

Повышение надежности грозозащиты линий электропередачи

Зотов Д.Р.,
руководитель
службы по продажам
грозотросов
и термостойких
проводов
ООО «ЭМ-КАБЕЛЬ»

На сегодняшний день около 95% ЛЭП 110 кВ и выше защищены от атмосферных перенапряжений канатами типа ТК и С в качестве грозозащиты. Согласно выводам, сделанным на основе сбора статистических данных, проведенных ПАО «Россети», видно, что основной причиной повреждений грозозащитных тросов являются износ и старение, — около 40%. Повреждения, связанные с атмосферными перенапряжениями, составляют 21%, с посторонними вмешательствами — 10,6%. Таким образом, мы можем говорить о практической непригодности грузовых канатов марок ТК и С к применению в качестве грозозащитных тросов. Для решения данной проблемы предприятие ООО «ЭМ-КАБЕЛЬ», входящее в ГК «ОПТИКЭНЕРГО», разработало коррозионностойкий грозозащитный трос марки ГТК. Конструктивно он аналогичен канатам ТК — также имеет несколько разнонаправленных повивов из стальных проволок. Главным отличием ГТК является алюминиевое антикоррозионное покрытие, нанесенное на сталь методом плакирования.

Плакирование — метод нанесения тонкого защитного слоя металла на поверхность другого металла, в данном случае алюминия на стальную проволоку, при котором происходит холодная сварка металлов за счет большой сдавливающей силы. Главной особенностью этого метода является взаимная диффузия молекул металлов без нагрева на глубину до 5 мкм. Диффузия происходит под высоким давлением внутри камеры, в которую экструдированием подается пластичный алюминий,

нагретый до температуры 400°C. В дальнейшем полученный продукт может быть подвергнут калибровке или волочению с суммарным обжатием до 95%, при этом хорошая адгезия за счет диффузии гарантирует пропорциональное уменьшение диаметра стальной проволоки и алюминиевого покрытия без отслоений и сдиров.

Сравним коррозионную стойкость оцинкованной и плакированной алюминием проволок.

При погружении стальной проволоки в раствор электролита происходит образование ионов на поверхности проволоки и, как следствие, ее коррозия. Алюминий аналогично подвергается коррозии в электролите. Снижение массы стали, погруженной в раствор независимо от алюминия, составляет 0,2 мг/день, что примерно в 20 раз выше скорости коррозии алюминия. Однако при погружении соединенных вместе стали и алюминия в раствор электролита, скорость коррозии резко изменяется. В этом случае алюминий выступает в роли катода, а сталь — в роли анода, в соответствии с их потенциалами ионизации. Как следствие, алюминий расходуется намного быстрее, а сталь не корродирует и ее масса не изменяется даже в коррозионно-активной среде (3% хлорида натрия). Что касается оцинкованной проволоки, то защитное действие цинкового слоя в той же среде продлилось недолго и в течение пятилетнего периода началось разрушение. Проволока стальная, плакированная алюминием, напротив, не потеряла своей первоначальной прочности в течение 5 лет, и будет еще служить в течение длительного времени.

Нельзя не отметить еще один существенный недостаток оцинкованной стали, а именно низкую стойкость к высоким температурам. Перегрев оцинкованного каната свыше 100°C неизбежно приводит к отслоению цинка. Перегрев может произойти как при разрядах молний, так и при протекании токов короткого замыкания или плавке гололеда. В результате трос остается без антикоррозионного покрытия, что приводит к его обрыву и возникновению аварийной ситуации.

Посмотрим, как ведет себя трос ГТК после воздействия тока молнии.

На фотографиях рисунка 1 мы видим участки троса после воздействия молнии с переносимым разрядом 40 Кл и 100 Кл, подверженные воздействию коррозионно-активной среды (3% хлорида натрия).

Здесь отчетливо видно отсутствие коррозии как на соседних с поврежденными проволоками, так и на внутреннем повиве. Дополнительно отметим, что поврежденные проволоки не расплетаются, а благодаря особой преформации остаются в повиве, что является еще одним преимуществом.

Молниестойкость троса ГТК исследовалась в московском энергетическом институте. Образец растягивался на специальном натяжном устройстве с помощью натяжных зажимов НКК-2-1 с уси-

лием, равным среднеэксплуатационной нагрузке 4380 кг. На расстоянии 10 мм от троса располагался высоковольтный электрод. Обратные токопроводы крепились симметрично на расстоянии 0,5–0,75 м от электрода. На высоковольтный электрод с помощью генератора тока формировался импульс тока молнии:

- составляющая А (импульс тока первого обратного разряда) амплитудой $35 \pm 10\%$ кА и временем воздействия не более 500 мкс;
- составляющая В (промежуточный ток) со средней амплитудой $2 \pm 10\%$ кА, длительностью до 5 мкс и с переносимым зарядом до $200 \pm 10\%$ Кл;
- составляющая С (постоянный ток) амплитудой 200 А, длительностью до 1 с и с переносимым зарядом до $200 \pm 10\%$ Кл.

По результатам исследований было сделано заключение: грозозащитный трос ГТК является стойким к воздействию тока молнии с переносимым зарядом 100 Кл, суммарная вероятность появления которого в отрицательной и положительной молнии составляет 4,45%. Потеря прочности образца грозозащитного троса после воздействия тока молнии с переносимым зарядом 100 Кл составляет 10,5% при допустимой потере 25%.

Согласно положения о Единой технической политике ПАО «Россети» минимальные требо-

вания к стойкости к грозовому разряду составляют не менее 100 Кл, при этом не должно происходить снижения механической прочности. Хотя данные требования можно считать завышенными (средний разряд молнии составляет лишь 20 Кл), все-таки они существуют. Известно, что данным требованиям удовлетворяет канат марки МЗ производства Волгоградского завода «Северсталь». Сравнительные испытания показали, что действительно МЗ с более тонкими проволоками в наружном повиве выдерживает разряд 100–130 Кл, тогда как на ГТК, обладающем лучшей рассеивающей способностью за счет выигрыша в электрическом сопротивлении, наблюдается пережог проволок. На первый взгляд это противоречит всем законам физики, но все же у этого явления есть объяснение. Дело в том, что установки, на которых производились испытания, имеют ограничения по мощности, из-за чего приходится располагать разрядник максимально близко к тросу (не более 10 мм), иначе образовавшаяся за счет плавкой проволоки дуга попросту погаснет, не успев передать нужное количество кулонов. Маленький диаметр проволоки наружного повива каната МЗ позволяет перепрыгивать каналу молнии с одной проволоки на другую даже при близком рас-



Рис. 1. Участки троса после воздействия молнии с переносимым разрядом 40 Кл и 100 Кл

положении электрода. В результате мы отчетливо наблюдаем более пяти оплавленных раковин на поверхности каната. При воздействии на ГТК с большим диаметром проволок разряд находит кратчайшее расстояние до ближайшей проволоки и плавит трос в одной точке. После испытания это также отчетливо наблюдается в виде одной оплавленной раковины. К сожалению, постройка более мощной установки требует огромных средств, которых аккредитованные в ПАО «Россети» лаборатории не имеют. Единственная установка, мощности которой достаточно для передачи кулонов при воздушном зазоре 60 и более миллиметров имеется у Министерства обороны РФ в лаборатории по изучению воздействия молнии на самолеты. Проведенные на данной установке исследования полностью подтверждают наше предположение. На кадрах, снятых высокоскоростной камерой (рисунок 2), отчетливо видно смещение канала разряда под действием электромагнитных сил. В результате стойкость троса ГТК к грозовому разряду возросла до 250 Кл, при этом аналогично с МЗ наблюдалось образование 5-ти и более очагов оплавления. Данные исследования абсолютно не противоречат природе молнии, так как соглас-



Рис. 2. Смещение канала разряда под действием электромагнитных сил

но опубликованным наблюдениям молния никогда не стоит на одном месте, а всегда движется под действием электродинамики по поверхности объекта.

В зависимости от толщины алюминия трос ГТК может иметь несколько модификаций:

– ГТК14 с толщиной алюминия не менее 5% от диаметра;

- ГТК20 с толщиной алюминия не менее 10% от диаметра;
- ГТК30 с толщиной алюминия не менее 15% от диаметра;
- ГТК40 с толщиной алюминия не менее 25% от диаметра.

Сравнительные характеристики применяющихся на сегодняшний день тросов приведены в таблице 1.

Табл. 1. Сравнительные характеристики применяющихся на сегодняшний день тросов

	ТК-11 маркировочная группа 1370 Н/мм	ТК-11 маркировочная группа 1470 Н/мм	ТК-11 маркировочная группа 1570 Н/мм	ГТК20 0/70- 11,1/87	ГТК30 0/70- 11,1/57	ГТК40 0/70- 11,1/44	ГТК14 0/70- 11,1/87	11,0 МЗ СТО 71915393-ТУ 062-2008 (1770)
Производитель	ГОСТ 3063-80	ГОСТ 3063-80	ГОСТ 3063-80	ЭМ-КАБЕЛЬ	ЭМ-КАБЕЛЬ	ЭМ-КАБЕЛЬ	ЭМ-КАБЕЛЬ	Северсталь-метиз
Сечение провода общее, м ²	72,95	72,95	72,95	72,58	72,58	72,58	72,58	83,59
Внешний диаметр, м	11	11	11	11,1	11,1	11,1	11,1	11
Масса провода, г/м	0,627	0,627	0,627	0,493	0,420	0,347	0,526	0,695
Суммарное расчетное разрывное усилие всех проволок, не менее	89 950	96 100	102 000	87 593	57 418	44 537	103 790	147 000
Электрическое сопротивление постоянному току при 20°C	2,056	2,056	2,056	1,2038	0,8158	0,6118	1,721	1,7945
Термическое воздействие тока короткого замыкания	24	24	24	48,0	66,6	80,3	28,6	31,0

Табл. 2. Сравнительные характеристики стрел провеса и тяжений грозозащитных тросов марки ГТК и ТК.
Расчетный режим: $T = 0^\circ$, $C_H = 0$ мм, $Q_H = 0.00$ кгс/м²

	Длина пролетов а метрах троса ТК-70							Длина пролетов в метрах троса ГТК-20-0/70-11.1/87						
	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	350.0	400.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	350.0	400.0
Район по ветру — 3. Район по гололеду — 2														
Напряжение, кгс/мм ²	29.13	29.53	30.03	28.65	25.57	23.11	21.31	29.13	29.53	30.03	28.65	25.57	23.11	21.31
Стрела провеса, м	0.37	0.82	1.43	2.35	3.78	5.70	8.07	0.29	0.65	1.13	1.85	2.98	4.50	6.38
Район по ветру — 3. Район по гололеду — 3														
Напряжение, кгс/мм ²	26.72	26.06	20.02	15.95	13.83	12.71	12.06	26.72	26.06	20.02	15.95	13.83	12.71	12.06
Стрела провеса, м	0.40	0.93	2.15	4.21	7.00	10.36	14.26	0.32	0.73	1.70	3.33	5.54	8.19	11.26
Район по ветру — 4. Район по гололеду — 3														
Напряжение, кгс/мм ²	26.67	24.66	18.33	4.55	12.73	11.78	11.22	26.67	24.66	18.33	14.55	12.73	12.73	11.22
Стрела провеса, м	0.40	0.98	2.35	4.62	7.60	11.18	15.33	0.32	0.78	1.86	3.65	6.01	8.85	12.12
Район по ветру — 4. Район по гололеду — 4														
Напряжение, кгс/мм ²	26.33	17.01	11.58	9.70	8.90	8.48	8.23	26.33	17.01	11.58	9.70	8.90	8.48	8.23
Стрела провеса, м	0.41	1.42	3.71	6.93	10.87	15.53	20.90	0.32	1.12	2.94	5.45	8.58	12.25	16.53
Район по ветру — 5. Район по гололеду — 5														
Напряжение, кгс/мм ²	26.00	15.98	10.91	9.23	8.52	8.14	7.92	26.00	15.98	10.9	9.23	8.52	8.14	7.92
Стрела провеса, м	0.41	1.51	3.94	7.28	11.36	16.18	21.72	0.33	1.20	3.11	5.77	8.94	12.76	7.11

Из сравнения видно, что трос ГТК14 оптимально подходит для замены канатов ТК 1470, 1570 маркировочных групп по прочностным характеристикам. При этом мы получаем преимущество в долговечности и надежности. Улучшения таких характеристик как термическая стойкость к токам к.з. и максимально допустимого тока мы при этом не получим, но, учитывая, что стоимость троса ГТК14 не превышает стоимости ТК, можно говорить о широком применении этого изделия на ВЛ не имеющих более высоких требований относительно канатов ТК.

В тех случаях, когда по тросам протекают достаточно большие токи, рекомендуется применять ГТК20. Это изделие обладает значительно лучшими характеристиками по термической стойкости к токам к.з. и максимально допустимому току. Отдельно отметим, что за счет меньшего веса, ГТК20

может подвешиваться с теми же тяжениями, что и канат ТК и иметь более высокую стрелу провеса или подвешиваться с меньшим тяжением и иметь ту же стрелу провеса.

В приближении к подстанциям или на линиях с очень большими токами на тросах применяются ГТК30 и ГТК40. При необходимости завод производитель может изготовить любой другой по конструкции и сечению трос по механическим и электрическим параметрам, запрошенным заказчиком. Таким образом мы готовы произвести трос под любые требования. Так, например, в 2016 году, по проекту ВЛ 110 кВ «Магистральный нефтепровод Куумба–Тайшет. Внешнее электроснабжение ГНПС № 1, НПС № 2, НПС № 3. Спецпереход через реку Ангару», был произведен трос сечением 521 мм², используемый в качестве и грозотроса, и фазного провода. Особенно

стью перехода стало большое (более 2 км) расстояние между опорами, требовавшее большой механической прочности троса и необходимости передачи в аварийном режиме мощности с двух ВЛ 110 кВ по одной цепи перехода. Оптимальным решением стало применение троса из стали плакированной алюминием марки 20 SA, позволившей обеспечить и механическую прочность, и передачу мощности. **Р**



**430006, Республика Мордовия,
г. Саранск,
ул. 2-я Промышленная, д. 10А
Тел.: +7 (8342) 33-31-36, 33-30-61
Факс: +7 (8342) 38-02-07
sp@emcable.ru
www.emcable.ru**