

Воздушные линии

В последнее время для строительства и ремонта ВЛ высокого и сверхвысокого напряжения предлагаются решения на базе опор из композитных материалов.

Ориентируясь на опыт зарубежных электросетевых компаний, Юрий Николаевич Бочаров и Владислав Викторович Жук оценили возможности применения опор ВЛ на стойках из композитных материалов. В частности, они отметили, что в России на начальном этапе внедрения эти конструкции целесообразно использовать для быстрых восстановительных ремонтов.

КОМПОЗИТНЫЕ ОПОРЫ

Перспективы применения для ВЛ 110–750 кВ

Юрий Бочаров, д.т.н., профессор

Владислав Жук

Кафедра «Электроэнергетика, техника высоких напряжений» СПбГПУ, г. Санкт-Петербург

Опора любой ВЛ – не просто строительная конструкция, а элемент, принимающий на себя токи молнии и короткого замыкания, комбинированные электрические и механические воздействия. При разработке композитных опор необходимо учитывать отличие их электрических параметров от параметров традиционных металлических и железобетонных опор, которые являются полностью проводящими. Кроме того, в настоящий момент практически отсутствует опыт эксплуатации композитных опор.

Эффективность использования композитных опор, выполненных по аналогии с традиционными, для строительства ВЛ свыше 220 кВ вызывает сомнения. Стоимость исходных материалов высока, грозозащита линий с такими опорами не изучена, влияние электрических воздействий на конструкции неизвестно.

В то же время опоры на многогранных гнутых стойках (МГС), являющиеся последним достижением в линейном строительстве, отвечают не всем современным требованиям. Монтаж и ремонт в труднодоступной местности остается весьма сложной задачей, а высокая степень износа элементов ВЛ 110–750 кВ повышает актуальность разработки новых решений.

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ОПОР

За рубежом композитные опоры применяются для сооружения сетей наружного освещения, а также распределительных сетей низкого, среднего и высокого напряжения. Опоры, как правило, изготавливаются из стеклопластика. Технология производства обеспечивает конструкциям определенную прочность и стойкость к внешним воздействиям [1].

В Норвегии на ВЛ напряжением 132 кВ использованы композитные опоры канадского производства, основой которых являются стеклопластиковые стойки RStandard. Легкие, быстромонтируемые композитные конструкции позволили норвежской электросетевой компании в короткие сроки заменить несколько деревянных изношенных опор. Кроме композитных опор, при реализации проекта были использованы и металлические опоры в пропорции одна металлическая на три композитные.

Реконструкции подвергнуто около двух километров воздушной линии. В итоге было смонтировано на 25% меньше опор, чем в исходном варианте. По результатам проекта сделаны выводы об эффективности использования опор ВЛ 132 кВ в труднодоступной горной местности при суровых климатических условиях.

Высокая скорость монтажа во многом обеспечена модульной конструкцией стоек и их малым весом. Для установки композитной опоры RStandard не требуется сложная техника. Помимо всего прочего, упрощается логистика и способы транспортировки опор.

Грозозащита и заземление на линии 132 кВ организованы по аналогии с ВЛ на деревянных опорах. Имеющиеся тросы заземляются спусками, выполненными из медного многопроволочного проводника. Спуск прикрепляется к телу опоры снаружи или может быть смонтирован внутри стойки. Высота опор составляет в среднем до 15 м. На отремонтированном участке в Норвегии установлены как порталные, так и одностоечные опоры. Грозоупорность таких линий можно анализировать, опираясь на опыт проектирования и эксплуатации деревянных опор. Согласно [2] производитель дает долгосрочную гарантию от повреждения композитных модулей разрядами молнии, а опоры разработаны для сетей 0,4–330 кВ.

На одностоечных опорах 132 кВ в Норвегии используются изоляционные траверсы консольного типа. На порталных опорах в качестве траверс применяются композитные балки, к которым прикрепляются подвесные полимерные изоляторы, снабженные арматурой, защищающей от электрических воздействий.

В США композитные опоры RStandard удается эффективно использовать в сетях 7,2 кВ. Авторы [2] указывают на достаточность чередования деревянных и композитных опор в определенной пропорции, что уже повышает эксплуатационные характеристики линий. Такие ограничения объясняются высокой стоимостью композитных стоек.

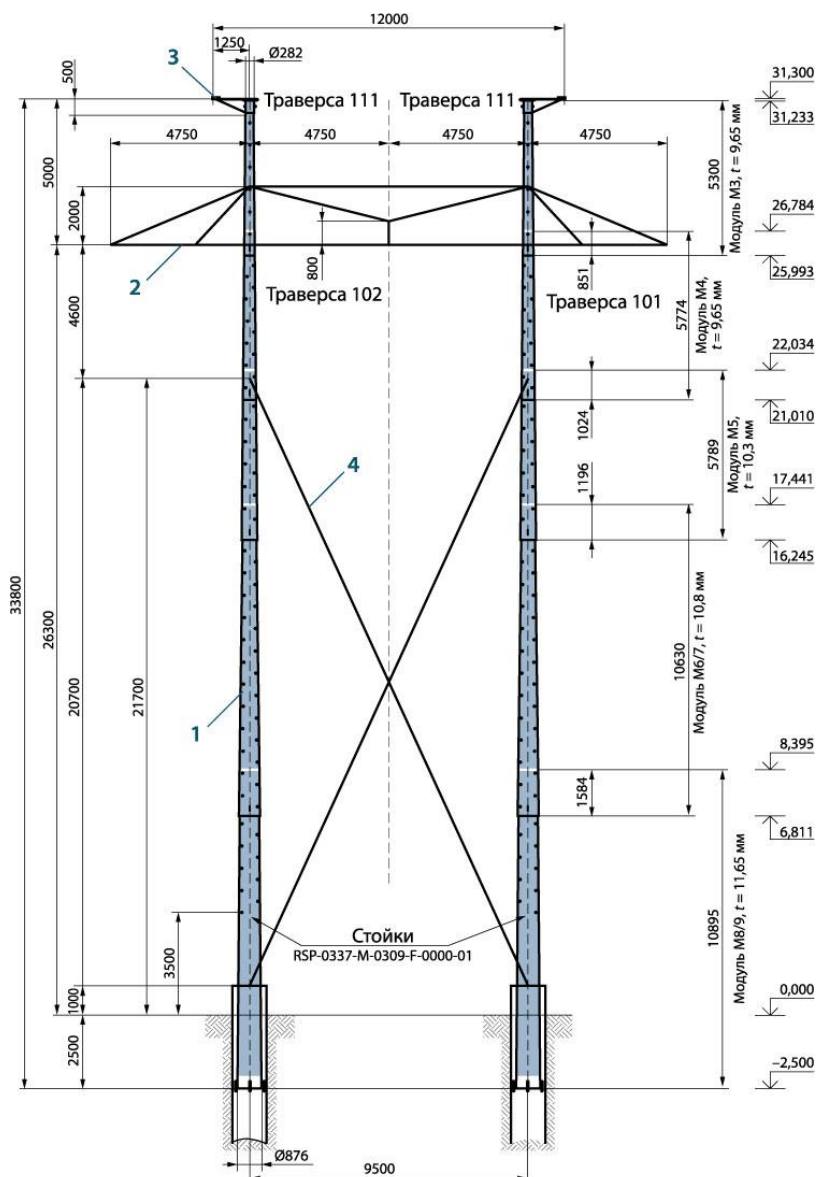
Эксплуатирующая организация считает, что стоимость опор компенсируется низкими затратами на монтаж и обслуживание, а также высокой надежностью конструкций и снижением аварийности.

КОМПОЗИТНЫЕ ОПОРЫ ВЛ 110–500 кВ В РОССИИ

Стойки канадского производства послужили основой конструкции для опор напряжением 110–220 кВ, а также 330 и 500 кВ, разработанных для России (рис.1) [3, 4].

Рис. 1.

Эскиз промежуточной опоры ППРС 330-1.263-338-0309, выполненной на композитных стойках RStandard



В 2011 г. Федеральная сетевая компания в рамках Международного железнодорожного салона «ЭКСПО 1520» представила конструкцию опоры ППРС 330-1 на стойках RStandard. Адаптацией зарубежных решений к российским нуждам занимались специалисты ОАО «ПРОМиК». Разработчики выполнили модификацию унифицированных железобетонных опор 110–500 кВ [4]. Технические решения основаны на замене бетонных стоек стеклопластиковыми.

В ПУЭ заложены фундаментальные электрические расчеты и опыт эксплуатации только для стальных, железобетонных и деревянных опор, поэтому весьма затруднительно проводить аналогию между традиционными решениями и опорами из стеклопластика. Поскольку стеклопластик является диэлектриком, то при модификации традиционных опор ВЛ напряжением 110–500 кВ необходимо учитывать изменение электрических параметров опоры, влияющих на грозоупорность линии.

Грозозащитный трос и металлические траверсы на композитных опорах типа ППРС определяют необходимость выполнения заземления, которое организовано через внутренние металлические связи стоек. Если последние играют значительную роль в механических характеристиках опоры, то требования к надежности контактных соединений должны быть достаточно жесткими.

Протекание токов КЗ и токов молнии через внутренние связи в сочетании с серьезными механическими нагрузками может негативно сказываться на эксплуатационных характеристиках. Наведенные токи могут вызывать повреждения ответственных металлических элементов даже на традиционных опорах.

Авторы [5] говорят о необходимости рассматривать традиционные опоры ВЛ не только в качестве строительных конструкций, но и как электрические элементы электрической сети. Для композитных опор такой критерий становится особенно существенным.

Сравнительные расчеты по [6] для опор ППРС 330-1 и базовых конструкций железобетонных опор ПБ330-7Н показывают, что вероятное число грозовых отключений линии от обратных перекрытий при применении опор ППРС в 5 раз выше. Основной причиной является высокая индуктивность пути траверса–земля. Опора ПБ330-7Н имеет две проводящие стойки большого диаметра, а траверсы опоры с композитными стойками заземлены относительно тонкими металлическими канатами, пересекающимися в середине опоры. Это указывает на необходимость максимального внимания к электрическим параметрам композитных опор. Решением возможных проблем могло бы стать использование в новых опорах изоляционных траверс, увеличение длины гирлянды, применение ОПН, снижение индуктивности или комплекс мероприятий. В этом и состоит сложность применения композитных опор.

Преимущество опор ППРС заключается в использовании долговечных, быстромонтируемых стоек из стеклопластика. Техно-экономический анализ здесь должен сводиться к доказательству эффективности применения опор при рассмотрении надежности и срока эксплуатации всех элементов, включая металлические. Попытки повысить одни технические показатели могут привести к снижению других и общему неудовлетворительному результату. Это особенно актуально, учитывая перспективы применения данных опор для строительства ответственных ВЛ [4].

Использованные в опорах ППРС стойки по своим электрофизическим характеристикам более близки к деревянным: оба материала – диэлектрики. Зарубежные компании используют стеклопластиковые стойки именно взамен деревянных опор, а в России деревянные опоры разработаны только для ВЛ до 220 кВ.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ОПОР НА ВЛ 110–750 кВ

В настоящий момент рентабельность сооружения ВЛ высокого и тем более сверхвысокого напряжения на композитных опорах пока остается под вопросом. Наиболее рациональным шагом стало бы создание ремонтных опор аварийного резерва из композитных материалов. В рамках такой работы можно будет изучить особенности линий с композитными опорами и найти новые способы оптимизации конструкций.

Традиционно все расчеты опор выполняются, исходя из условия использования электропроводящих материалов, что определяет требования к габаритам и к ограничению воздействующих нагрузок. Для эффективного применения композитных опор на ВЛ 110–750 кВ существующих сегодня решений может оказаться недостаточно. Вероятно, удастся использовать не только массогабаритные, но и электрофизические преимущества композитных материалов и создать полностью изоляционные опоры.

Оценивая общие тенденции, можно сделать вывод о том, что наиболее выгодным и перспективным станет использование базальтового композита, который при схожей стоимости является главным конкурентом стеклопластика по механической прочности, химической стойкости и долговечности. Немаловажно, что в России существуют заводы, способные производить базальтовые изделия различной конфигурации. Определение области применения базальта для создания опор возможно после уточнения механических, электрофизических, химических и других свойств конструкций на его основе. Это даст ответ на конкретные вопросы унификации решений и достижения высоких технико-экономических показателей.

Кроме того, базальт может послужить материалом для производства других изделий, применяемых для сооружения воздушных линий, например изоляторов, сочетающих в себе электрофизические преимущества стеклянных и массогабаритные полимерных.

Изоляционные свойства материала могут позволить применять новые решения по грозозащите линий, в том числе и более простые, основанные на увеличении электрической прочности фазной изоляции. Важно рассмотреть изменение грозовой защищенности традиционной линии при установке на ней ремонтных изоляционных опор, определить возможность разземления троса для оптимизации конструкции. От этого будет зависеть не только результат поражения молнией вновь установленной опоры, но и процессы на соседних. При замене опор на участке линии, часть из них может быть с заземлением, а часть без него, что нуждается в уточнении.

Оптимизация конструкции может заключаться в снижении габаритов ремонтной опоры. Это потребует учитывать изменение электрических параметров участков линии – волнового сопротивления, емкости и индуктивности, уровней допустимых перенапряжений, напряженности электрического и магнитного полей, других характеристик.

Необходимо обеспечить корректную работу систем РЗА при установке на линии композитных опор с новым видом изоляции. Вынос потенциала земли на стойку требуется для заземления троса и снижения числа междуфазных замыканий на опоре. Если на стойке между соседними фазами есть заземленные элементы, то изменение вероятности однофазных КЗ зависит только от электрофизических свойств нового материала, а вероятность междуфазных КЗ остается на том же

уровне. В случае полностью изоляционных конструкций возможно резкое снижение вероятности однофазных КЗ и повышение вероятности междуфазных КЗ.

Количество металлических элементов на композитных опорах должно быть минимальным, необходимо исключать их применение для конструктивных целей. В идеале металлические элементы на опорах должны применяться только для обеспечения требуемого уровня грозоупорности и корректной работы изоляции, если это потребуется. Траверсы опор должны быть изоляционными. Это могут быть как траверсы консольного типа, так и нетрадиционные решения, где в качестве изоляции выступают элементы опоры. Например, провод может быть прикреплен непосредственно к композитной стойке.

Одна из особенностей конструкций на основе композитных материалов – их высокая эластичность. Опираясь на опыт использования стеклопластиковых стоек RStandard, можно заметить, что высокая эластичность композитных конструкций позволяет избежать каких-либо остаточных деформаций, однако для высоких опор данная особенность может быть расценена, как негативная.

В механической части опор особенно сложным вопросом является обустройство фундаментов. Решения по фундаментам и закреплению опор в грунте должны быть максимально унифицированными, позволяющими выполнить монтаж в заболоченной, горной и других типах местности. При быстромонтируемой ремонтной опоре фундамент может быть элементарным, а для восстановления линии с упавшими опорами могут быть использованы старые фундаменты и оттяжки.

ВЫВОДЫ

- Применение композитных материалов для опор ВЛ 110–750 кВ, выполненных по аналогии с традиционными, диктует необходимость уточнения электрических параметров опоры, влияющих на грозозащиту и работу изоляции. Рассматривать композитные опоры следует не только как строительные конструкции, но и как электротехнические элементы сети, на которые воздействуют токи нормальных и аварийных режимов, напряженность электрического и магнитного полей.
- Существующие предложения на рынке стеклопластиковых стоек могут быть адаптированы к нуждам российской энергетики в конструкциях, аналогичных унифицированным деревянным опорам ВЛ 110–220 кВ. При этом не возникнет затруднений, связанных с обеспечением требуемого уровня грозоупорности. Для определения эффективности таких решений необходимо провести соответствующие технико-экономические расчеты.
- Сегодня для ВЛ напряжением 110 кВ и выше композитные материалы целесообразно применять для быстромонтируемых ремонтных опор аварийного резерва. Это позволит выявить особенности проектирования и эксплуатации композитных опор и определить перспективы их применения для строительства новых линий.
- Следует оценить возможность создания опор из базальтового композита, являющегося конкурентом стеклопластика по прочности, долговечности и химической стойкости при полном паритете остальных свойств. Изучение характеристик конструкций из базальтового композита поможет определить перспективы его применения для изготовления изоляторов, траверс и прочих изделий для сооружения ВЛ. Существование в России производств, способных выполнять практически любые конструкции из данного материала, придает поставленной задаче еще большую актуальность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sarmento M., Lacoursiere B. A State of the Art Overview Composite Utility Poles for Distribution and Transmission Applications // Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America. Venezuela., 2006. P. 1–4.
2. Колтарп С., Вайд Т. Стоя в полный рост наперекор погоде: Суровая погода подтверждает решение сетевой компании установить стеклопластиковые опоры // Воздушные линии. 2010. №1. С. 60–64.
3. 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). С. 16–18.
4. Дубина А.А. Новые конструкции полимерных стоек для опор ВЛ в РФ и Украине // Воздушные линии. 2011. №3 (4). С. 27–31.
5. Анохин А., Тарасов А., Цилько В. Контактные соединения тросовых оттяжек опор ВЛ. Проверка электрического сопротивления // Новости ЭлектроТехники. 2011. №5 (71). С. 78–81.
6. Руководство по защите электрических сетей 6–1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений / РД 153-34.3-35.125-99. СПб.: Изд. ПЭИПК, 1999.