

УДК 621.316.93

Ю.Н. Бочаров, В.В. Жук

ГРОЗОУПОРНОСТЬ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ С КОМПОЗИТНЫМИ ОПОРАМИ

Тема композитных опор для воздушных линий (ВЛ) появилась сравнительно недавно и вызвала в России немалый интерес. Неоспоримые преимущества легких и прочных композитных конструкций позволяют предполагать появление новых технических решений для строительства и ремонта воздушных ЛЭП. Возможно повышение надежности ВЛ при использовании новых опор, упрощение ремонтных работ, снижение эксплуатационных затрат и многое другое. Наряду с преимуществами, имеются и недостатки, которые могут привести к противоположному эффекту.

По итогам конференции «ЛЭП-2012» предложено определить область применения новых опор и решить вопросы, связанные с оптимизацией их конструкций [1]. Важной задачей является определение особенностей грозозащиты ВЛ высокого напряжения с композитными опорами, которые могут быть вызваны применением изоляционного материала в основе конструкции [2].

Влияние конструкции композитных опор на грозоупорность ВЛ

Основная часть конструкции композитной опоры — стойка, которая, как правило, выполняется из стеклопластика. Технология производства обеспечивает опоре необходимую прочность и стойкость к внешним воздействиям. Особое внимание приковано к опорам RStandard™, производимым в Канаде компанией RS Technologies inc. Стойки этих опор выполняются из конических стеклопластиковых модулей, насаживаемых друг на друга по телескопическому принципу. Такая конструкция определяет простоту монтажа, хранения и транспортировки опор. Эти опоры послужили прототипом российских разработок, выполненных ЗАО «Феникс-88» в 2012 году для ВЛ 110–220 кВ [3]. Модули RStandard™ использованы в опорах 110–500 кВ, разработанных для России в 2011 году [4]. Важно отметить, что предложен-

ные конструктивные решения отличаются от принципов использования композитных опор за рубежом.

За рубежом композитные опоры используются в сетях напряжением до 240 кВ. Основной опыт эксплуатации связан с распределительными сетями среднего напряжения. Таким сетям идентичны российские сети напряжением до 35 кВ. Примечателен опыт эксплуатации композитных опор на напряжении 7,2 кВ в Северной Америке, где подтвердились преимущества их использования [5]. Отмечены преимущества композитных опор при их работе в климатических условиях Норвегии в сетях напряжением 132 кВ [6].

Преимущественно зарубежные решения связаны с заменой деревянных опор композитными, которые обладают более хорошими эксплуатационными и экологическими характеристиками. Конструкции композитных опор идентичны конструкциям опор деревянных. Как правило, ВЛ высокого напряжения выполняются одноцепными с горизонтальным расположением проводов. Типовые российские деревянные опоры 35–220 кВ имеют аналогичное исполнение. Высота деревянных опор не превышает 15–20 м, импульсная прочность изоляции увеличена за счет деревянных траверс. Это позволяет ВЛ иметь приемлемую грозоупорность при высокой индуктивности, характерной для заземляющего спуска деревянной опоры. Воздушные ЛЭП без грозозащитных тросов с деревянными опорами имеют значительную грозоупорность по сравнению с аналогичными ЛЭП на железобетонных и металлических опорах, которые, как известно, электропроводящие. Очевидно, что электрические параметры композитных и деревянных опор при их одинаковой конструкции идентичны — в основе используется диэлектрик.

Опоры, созданные для России на основе модулей RStandard™, получили название PRS и ПPRS; они разработаны на классы напряже-

ния 110–500 кВ. Конструкции идентичны типовым железобетонным опорам. Траверсы этих опор — металлические, а грозозащитные тросы заземляются спусками из проводников. Высота некоторых опор превышает 30 м.

Для предварительного изучения грозоупорности ВЛ с композитными опорами проведен сравнительный анализ, основанный на методике руководящих указаний по грозозащите. Для более точного рассмотрения переходных процессов при поражении молнией ВЛ использован программный комплекс АТР (Alternative Transient Program), позволяющий рассматривать схемы произвольной структуры. В результате получена зависимость числа отключений ВЛ 110–330 кВ на композитных опорах в сравнении с ВЛ на опорах традиционных (рис. 1). Из-за высокой индуктивности тела композитной опоры при стандартной импульсной прочности изоляции и значительной грозопоражаемости ВЛ с опорами типа RS могут отключаться в 2–3 раза чаще аналогичных ВЛ с традиционными опорами.

Стеклопластиковые опоры 110–220 кВ, разработанные ЗАО «Феникс-88», получили название ПК. Это двухцепные и одноцепные промежуточные опоры 110–220 кВ, которые отличаются принципиально от опор ПРС только наличием консольных изоляционных траверс вместо стандартных металлических траверс с гирляндами изоляторов.

Еще при изучении опор ПРС было определено, что для повышения грозоупорности одноцепных ВЛ достаточно использовать изоляционную подвеску следующего по уровню класса напряжения, что проблематично по конструк-

тивным соображениям [2]. В опорах серии ПК это условие отчасти выполняется. Строительная длина изоляционной траверсы соответствует длине стандартной подвески следующего по уровню класса напряжения. Изоляционная длина такой траверсы несколько меньше, а при защите поверхности полимерной части разрядными рогами она снижается еще больше. Несмотря на преимущества по изоляции, значительная высота опор ПК может привести к недостаточной грозозащите ВЛ. Оптимизация конструкций, направленная на увеличение импульсной прочности фазной изоляции за счет изоляционных свойств материала опоры, может решить эти проблемы.

Повышение грозоупорности ВЛ 110 кВ при использовании изоляционных свойств опоры и особой конструкции заземляющего спуска исследовали специалисты из Китая. В [7] предложено использовать заземляющий спуск троса, смонтированный на удалении от тела опоры (рис. 2). В конструкциях опор типа ПК и ПРС этот спуск монтируется непосредственно на поверхности стойки и ее изоляционные преимущества не используются. При удалении заземляющего спуска от опоры импульсная прочность изоляции ВЛ определяется промежутком «провод — спуск» по воздуху, а не значительно более низкими разрядными характеристиками полимерных траверс и гирлянд изоляторов. По результатам исследований [7] определено, что грозоупорность ВЛ с композитными опорами рассмотренной конструкции на 58 % выше грозоупорности ВЛ с аналогичными стальными опорами.

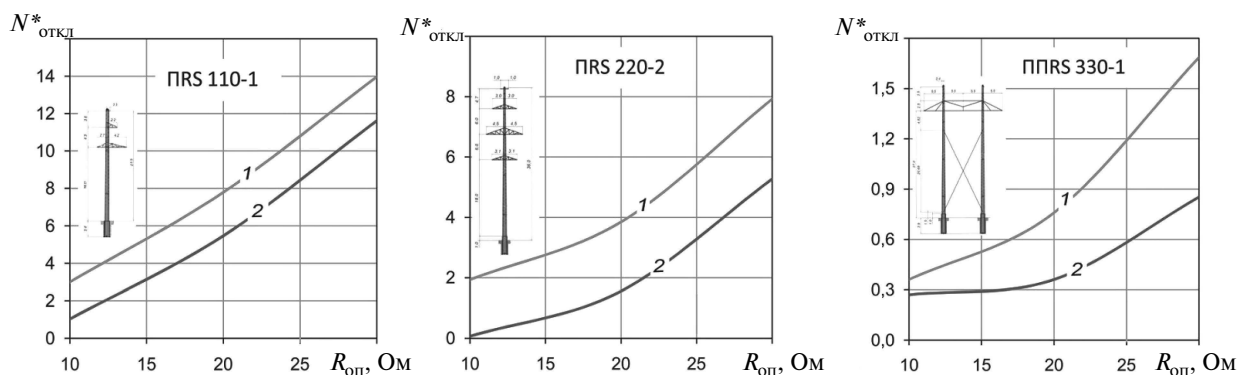


Рис. 1. Зависимость числа отключений ВЛ от сопротивления заземления опор: 1 — композитные опоры ПРС и ППРС; 2 — аналогичные по конструкции опоры унифицированной серии

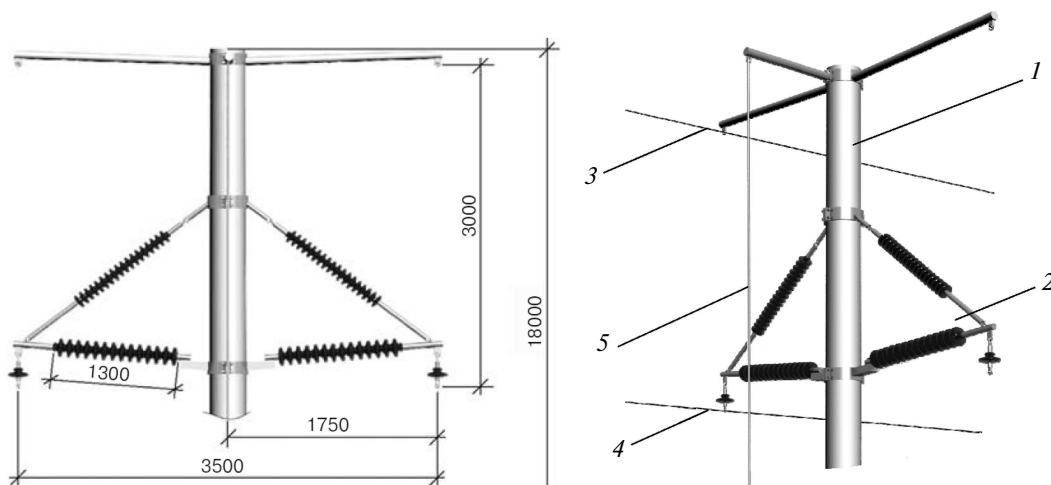


Рис. 2. Композитная опора с особой конструкцией заземляющего спуска:

1 — композитная изоляционная стойка; 2 — изоляционная консольная траверса; 3 — грозозащитный трос; 4 — фазный провод; 5 — заземляющий спуск троса

Перспективы создания изоляционных опор

Традиционно все опоры для ВЛ выполняются проводящими. Это определяет конструктивные особенности, связанные с координацией изоляции. Грозозащитные тросы на таких опорах подлежат обязательному заземлению, а к заземляющему устройству предъявляются жесткие требования по величине электрического сопротивления.

Можно предполагать, что использование композитных материалов в конструкции опоры позволит создать полностью изоляционные опоры. Воздушные ЛЭП с такими опорами будут иметь преимущества по грозоупорности. Возможно не только повышение грозоупорности,

но и оптимизация конструкции, что важно для эффективности использования композитных опор. В пользу таких предположений свидетельствует положительный опыт эксплуатации ВЛ с деревянными опорами и исследования, проводимые в Китае с композитными опорами 110 кВ особой конструкции.

Результаты предварительного изучения грозоупорности ВЛ с изоляционными опорами представлены на рис. 3. Они показывают, что оптимизация конструкции может заключаться в упрощении заземляющего устройства, в отказе от заземляющего устройства на части опор (а для ВЛ без троса — на всех опорах), в снижении габаритов ВЛ и т. п. Возможно создание временных

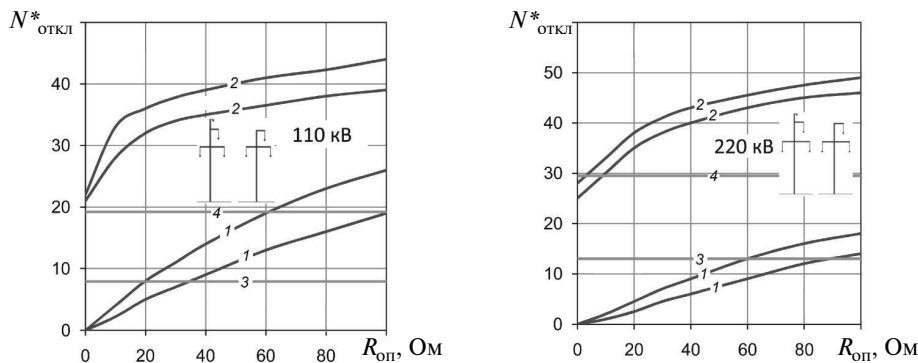


Рис. 3. Зависимость числа отключений от сопротивления заземления для композитных изоляционных опор и для традиционных:

1 — традиционные с тросом; 2 — традиционные без троса; 3 — композитные с разземленным тросом; 4 — композитные без троса

ремонтных опор простой конструкции. В местности, где принято отказываться от грозозащитного троса, возможно повышение грозоупорности при использовании изоляционных опор, а оптимизация конструкции позволит упростить их монтаж и транспортировку в условиях труднодоступной местности.

Интересная задача — применение изоляционных опор на ВЛ с грозозащитными тросами в местности с локальным повышением удельного сопротивления грунта. Обеспечить приемлемое сопротивление заземления для традиционной опоры, установленной, например, на скале, весьма сложно. Более того, любая металлическая заземленная опора, возвышающаяся над окружающими объектами, стягивает на себя грозовые разряды. Особенно сильно данный эффект проявляется в скалистых районах — на фоне остального окружения опора представляется для молнии хорошо заземленным объектом. Изоляцию таких опор принято защищать при помощи аппаратов типа ОПН, но и при этом наблюдались случаи грозовых отключений с тяжелыми последствиями для режима работы энергосистемы. При использовании изоляционных опор в местах локального повышения удельного сопротивления грунта возможно как снижение вероятности разряда молнии в грозозащитный трос, закрепленный на опоре, так

и снижение вероятности отключений при грозовых поражениях троса.

Конструктивные особенности композитных опор могут оказывать влияние на грозоупорность ВЛ и эффективность их применения. При исполнении композитных опор по аналогии с традиционными металлическими и железобетонными следует ожидать снижения грозоупорности в среднем в два раза. Чтобы повысить грозоупорность, следует применять изоляционные траверсы консольного типа, а также изучить возможность создания конструкций опор с изоляционными стойками.

Перспективной задачей является изучение особенностей применения изоляционных опор для воздушных ЛЭП высокого напряжения. При этом возможна не только оптимизация конструкции и повышение эффективности применения опор, но и повышение грозоупорности ВЛ.

При формировании требований к композитным опорам следует учесть особенности грозозащиты и возможность расширения области применения этих опор. Композитные опоры могут рассматриваться не только как строительная часть ВЛ, но и в качестве электроизоляционной конструкции. В соответствии с этим следует формировать требования по электрической стойкости к материалу опор и к их исполнению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лавров, Ю.А.** ЛЭП-2012. В Новосибирске обсуждали проблемы линий электропередачи [Текст] / Ю.А. Лавров // Новости электротехники.— 2012. № 4 (76).— С. 58–60.
2. **Бочаров, Ю.Н.** К вопросу о композитных опорах воздушных линий [Текст] / Ю.Н. Бочаров, В.В. Жук // Труды Кольского научного центра РАН. Сер.: Энергетика.— 2012. Вып. 4. № 1.— С. 78–85.
3. **Власов, В.В.** Опыт разработки, изготовления и проведения испытаний легких одноцепных и двухцепных промежуточных опор из композиционных материалов для высоковольтных линий 110–220 кВ для проведения аварийно-восстановительных работ и применения в труднодоступной местности [Текст] / В.В. Власов, В.М. Сухар // Воздушные линии.— 2012. № 4 (9).— С. 25–35.
4. **Дубина, А.А.** Разработка опор ВЛ высоких классов напряжения на основе линейки композитных стоек RStandard™ в соответствии с требованиями ПУЭ-7 [Текст] / А.А. Дубина // Воздушные линии.— 2011. № 3 (4).— С. 43–47.
5. **Колтарп, С.** Композитные опоры уверенно противостоят стихии [Текст] / С. Колтарп, Т. Вайд // Энергоэксперт.— 2010. № 6.— С. 26–28.
6. **Бочаров, Ю.Н.** Композитные опоры. Перспективы применения для ВЛ 110–750 кВ [Текст] / Ю.Н. Бочаров, В.В. Жук // Новости электротехники.— 2012. № 1 (73).— С. 22–25.
7. **Zhijun, L.** Study on grounding design for lightning of tubular composite material towers in 110kV overhead transmission line / Zhijun Li, Han-Ming Li, Min Dai, Shi-Cong Deng, Ding-xie G, Qian-Hu Wei [Электронный ресурс] // 2010 International Conference on High Voltage Engineering and Application / New Orleans, 2010.— P. 473–475. IEEE Xplore (<http://ieeexplore.ieee.org>). DOI: 10.1109/ICHVE.2010.5640725.