Грозозащитные тросы.
Результаты сравнительных исследований

Зотов Д.Р., директор по перспективным проектам и новым технологиям ООО «ЭМ-КАБЕЛЬ»

В одной из прошлых статей под названием «Какие тросы защищают наши ЛЭП» («ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение» № 3(42), 2017 г.) мы опубликовали результаты сравнительных исследований грозозащитных тросов на стойкость к воздействию токов короткого замыкания. Суть исследований сводилась к оценке разрушающего воздействия комплекса факторов, таких как короткое замыкание, коррозия, ультрафиолет и вибрация. Грозозащитные тросы подвергаются этим испытаниям при прохождении процедуры аттестации согласно «Положению о единой технической политике» ПАО «Россети», но в реальных условиях трос подвергается всем этим воздействиям, а испытания проходят на разных образцах. Как правило, испытания проходят даже не в одной лаборатории. Производители нарезают образцы троса, отправляют их в различные лаборатории, и каждый образец проходит лишь одно испытание. В эксплуатации же один и тот же участок троса подвержен молнии, КЗ, вибрации, растяжению и т.д. Выходит, что проделав весь комплекс испытаний, мы так и не получаем полной уверенности в надежности допущенных до эксплуатации изделий. Проделанная нами работа должна дать ответ, какой будет коррозионная стойкость троса, подвергшегося воздействию токов короткого замыкания.

Итак, первым этапом исследовательской работы стали испытания тросов марок ГТК и МЗ на стойкость к токам короткого замыкания. Результаты этих исследований мы уже опубликовали в нашей предыдущей статье. Напомним, что данное испытание выявило явное завышение производителем троса МЗ значения токов короткого замыкания (рисунок 1). В результате на испытательном стенде вследствие протекания по тросу тока, гарантированного производителем 6,64 кА, фактическая температура составила более 400°С при норме не более 350°С. Точно замерить температуру троса МЗ не позволил установленный датчик, имеющий максимальное ограничение — 400°С. Стоит задуматься, к каким последствиям может привести такая недобросовестность в конкуренции.

Как мы видим из таблицы 1, трос ГТК имеет значительный запас расчетного тока относительно фактического. При токе 6,2 кА нагрев составил лишь 188°С при норме не более 300°С.

Далее нам предстояло определить остаточную коррозионную стойкость образцов тросов после протекания тока КЗ. Исследования проводились в Испытательном Центре «Оптикэнерго» в камере соляного тумана LIB S-750B № L201507010 по следующей программе:

1. С образцов троса из оцинкованных проволок и троса из проволок, плакированных алюминием, были нарезаны отрезки по 400 мм.
2. Концы отрезков герметизировались. Затем отрезки помещались в камеру соляного тумана и подвергались воздействию соляного тумана согласно условиям ГОСТ 20.57.406-81 (метод 215-3). В камере соляного тумана поддерживалась температура 35°С. Концентрация соляного раствора составляла (5±0,2)%, показатель pH составлял (6,2±0,2). Камера настраивалась таким образом, чтобы объем собранного конденсата, усредненный за время работы камеры, составлял от 1 до 2 мл в час на каждые 80 см^2 горизонтальной поверхности испытательного пространства, показатель pH собранного конденсата был в диапазоне от 6,5 до 7,2, а концентрация собранного конденсата составляла (5±1)%. Через каждые 168 часов отрезки промывались деионизированной водой и просушивались воздухом.
3. Отрезки образцов троса из оцинкованных проволок и троса из проволок, плакированных алюминием, вынимались из камеры через 1000, 1500, 2000, 2500 и 3000 часов. Затем отрезки промывались деионизированной водой, просушивались воздухом и осматривались на наличие следов коррозии.

Кроме определения, на каком изделии коррозия развивается быстрее, а на каком медленнее, мы оценили срок эксплуатации троса в реальных условиях. Для этого в камеру соляного тумана мы поместили оцинкованную пластину кровельного листа. Оцинкованные листы используются в строительстве уже более 200 лет, поэтому накоплена достаточно большая

Табл. 1. Результаты испытаний тросов марок ГТК и МЗ

Наименование троса	Ток КЗ по НД производителя, кА	Ток КЗ на испытаниях, кА	Время КЗ, с	Температура по НД, °С	Фактическая температура, °С
МЗ-11,1	6,64	6,64	1	350	<400
ГТК20-11,1	6,2	6,2	1	300	188

Рис. 1. Испытания троса типа МЗ

статистика скорости коррозии в различных регионах. К примеру, сквозная коррозия оцинкованного листа в чистой атмосфере составляет 25 лет. А в промзоне — снижается до 10–15 лет. Также огромное влияние оказывает приближенность к береговой зоне морей. В каждом регионе существует статистика по коррозии оцинкованного листа. Таким образом, получив сквозную коррозию оцинкованной пластины в камере соляного тумана через 1500 часов, будем приравнивать это время к 25 годам эксплуатации в чистой атмосфере или 15 годам в промзоне.

1000 ЧАСОВ В КАМЕРЕ

Итак, на испытаниях в камере соляного тумана находятся 4 образца (рисунок 2):

Первые выводы можно сделать уже после первых 1000 часов. На рисунках мы видим, что трос ГТК абсолютно не подвержен коррозии. Образец МЗ имеет различные окислы по всей поверхности. При этом необходимо отметить, что мы наблюдаем два вида коррозии: красную и белую. В условиях повышенной влажности исходным коррозионным продуктом является гидроокись цинка, которая в дальнейшем под действием двуокиси углерода превращается в основной карбонат цинка с составом, подобным $ZnCO_3$-$3Zn(OH)_2$, именуемым белая ржавчина. Образование этого налета можно считать нормальным явлением, так как скорость коррозии цинка очень мала и может протекать десятки лет. Но если бы не очаговые проявления окислов железа, или красной ржавчины, свидетельствующие о прямом воздействии агрессивной среды на сталь. Это говорит о частичном разрушении цинкового покрытия. Трос ТК и оцинкованная пластина получили аналогичную коррозию, при этом красная ржавчина занимает более обширную площадь. Отметим, что двойное оцинкование гальваническим способом дает тросу МЗ определенное преимущество перед канатом типа ТК, на котором красная ржавчина занимает 50% поверхности.

Алюминий, защищающий стальные проволоки троса ГТК, хоть и является активным металлом, отличается достаточно хорошими коррозионными свойствами. Это можно объяснить способностью алюминия пассивироваться во многих агрессивных средах.

Коррозионная стойкость алюминия зависит от многих факторов: чистоты металла, коррозионной среды, концентрации агрессивных примесей в среде, температуры и т.д. Сильное влияние оказывает pH растворов. Оксид алюминия на поверхности металла образуется только в интервале pH от 3 до 9. В камере соляного тумана поддерживалась температура 35°С. Концентрация соляного раствора составляла (5±0,2)%, показатель pH составлял (6,2±0,2). Данный соляной раствор в течении 1000 часов частично разрушил цинк тросов МЗ и ТК, в то время как полностью сохранившееся алюминиевое покрытие надежно защищает сталь от контакта с агрессивным раствором. Как мы видим, на тросе ГТК следы окислов железа отсутствуют.

1500 ЧАСОВ В КАМЕРЕ

Состояние образцов после 1500 часов значительных изменений не получили (рисунок 3). ГТК по прежнему не имеет очагов ржавчины, вся поверхность МЗ имеет белую ржавчину и очаговые поражения красной ржавчиной, красная коррозия ТК заметно усилилась и занимает уже более 90% поверхности.

Очень важная деталь! Пластина, служившая индикатором, получила сквозное отверстие в результате коррозии. Так как в чистой атмосфере сквозная коррозия соответствует 25 годам, приравниваем 1500 часов в камере к 25 годам эксплуатации.

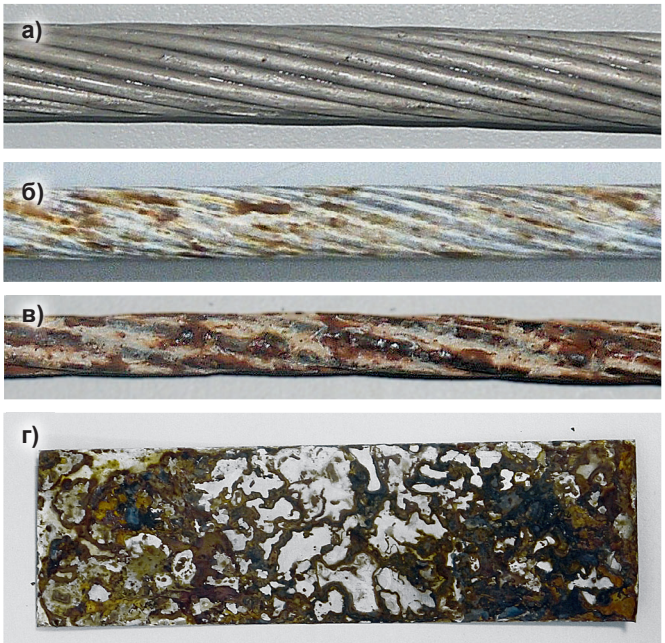

Рис. 2. Испытания в камере соляного тумана 1000 часов: а) трос ГТК из стальных проволок, плакированных алюминием; б) трос МЗ из стальных проволок, покрытых двойным слоем цинка гальваническим способом; в) трос ТК из стальных проволок, покрытых цинком горячим способом; г) стальная пластина толщиной 0,5 мм, покрытая цинком

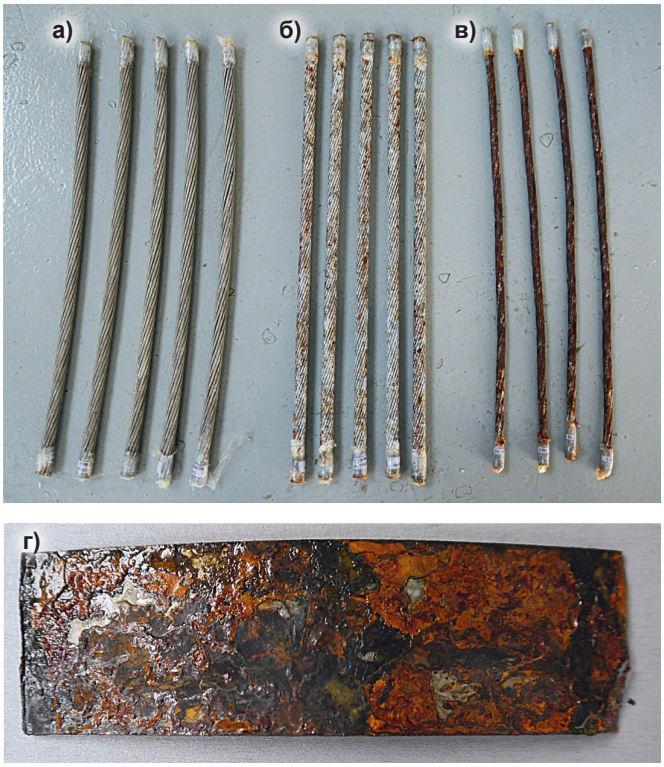

Рис. 3. Испытания в камере соляного тумана 1500 часов: а) трос ГТК; б) трос МЗ; в) трос ТК; г) пластина.

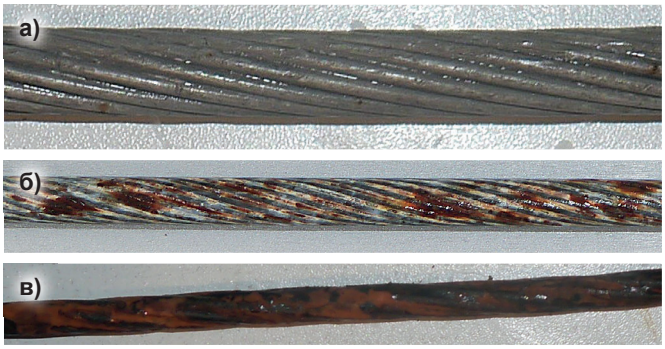

Рис. 4. Испытания в камере соляного тумана 2000 часов: а) трос ГТК; б) трос М3; в) трос ТК.

2000 ЧАСОВ В КАМЕРЕ

После 2000 часов в камере соляного тумана (рисунок 4) на тросе ГТК по-прежнему нет следов образования ржавчины, на тросе М3 наблюдается увеличение площади поражения красной коррозией и по-прежнему присутствует белая коррозия. Трос ТК полностью покрылся ржавчиной красного цвета, при этом белого налета не наблюдается. Это свидетельствует о полном разрушении цинкового покрытия. Кроме этого, зафиксировано снижение механической прочности на 30%, из чего можно сделать вывод о дальнейшей непригодности к эксплуатации данного изделия. Эксплуатационный ресурс составил около 30 лет в чистой атмосфере. Образец троса марки ТК выбывает из дальнейшего исследования.

2500 ЧАСОВ В КАМЕРЕ

ГТК после 2500 часов (рисунок 5) показывает по-прежнему превосходный результат коррозионной стойкости, очагов ржавчины не проявилось. Площадь поражения красной ржавчиной на тросе М3 немного увеличилась, и следы поражения стали более выраженные. Это свидетельствует об увеличении глубины поражения. Характерные следы белой ржавчины по-прежнему занимают достаточно большую площадь. Из этого можно сделать заключение, что при протекании токов короткого замыкания цинковое покрытие частично разрушилось, о чем свидетельствует появление красной ржавчины в самом начале эксперимента. Уцелевшее покрытие продолжает выполнять свою функцию.

3000 ЧАСОВ В КАМЕРЕ

И завершающий этап исследований. После 3000 часов в растворе натрий-хлора (рисунок 6) образец под названием грозозащитный трос коррозионностойкий ГТК полностью оправдывает свое название, никаких следов оксидов не появилось. На тросе М3 наблюдается увеличение площади, занимаемой красной

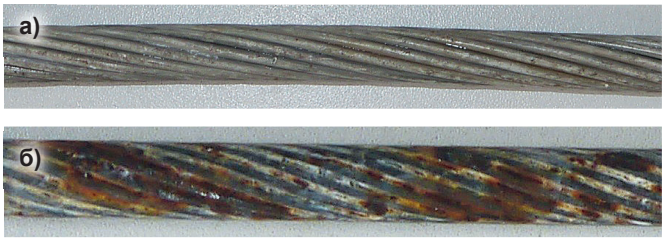

Рис. 6. Испытания в камере соляного тумана 3000 часов: а) трос ГТК; б) трос М3.

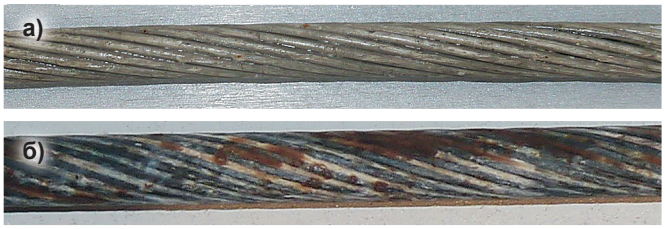

Рис. 5. Испытания в камере соляного тумана 2500 часов: а) трос ГТК; б) трос М3.

ржавчиной, белая коррозия занимает совсем небольшую площадь. Цинковое покрытие на тросе М3 после 3000 часов в камере соляного тумана можно считать разрушенным, так как площадь, занимаемая белой ржавчиной, составляет уже не более 20%.

ВЫВОДЫ

Выводы о пригодности тросов марки ТК давно уже сделаны и повторять их бессмысленно. Внутренними стандартами ПАО «Россети» применение тросов марки ТК значительно ограничено и статистика закупок говорит о том, что энергетические компании уже практически отказались от закупок морально устаревших тросов в пользу инновационных. Согласно ГОСТам на оцинкованные тросы — их срок эксплуатации не превышает 25 лет. Это полностью подтверждено данными исследованиями. Касательно тросов нового поколения марок М3 и ГТК — на первый взгляд однозначные выводы сделать трудно. Оба изделия прошли процедуру аттестации, которая предусматривает весь необходимый комплекс испытаний, в том числе и на коррозионную стойкость. Но из проведенного нами эксперимента видно, что после протекания по тросу марки М3 токов короткого замыкания цинковое покрытие теряет свою эффективность, и трос начинает коррозировать уже в начале испытания. Ресурс троса М3 исчерпан уже после 30 лет эксплуатации. Приравняв эталонный образец оцинкованного листа к эксплуатации в загрязненной атмосфере, ресурс троса М3 не превысит 30 лет. Не нужно забывать, что кроме короткого замыкания на трос действуют вибрации и атмосферные перенапряжения. Их влияние на ресурс троса еще предстоит изучить. Из проведенного исследования можно сделать только один вывод: алюминиевое покрытие стальных тросов обладает бесспорным преимуществом! После протекания токов КЗ и 3000 часов в растворе натрий-хлора трос не получил никаких повреждений. Ресурс троса не исчерпан. На сегодняшний день трос ГТК является самым надежным и долговечным! Р

ЭМ-КАБЕЛЬ

430006, Республика Мордовия, г. Саранск,
ул. 2-я Промышленная, 10 А
Тел.: 8 (800) 100-99-44. Тел./факс: 8 (8342) 380-201
E-mail: zakaz@emcable.ru
http://emcable.ru
Группа компаний «ОПТИКЭНЕРГО»
http://opticenergo.ru