

А.С. Яценков, А.Н. Козлов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ

В статье проведен анализ достоинств и недостатков использования композитных опор и композитных проводов. Рассмотрено внедрение данной технологии для современного электроснабжения. Описан существующий опыт применения композитных опор и композитных проводов в России.

Ключевые слова: композитные опоры, композитные провода, воздушные ЛЭП, надежность электроснабжения.

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF COMPOSITE MATERIALS IN MODERN ENGINEERING

This paper analyzes the advantages and disadvantages of composite columns and cables application. It considers the implementation of this technology for a modern power supply. The authors describe present experience with the application of composite columns and cables in Russia.

Роль электрического оборудования в обеспечении качества жизни граждан и безопасности рабочих процессов год от года возрастает. В связи с этим растет и важность обеспечения бесперебойного снабжения электроэнергией различных потребителей, к числу которых в последние годы добавилось множество важных и потенциально опасных объектов автомобильного, авиационного и трубопроводного транспорта, а также объекты связи и телекоммуникаций, часто расположенные в самых сложных географических и климатических условиях. Наиболее затратными по капитальным вложениям и в то же время наиболее уязвимыми к действию неблагоприятных климатических факторов являются воздушные линии электропередач, особенно распределительные сети напряжением 6-10 кВ.

Цель статьи – проанализировать достоинства и недостатки применения композитных опор и композитных проводов (или проводов с композитным сердечником).

Композитом (композиционным материалом) называют неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов, среди которых можно выделить армирующие элементы, обеспечивающие необходимые механические характеристики материала, и матрицу (или связующее), обеспечивающую совместную работу армирующих элементов.

Композитные опоры воздушных линий электропередач – сравнительно новый тип мачтовых конструкций, история которых насчитывает не более 15 лет. Опыт применения их еще небольшой, но современные композиционные материалы придают опорам этого типа ряд необычных свойств, представляющих определенный интерес с точки зрения снижения затрат на монтаж и повышения эксплуатационной надежности воздушных линий электропередач.

Промежуточные одностоечные композитные опоры применяются для установки на воздушных ЛЭП классов напряжений 220, 110, 35 и 10 кВ, с переменным током частотой до 100 Гц, одноцепных и двухцепных. Для без гирляндной подвески проводов на опорах 220 и 110 кВ применяются изолирующие траверсы.

Композитные опоры ЛЭП предназначены для сооружений линий электропередач и являются одним из главных конструктивных элементов ЛЭП, отвечающих за крепление и подвеску электрических проводов (в том числе грозотроса, провода ВОЛС) на определенном уровне.

К основным достоинствам композитных опор относятся следующие [10].

Прочность. По данному параметру композитные опоры сопоставимы со стальными.

Масса. Низкий показатель массы облегчает транспортировку и монтаж опоры.

Диэлектрические свойства. По изоляционным характеристикам композитные опоры практически аналогичны деревянным. Изоляционные свойства материала позволяют применять новые решения по защите линий от грозовых перенапряжений, в том числе основанные на увеличении электрической прочности фазной изоляции.

Упругость. Благодаря эластичности (гибкости) стойки выдерживают большие ветровые и гололедные нагрузки. Высокая эластичность композитных конструкций позволяет избежать остаточной деформации.

Долговечность. Проведенные испытания показали, что срок службы опор составляет приблизительно 70 лет.

Минимальное обслуживание. Высокая стабильность материала позволяет эксплуатировать композитные опоры в суровых климатических условиях.

Физические свойства. Композитные опоры не подвержены гниению и коррозии, воздействию птиц (дятлов) и насекомых, обладают высокой огнестойкостью и могут стать абсолютно негорючими, если их покрыть несколькими слоями огнестойкого средства.

Экологичность. Токсичные компоненты не применяются при производстве и не выделяются в окружающую среду в процессе эксплуатации. Использование композитных опор не приводит к загрязнению окружающей среды и не порождает проблем, подобных тем, которые возникают с пропитанными креозотом деревянными опорами.

Безопасность для участников дорожного движения. Опоры из композитных материалов более ударобезопасны по сравнению с железобетонными и металлическими аналогами, не наносят травм участникам движения и серьезных повреждений транспортным средствам при ДТП.

Эстетическая составляющая. Металлические и железобетонные опоры портят живописный природный пейзаж или зачастую неудачно вписываются в городскую застройку, тогда как можно превратить инженерную конструкцию в произведение искусства. Примеры таких «превращений» из композитных материалов приведены на рисунке.

Однако названные виды опор не лишены недостатков.

Прежде всего это достаточно высокая цена композитных опор, поскольку в нашей стране еще слабо налажен процесс производства опор из композитных материалов. Но если рассматривать общую стоимость владения такого рода опорами, то, учитывая более долгий срок их службы и меньшие затраты на установку и обслуживание, разница оказывается значительно меньше предполагаемой.



Примеры композитных опор.

Из-за достаточно высокой стоимости применение опор из композитного материала оправдано лишь на линиях, сооружаемых в труднопроходимой местности (горы, тундра, тайга, болота), или для строительства линий высокой степени надежности, обслуживание которых затруднено.

Сложность монтажа опор. Для сборки опор требуется постоянное участие крана, для стяжки модулей – применение спецтехники.

Последним, менее существенным недостатком (решаемом при должном подходе к управлению персоналом) является недостаточный опыт монтажа и эксплуатации данного типа опор, но со временем этот недостаток будет нивелирован.

Другим направлением использования композитных материалов в энергетике является производство алюминиевого композитного провода.

Продукт получил название ACCR – алюминиевый композитный усиленный провод. Помимо улучшенной пропускной способности, ACCR обладает меньшей массой, большей прочностью, более высокой температуростойкостью и устойчивостью к провисанию по сравнению с существующими аналогами [8]. Композитный провод более устойчив к коррозии, обладает повышенным сопротивлением усталости и безвреден для окружающей среды (отсутствие экологической деградации). Это изобретение является поистине революционным и считается первым важным прорывом в области проводов воздушных ЛЭП с тех пор, как в начале XX в. появился широко распространенный стале-алюминиевый провод.

ACCR – витой многожильный провод, который состоит из сердечника и внешних токоведущих жил. Композитный сердечник образуют несколько проволок диаметром от 1,9 до 2,9 мм. Каждая проволока представляет собой алюминий высокой чистоты, в который внедрены более 25000 микрометровых непрерывных продольных волокон оксида алюминия (Al_2O_3). Эти волокна придают материалу сверхвысокую прочность.

Внешние токоведущие жилы провода ACCR состоят из температуроустойчивого сплава алюминий-цирконий (Al-Zr). Сплав Al-Zr имеет прочность аналогичную стандартному алюминию 1350-H19, но его микроструктура сформулирована так, чтобы он сохранял эту прочность при высоких температурах. Если обычный алюминий при температуре 120-150°C отжигается и резко теряет прочность, то сплав Al-Zr сохраняет свои свойства до 210°C, с пиковыми нагрузками до 240°C.

Провод ACCR поставляется с сечением от 120 до 1600 мм².

Разделка, сращивание и оконцевание ACCR производятся методами, традиционными для обычных кабелей, при помощи приспособлений, свободно поставляемых поставщиками кабельной арматуры по всему миру.

Внешне композитный сердечник выглядит как обыкновенный алюминиевый провод, но его механические и физические свойства значительно превосходят алюминиевые и стальные аналоги.

Основными отличительными качествами (достоинствами) композитного сердечника в сравнении с предыдущими аналогами являются следующие [3].

Прочность композитного сердечника сравнима со стальным и в 8 раз выше алюминиевого.

Масса композитного сердечника в 2 раза меньше стального и всего на 20% больше массы чистого алюминия.

Электропроводность сердечника ACCR в 4 раза выше стального.

Коэффициент теплового расширения в 4 раза меньше алюминиевого и в 2 раза меньше стального.

Жесткость – в 3 раза выше алюминиевого сердечника.

Ключевые преимущества применения провода ACCR – это [3]:

1) увеличение пропускной способности существующих воздушных ЛЭП в два и более раз при реконструкции; выполнение самых высоких требований по надежности сети;

2) экономия времени и денег – сокращение затрат на усиление сетей в среднем на 20-30 % от стоимости традиционных решений; сокращение времени реализации проектов – меньшие сроки проектирования, меньше согласований;

3) щадящее отношение к окружающей среде – замена провода гораздо меньше затрагивает окружающую среду, чем строительство новых опор.

Что же касается недостатков применения нового провода, то они имеют финансовый характер – новый материал более дорог, нежели его предшественники. Однако и здесь не стоит забывать об экономической эффективности. АССР сокращает срок выполнения работ по проекту и бюджетные риски. Исключая необходимость в дорогостоящих новых опорах, землеотвод и прочие затратные факторы, реконструкция с помощью АССР обеспечивает значительное сокращение расходов даже при более высокой цене провода за километр. Во многих случаях АССР является наиболее высокоэффективным и экономичным решением.

Подводя итог, необходимо отметить, что, несмотря на имеющиеся недостатки, у электротехнического оборудования, выполненного из композитных материалов, достоинств несравнимо больше. Учитывая, что недостатки по применению композитных материалов связаны прежде всего с ценовым фактором, целесообразность их применения в каждом конкретном случае нужно оценивать по принятым критериям экономической эффективности проектов [7], т.е. производить подробный анализ с привязкой к конкретной местности, условиям строительства и другим факторам, влияющим на конечную стоимость работ.

Что же касается применения описанных в данной статье материалов именно в России, то необходимо отметить, что внедрение уже начато. Так, композитный алюминиевый провод был использован при реконструкции ВЛ 110 кВ 64-65 Харанорская ГРЭС – подстанция «Турга» («Читаэнерго», Сибирь), ВЛ 110 кВ Очаково-Одинцово (АО «МОЭСК», Москва), ВЛ 110 кВ Цимлянская ИГЭС, Цимлянская – Кировская (АО «Иркутская электросетевая компания», Иркутск).

Что касается опыта применения композитных опор, то в 2013 г. на юге Тюменской области (АО «Тюменьэнерго») энергетики ввели в опытную эксплуатацию опоры линий электропередачи 110 кВ из стеклопластикового композита. С 2014 г. ООО «Нанотехнологический центр композитов» проводит для АО «ДРСК» (входит в холдинг ПАО «РАО «ЭС Востока») научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке промежуточных опор из композитных материалов. Использование в производстве первой пробной партии – в 1 квартале 2016 г. в филиале АО «ДРСК» – «Амурские ЭС».

1. Абакумов, П.Г. Многогранные металлические опоры для распределительных электрических сетей. Опыт и перспективы применения / П.Г. Абакумов, С.Е. Казаков // Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2006. – № 4.

2. Бочаров, Ю.Н., Жук, В.В. К вопросу о композитных опорах воздушных линий // Труды Кольского научного центра РАН. – 2012. – Т. 4, вып. 1.

3. Вотякова, О.Н. Разработка укрупненных организационно-технологических моделей реконструкции линий электропередач: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 2015.

4. Готвянский, В.В. Типовые технологические карты на установку свободностоящих порталных промежуточных опор типа ПБ 330-7Н, ПБ 500-5Н и ПБ 500-7Н и модификации базовой конструкции // Воздушные линии. – 2011. – № 3 (4).

5. Дубина, А.А. Новые конструкции полимерных стоек для опор ВЛ в РФ и Украине // Воздушные линии. – 2011. – № 3 (4).

6. Колтарп, С., Вайд, Т. Стоя в полный рост наперекор погоде. Суровая погода подтверждает решение сетевой компании установить стеклопластиковые опоры // Воздушные линии. – 2010. – № 1.

7. Разработка композитного алюминиевоуглеродного провода для ЛЭП Создание промышленной технологии и организация производства // НПЦ Квадра, 2014. – Режим доступа: http://npckvadra.ru/wp-content/uploads/2013/10/komp_provod.pdf.

8. Сборник «Укрупненные стоимостные показатели линий электропередачи и подстанций напряжением 35-1150 кВ 324 тм –г1 для электросетевых объектов ОАО «ФСК ЕЭС» // Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.124-2012. – ОАО «ФСК ЕЭС», 2012.

9. Техника высоких напряжений. Учебник для вузов / И.М. Богатенков, Ю.Н. Бочаров, Н.И. Гумерова, Г.М. Иманов и др.; под ред. Г.С. Кучинского. – СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отд-ние, 2003.