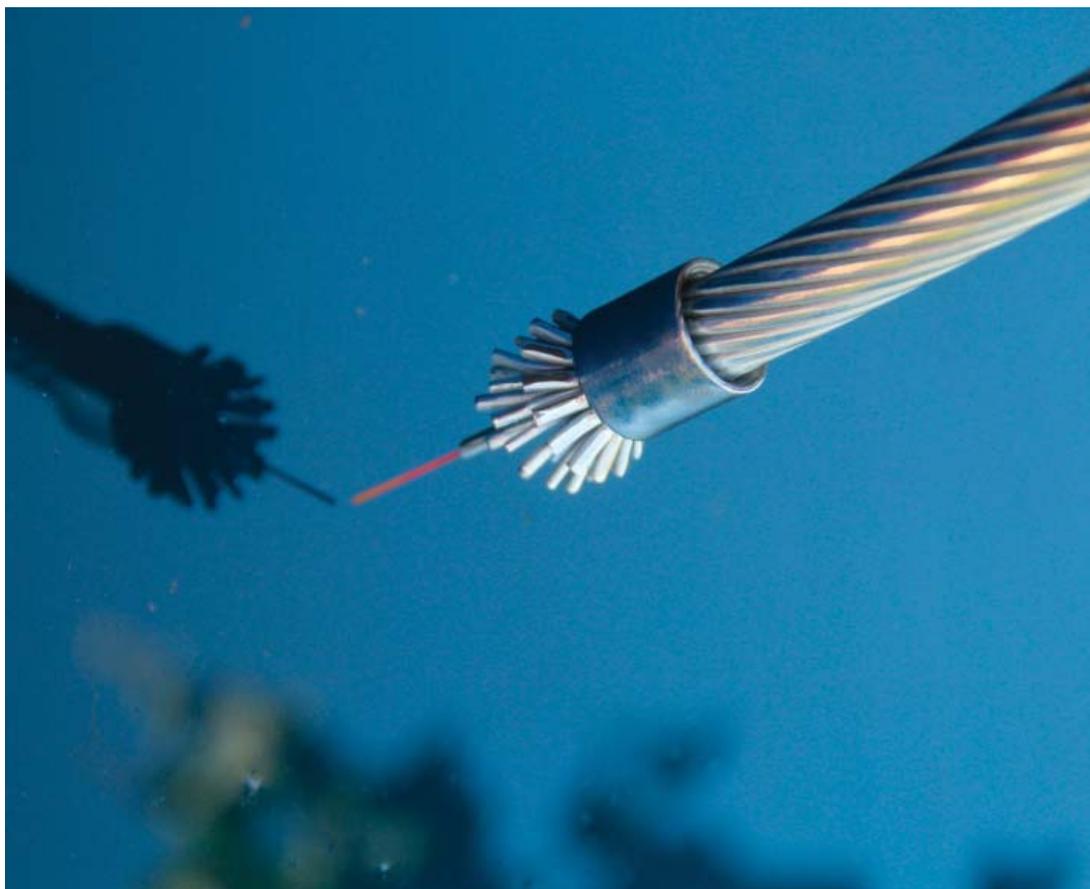
ПРОНИЧЕВ Д.В.,
К.Т.Н.,
ВОЛГОГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ТРУНОВ М.Д.,
АСПИРАНТ,
ВОЛГОГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Показано, что методом компьютерного моделирования деформирования грозозащитного троса с оптическим волокном при пластическом обжатии можно выбирать оптимальные геометрические размеры элементов

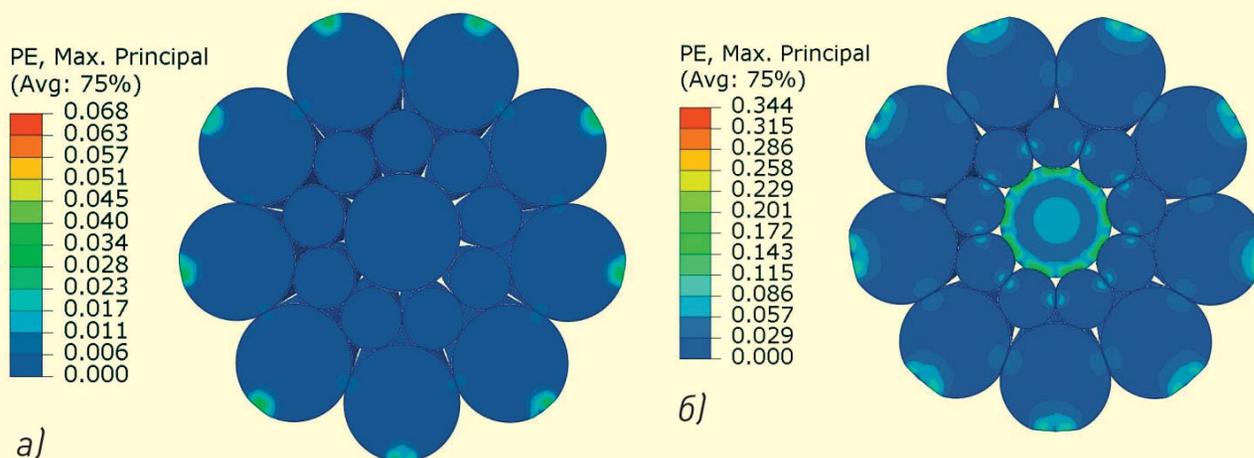
грозозащитного троса с встроенным оптическим модулем (ОКГТ) и параметры процесса, что позволяет существенно снизить трудоемкость экспериментальных работ на промышленном оборудовании при переходе на выпуск новых типоразмеров.

Ключевые слова: деформация; грозозащитный трос; оптическое волокно; компьютерное моделирование; метод конечных элементов.



Грозозащитный трос
с встроенным оптическим
модулем

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ОБЖАТИИ ОКГТ (ОПТИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ Ø3,0 ММ, ПРОВОЛОКИ ПЕРВОГО ПОВИВА Ø1,6 ММ, ВТОРОГО ПОВИВА — Ø3,0 ММ)



а) возникновение боковых контактов между проволоками второго повива
б) обжатие ОКГТ на 0,45 мм с момента возникновения контактов между проволоками второго повива

Рис. 1

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы широкое применение получил ОКГТ, обеспечивающий защиту линий электропередачи от ударов молнии и позволяющий организовать волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) на линиях электропередачи напряжением 35 кВ и выше. Конструкция и свойства ОКГТ должны соответствовать ряду европейских стандартов [1, 2], ГОСТ 52266-2004 и стандарту организации ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-33.180.10.174-2014 [3].

В соответствии с СТО 56947007-33.180.10.174-2014 элементы конструкции ОКГТ должны защищать оптические волокна (ОВ) от воздействия внешних факторов: раздавливания, изгиба, кручения, растяжения, длительного и кратковременного термического воздей-

ствия, а также выдерживать эоловую вибрацию и пляску. ОКГТ должен быть термически устойчив к воздействию допустимого тока короткого замыкания, возникающего при однофазных и двухфазных замыканиях на землю [4]. ОКГТ должен быть устойчив к воздействию импульса грозового разряда молнии с переносимым зарядом постоянной составляющей тока величиной не менее 50 Кл.

На 31 июля 2015 г. в перечень первичного оборудования, допущенного к применению на объектах ПАО «Россети», введены только ОКГТ производства компаний А.О. "PRYSMIAN SPAIN, S.A." (Испания), "nkt cables GmbH" (Германия), Jiangsu Zhongtain Technology Co., Ltd. (ZTT), (КНР) и филиала «Волгоградский» АО «Редаелли ССМ», входящего в состав ОАО «Северсталь-метиз» (по СТО 71915393-ТУ 113-2013).

Особенностью конструкции единственного отечественного сертифицированного запатентованного [5] ОКГТ с центральным оптическим модулем является выполнение всех повивов с одинаковым шагом свивки в одном направлении с линейным касанием проволок соседних повивов. В процессе производства ОКГТ подвергается пластическому деформированию со степенью обжатия 2–4% по площади сечения троса, что позволяет улучшить электрические контакты между проволоками как внутри повива, так и с соседним повивом, а следовательно, повысить устойчивость к воздействию импульса грозового разряда молнии.

В работе [5] показано, что увеличение степени преформации проволок при свивке и пластическое обжатие канатов линейного касания обеспечивает, кроме высокой стой-

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ ДЛЯ ОКГТ (ТУ113), ГТ (ТУ062) И КАНАТА (ГОСТ 3064)

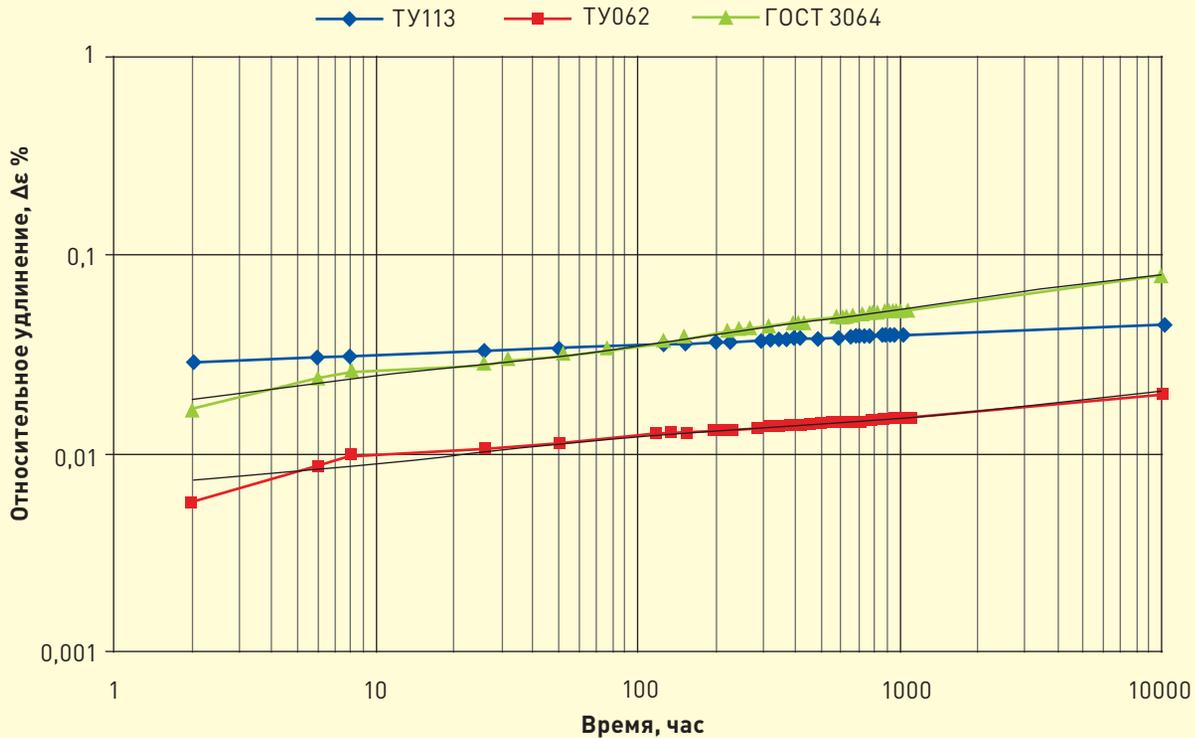


Рис. 2

кости к воздействию прямых ударов молнии, еще и механическую прочность, снижение относительного удлинения при эксплуатационных нагрузках, а также стойкость к эоловой вибрации, галопированию и токам КЗ по сравнению с традиционно используемыми для молниезащиты ЛЭП стальными канатами точечного касания (ТК). Существенным недостатком канатов типа ТК является крайне низкий технический ресурс: точки контакта проволок между слоями являются концентраторами напряжений, повышающими местные значения напряжений при изгибе и растяжении каната. Со временем из-за действия этого эффекта канат типа ТК может неожиданно потерять устойчивость и пластически

деформироваться даже в области упругих деформаций. По данным авторского свидетельства на изобретение [6], максимум значений жесткости канатов соответствует диапазону обжатий 4–8 %, увеличение продольной жесткости при этом составляет 5–25 % по сравнению с жесткостью исходной заготовки. Исследования, проведенные в 2015 г. специалистами ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», показали, что модуль упругости пластически обжатого каната на 7 % превышает модуль упругости каната точечного касания, что увеличивает продольную жесткость каната. Испытаниями на вытяжку в течение 1000 часов при нагрузке на канаты ~30% от суммарного разрывного усилия было установлено,

что вытяжка пластически обжатого каната примерно в четыре раза ниже, чем каната точечного касания (рис. 2). Это позволяет снизить трудоемкость периодических работ по устранению нарушений регулировки воздушных линий, недопустимого изменения стрел провеса и расстояний от проводов до земли и объектов.

Использование в технологическом процессе свивки ОКГТ операции пластического деформирования системы, состоящей из элементов с сильно различающимися механическими характеристиками, требует использования новых методов расчета необходимых геометрических параметров (количества и диаметров проволок в каждом повороте)

и прогнозирования локализации деформации в ее элементах. Неудачный выбор геометрических или технологических параметров может привести к деформации оптического модуля и недопустимому увеличению коэффициента затухания. При переходе на выпуск новых типоразмеров ОКГТ приходится проводить трудоемкие работы на промышленном оборудовании, связанные с подбором оптимальных диаметров проволок и оптического модуля, а также параметров деформирования, что значительно увеличивает длительность этапа постановки продукции на производство и его стоимость. С ростом быстрой компьютерной техники появилась возможность использовать программные пакеты конечно-элементного анализа, позволяющие моделировать процессы деформирования разнородных систем.

В статье проведено моделирование процесса деформирования ОКГТ, разработанного в ООО «Энергосервис» (г. Москва) и выпускаемого филиалом «Волгоградский» АО «Редаелли ССМ». ОКГТ состоит из центрального оптического модуля и двух повивов из 9 стальных проволок в каждом. Традиционными методами расчета показано, что для ОКГТ с $\varnothing 11,0$ – $11,3$ мм можно рекомендовать следующие элементы: оптический модуль $\varnothing 3,2$ мм, проволоки первого повива $\varnothing 1,6$ мм, второго повива — $\varnothing 2,8$ мм.

Моделирование процесса пластического деформирования проводилось с использованием программного комплекса SIMULIA/Abaqus. Вместо оптического модуля вводили проволоку из алюминия. Пластическое деформирование создавали протягиванием свитых проволок через волоку с углом конуса 2° . Моделирование деформирования системы с этими размерами проволок показало,

что после достижения плотной укладки первоначально происходит деформирование алюминиевого сердечника. Деформация в первом повиве началась только после уменьшения диаметра ОКГТ на 0,37 мм, когда на поверхности алюминия деформация достигала 34 %. Даже при обжатии наружного диаметра ОКГТ на 0,7 мм проволоки второго повива не касаются друг друга, при этом алюминиевый сердечник уже приобретает зубчатый профиль. Рассчитанным традиционным способом размеры элементов ОКГТ должны были привести к значительной деформации оптического модуля.

Отсутствие арочных эффектов между проволоками первого и второго повивов вынудило принять диаметры оптического модуля и проволок второго повива равным 3,0 мм. В процессе обжатия первоначально возникали боковые контакты между проволоками второго повива (рис. 1, а), при уменьшении диаметра ОКГТ на 0,1 мм начинали формироваться площадки боковых контактов во втором повиве. Деформация алюминиевого сердечника начиналась после уменьшения диаметра ОКГТ на 0,07 мм с момента образования боковых контактов во втором повиве. Зоны максимальной пластической деформации стальных проволок (до 10 %) расположены в зоне контакта с внутренней поверхностью волоки, а также на боковых поверхностях контактов проволок. Локальная эквивалентная пластическая деформация на наружной поверхности алюминиевого сердечника благодаря формированию «арочных эффектов» не превышала 34 %.

ВЫВОД

Компьютерное моделирование деформирования элементов ОКГТ

при пластическом обжатии позволяет существенно снизить трудоемкость экспериментальных работ на промышленном оборудовании, связанных с подбором оптимальных диаметров элементов ОКГТ и параметров деформирования при переходе на выпуск новых типоразмеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. IEEE 1138-2009. IEEE Standard for Testing and Performance for Optical Ground Wire (OPGW) for Use on Electric Utility Power Lines.
2. МЭК 60794-4-2003 Кабели волоконно-оптические. Часть 4 — Оптические кабели для применения на воздушных линиях электропередачи. (IEC 60794-4-2003. Optical fiber cables — Part 4: Sectional specification — Aerial optical cables along electrical power lines).
3. СТО 56947007-33.180.10.174-2014 «Оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос, натяжные и поддерживающие зажимы, муфты для организации ВОЛС-ВЛ на линиях электропередачи напряжением 35 кВ и выше. Общие технические условия. Утвержден и введен в действие: приказом ПАО «ФСК ЕЭС» от 21.05.2014 № 237.
4. Пат. 2441293 С1 РФ, МПК H01B 11/22. Грозозащитный трос с оптическим кабелем связи / Власов А. К., Фокин В. А., Петрович В. В., Фролов В. И. заявлено 03.11.2010, опублик. 27.01.2012. Бюл. № 3.
5. Власов А. К. О повышении служебных свойств канатов для молниезащиты воздушных линий электропередачи / Власов А. К., Фокин В. А., Петрович В. В., Фролов В. И., Даненко В. Ф. // Сталь. 2011, № 7. С. 78–81.
6. А. с. 867976 СССР. Способ изготовления проволочного каната / Д 07 В 7/02 / Глушко М. Ф., Малиновский В. А., Кобяков Ю. В. и др. // Открытия. Изобретения. 1981. Бюл. № 36.