

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЛ. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ. ЗАДАЧИ ДЛЯ ПРОЕКТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

ФИЛИАЛ ПАО «ФСК ЕЭС» - МЭС ЦЕНТРА

Елисеенко А.В., начальник службы эксплуатации и диагностики ЛЭП

Спиральная арматура является относительно новым альтернативным типом арматуры для традиционных видов арматуры, предназначенной для проводов высоковольтных воздушных линий электропередачи, молниезащитных тросов и оптических кабелей.

К сожалению, с неизолированными проводами ВЛ применять спиральную арматуру возможно ограничено и только при соответствующем обосновании. Причина в данном случае в больших потерях на перемагничивание, возникающих в зажиме и приводящих к его существенному нагреву – выше допустимых значений. Явление это возникает в изделиях спиральной арматуры, имеющих в своей конструкции спирали из ферромагнитных материалов: оцинкованной или алюминированной проволоки. Для высокотемпературных проводов ситуация усугубляется тем, что значения протекающих в них токов превышают величины токов в обычных проводах, следовательно, величина потерь электроэнергии существенно возрастает. Следует отметить, что в России сегодня существует широкая практика применения таких зажимов со всеми вытекающими отрицательными последствиями.

Есть положительный зарубежный опыт. Данная проблема успешно решена, например, компанией ПЛП, в конструкции соединительных и ремонтных зажимов которой используются токопроводящие повивы из проволок из алюминиевого сплава повышенной прочности с нанесенным токопроводящим компаундом. На производство зажимов аналогичной конструкции в настоящий момент переходит ООО «САРМАТ». Для натяжных зажимов проблема перемагничивания может быть решена путем замены ферромагнитных материалов на не магнитные (например, аустенитные стали).

В России работы по исследованию процессов перемагничивания и возникающих потерь в спиральных зажимах для неизолированных проводов в инициативном порядке ведёт компания «Форэ-нерго-инжиниринг». На недавних испытаниях, проводившихся в аккредитованном «Испытательном центре линейной арматуры и высоковольтных изоляторов «ЧЭМЗ» – «МЗВА», присутствовали представители ПАО «ФСК ЕЭС», ОАО «ЦИУС ЕЭС» и предприятий-производителей спиральной арматуры. Испытания по определению потерь на перемагничивание существующих конструкций спиральной арматуры и поддерживающих и натяжных зажимов, изготовленных из магнитных материалов, которые прошли в аккредитованном «Испытательном центре линейной арматуры и изоляторов ООО «ЧЭМЗ» – ООО «МЗВА», подтвердили наличие значительных потерь, связанных с перемагничиванием, а также перегрев зажимов, изготовленных из магнитных материалов или имеющих в конструкции протекторы-фиксаторы, изготовленные из магнитных материалов. Присутствовавшие на испытаниях специалисты считают необходимым учесть требования по потерям на перемагничивание в основных нормативных технических документах ПАО «Россети».

Далее будут отображены более компактно технологические нарушения, произошедшие на ВЛ по причине повреждения спиральной арматуры.

Информация о технологических нарушениях на ВЛ из-за нарушения технологии монтажа или применения несоответствующей проекту линейной спиральной арматуры

03.05.2015 в 12-20 в филиале ОАО «ФСК ЕЭС» – Кузбасское ПМЭС произошло автоматическое отключение ВЛ 220 кВ Кузбасская – ЗСМК 1 цепь (письмо от 22.06.2015 № ДВ/99/861).

Указанная ВЛ была введена в эксплуатацию в декабре 2013 года. Причиной отключения явился обрыв стального сердечника провода в месте непосредственного соединения спиральным соединительным зажимом СС-30,6-11 производства АО ЭСПП (г. Москва). Повреждение стального сердечника провода в соединительном зажиме фазы «С» произошло из-за монтажа нижнего токопроводящего повива зажима длиной 2300 мм на верхний повив провода, вырезанного на длину 1800 мм. В результате этого произошло сокращение пятна контакта с 2300 мм до 500 мм в спиральном соединителе с дальнейшим перегревом и обрывом сердечника.

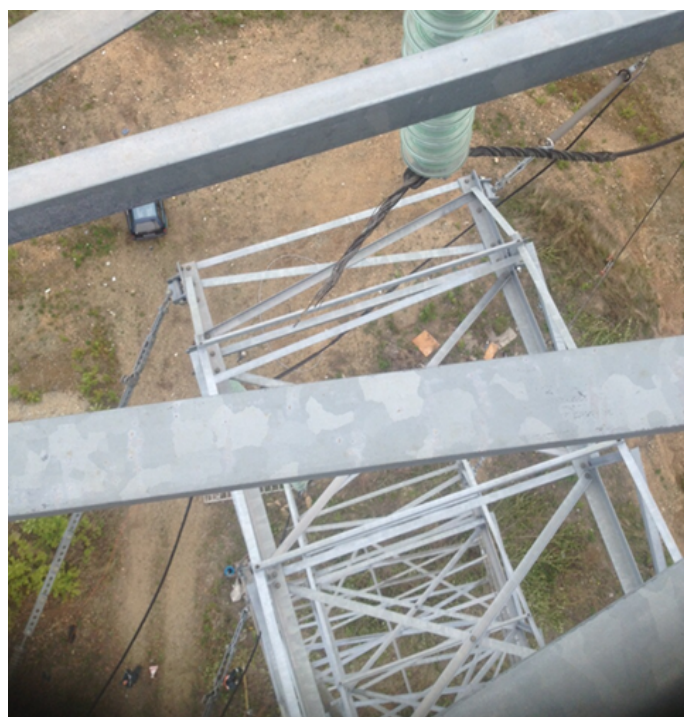


Фотографии по результатам технологических нарушений ВЛ 220 Кузбасское – ЗСМК (03.05.2015 в 12-20)

14.05.2015 в 02-22 в филиале ПАО «ФСК ЕЭС» – Приморское ПМЭС произошло автоматическое отключение ВЛ 220 Владивосток – Зеленый Угол. (письмо от 22.06.2015 № ДВ/99/861 приложение).

Анализ показал, что при строительстве данной ВЛ в 2010 г. во время монтажа обводного шлей-

фа фазы «С» на опоре № 92 была использована вставка провода меньшего сечения (пролёт выполнен проводом марки АС 400/64, а вставка обводного шлейфа – проводом марки АС 330/48). Обрыв обводного шлейфа произошёл из-за нагрева и последующего термического разрушения стального сердечника провода меньшего сечения вследствие недостаточного электрического контакта со спиральным зажимом ШС-27,7-01.



Фотография по результатам технологических нарушений ВЛ 220 Владивосток – Зеленый Угол (14.05.2015 в 02-22)

06.06.2015 в 07-05 в филиале ПАО «ФСК ЕЭС» – Ставропольское ПМЭС произошло автоматическое отключение ВЛ 330 кВ Грозный – Чирюрт. (письмо от 22.06.2015 № ДВ/99/861). Причиной отключения явились обрывы проводов обводного шлейфа ф. «А» в спиральных зажимах на опоре № 280.

Причиной аварийного отключения ВЛ 330 кВ Грозный – Чирюрт явилось перекрытие воздушного изоляционного промежутка фазы «А» между обводным шлейфом и траверсой опоры № 280 вследствие обрыва обводного шлейфа в месте соединения спиральными зажимами. Обрыв обводного шлейфа произошёл в результате нагрева из-за слабого контакта вследствие использования контрафактных спиральных зажимов.



**Фотографии по результатам технологических нарушений ВЛ
330 кВ Грозный – Чирюрт (06.06.2015 в 07-05)**

08 июня 2019 в 12:31 в зоне эксплуатационной ответственности филиала ПАО «ФСК ЕЭС» – Верхне-Донское ПМЭС произошло автоматическое отключение ВЛ 500 кВ Донская – Елецкая (письмо от 20.06.2019 № М1/36/672). Причиной автоматического отключения ВЛ 500 кВ Донская – Елецкая явилось выпадение грозозащитного троса из натяжного спирального зажима, закрепленного на левой стойке анкерно-угловой металлической опоры № 64 типа УС500-3+5 с последующим падением троса на провода фазы «С».



**Фотография по результатам технологических нарушений ВЛ
500 кВ Донская – Елецкая (08.06.2019 в 12-31)**

12.02.2020 в 12-31 в зоне эксплуатационной ответственности филиала ПАО «ФСК ЕЭС» – Волго-Донское ПМЭС 12.02.2020 в 12-31 отключилась ВЛ 500 кВ Балашовская – Волга (письмо от 17.02.2020 № ВД/287/281).

Причиной отключения ВЛ явился обрыв левого грозозащитного троса на промежуточной опоре № 395 в месте выхода его из спирального протектора, на котором было смонтировано устройство контроля температуры. Обрыв произошёл в результате создания излишнего напряжения на трос в месте монтажа устройства контроля температуры вследствие недостатка конструкции устройства. Монтаж грозозащитного троса выполнен в 1960 году.



**Фотографии по результатам технологических нарушений ВЛ
500 кВ Балашовская – Волга (12.02.2020 в 12-31)**

25.03.2020 в 18-15 в зоне эксплуатационной ответственности филиала ПАО «ФСК ЕЭС» – Ленинградское ПМЭС отключилась ВЛ 750 кВ Ленинградская АЭС – Ленинградская (письмо от 08.04.2020 № ВД/287/558). По результатам послеаварийного осмотра обнаружены разрушения соединений проводов шлейфа фазы «А» (5 проводов) и одного провода шлейфа фазы «В» на анкерной металлической опоре № 271, выполненные шлейфовыми спиральными зажимами. Предварительная причина разрушения соединений проводов в шлейфах – нарушение технологии монтажа шлейфовых зажимов марки ПШС-24,0/03(01), а именно: наличие зазоров между протектором и проводом.

Это привело к локальному нагреву провода в местах соединений с последующим разрушением (отгоранием).



Фотография по результатам технологических нарушений ВЛ 750 кВ Ленинградская АЭС – Ленинградская (25.03.2020 в 18:15)

10.07.2020 в 03-16 в зоне эксплуатационной ответственности филиала ПАО «ФСК ЕЭС» – Карельское ПМЭС аварийно отключилась ВЛ 750 кВ Белозерская – Ленинградская (письмо от 31.07.2020 № РВ/319/261). По результатам послеаварийного осмотра обнаружены разрушения соединений проводов шлейфа фазы «С» (5 проводов) на транспозиционной опоре №1160, выполненные шлейфовыми спиральными протекторами марки ПШС-Т-24,0-/03(01). Причина разрушений соединений проводов шлейфа – нарушение технологии монтажа шлейфовых спиральных протекторов производства ООО «Сармат», а именно: на всех соединительных шлейфовых спиральных зажимах не были установлены протекторы-фиксаторы, а токопроводящие повивы были намотаны неплотно с пропусками между спиральями. Кроме того, не была применена токопроводящая смазка, что привело к отсутствию надежного контакта токопроводящих повивов соединителей с верхними повивами проводов. В результате этого основная токовая нагрузка проходила через стальные сердечники проводов, что привело к нагреву, разрушению и обрыву проводов в местах установки шлейфовых спиральных зажимов.



Фотография по результатам технологических нарушений ВЛ 750 кВ Ленинградская АЭС – Ленинградская (10.07.2020 в 03-16)

10.07.2020 в 18-03 в зоне эксплуатационной ответственности филиала ПАО «ФСК ЕЭС» Южное ПМЭС произошло автоматическое отключение ВЛ 500 кВ Тобол – Тюмень (письмо от 31.07.2020 № РВ/319/261). По результатам послеаварийного осмотра на опоре № 20 обнаружено вырывание грозозащитного троса марки ОКГТ-с-1-24(G.652) — 12,3/95 из спирального натяжного зажима марки НС-11,0П-02. Вырывание грозозащитного троса произошло в результате применения натяжного спирального зажима для грозозащитных тросов по (ГОСТ 3062, ГОСТ 3063, ГОСТ 3064) вместо натяжного спирального зажима типа НСО-12,1/12,3П-32(95) для данного типа ОКГТ.



Фотография по результатам технологических нарушений ВЛ 500 кВ Тобол – Тюмень (10.07.2020 в 18-03)

13.07.2020 в 02-30 в зоне эксплуатационной ответственности филиала ПАО «ФСК ЕЭС» Южно-Уральского ПМЭС 13.07.2020 в 02-30 аварийно отключилась ВЛ 220 кВ Южноуральская ГРЭС – Шагол 3 цепь с отп. на ПС Исаково (письмо от 31.07.2020 № РВ/319/261). По результатам послеаварийного осмотра на опоре № 225Б обнаружено проскальзывание провода в натяжном клиносочлененном зажиме типа ЗНК-30-3 (фото № 3 в приложении). Отключение ВЛ 220 кВ ЮУГРЭС – Шагол 3 цепь с отп. на ПС Исаково произошло по причине смещения фазного провода внутри натяжного зажима с приближением шлейфа анкерной петли к траверсе и дальнейшим пробоем воздушного промежутка. Причиной смещения провода в натяжном зажиме послужил некачественный монтаж. Ослабление механического соединения и, как следствие, смещение провода в натяжном зажиме произошло по причине нарушения инструкции по монтажу данного зажима, выразившемся в отсутствии антифрикционной смазки на рабочих поверхностях скольжения, внешних направляющих клина и корпуса зажима, что привело к образованию задигов, наплывов металла и сколов на клине и корпусе зажима. Отсутствие антифрикционной смазки привело к неправильной сборке зажима на этапе заклинивания клина внутри корпуса зажима и неравномерному распределению нагрузки на клин. При этом на провод клин давил точечно, что привело к локальному пережиму верхних повивов провода.



Фотографии по результатам технологических нарушений ВЛ 220 кВ Южноуральская ГРЭС – Шагол 3 цепь (13.07.2020 в 02-30)

30.09.2020 в 14-49 на ВЛ 750 кВ Белозерская – Ленинградская, в зоне эксплуатационной ответственности филиала ПАО «ФСК ЕЭС» – Вологодское ПМЭС обнаружено повреждение шлейфа и натяжной гирлянды изоляторов фазы «С».

В результате верхового осмотра опоры № 388 (опора типа УС750-1+15ЛБ) выявлено следующее:

- в шлейфе проводов фазы «С», состоящим из 5-ти проводов, обнаружено разрушение 2-х проводов и повреждение 3-х шлейфовых спиральных зажимов;
- разрыв одной ветви многоцепной натяжной гирлянды изоляторов нижнего провода фазы «С» на опоре № 388 в сторону опоры № 389 (опора типа УС750-1+15ЛБ).

Согласно заводской документации комплект данного шлейфового спирального зажима (марка ПШС-Т-24,0/03(01) производства ООО «Сармат», г. Саранск) состоит из трёх протекторов:

- протектор-соединитель (8 проволок диаметром 4 мм, длина протектора 500 мм);
- протектор токопроводящий (17 проволок диаметром 4,62 мм, длина протектора 1100 мм);
- протектор-фиксатор (21 проволока диаметром 3,80 мм, длина протектора 1000 мм).

При детальном осмотре, в рамках устранения повреждений на опоре № 388 ВЛ 750 кВ Белозерская – Ленинградская, выявлено следующее:

- обрыв одной ветви гирлянды в изолирующей подвеске произошёл из-за разрушения звена промежуточного двойного типа 2ППР-16-2 (служит для закрепления коромысла). В месте разрушения видны следы термического воздействия;
- на проводах №№ 1, 2, 3 установлены шлейфовые зажимы неизвестного типа, которые состоят из одного спирального слоя с нанесённым абразивным материалом (диаметр проволок 5,5 мм, длина протектора 1280 мм). Стальная часть проводов не соединялась. В стыке полупетель шлейфов всех трёх проводов имеются зазоры шириной 20 мм, от которых на расстоянии 10-15 см образовались термические повреждения проводов ВЛ и спиралей зажима;
- на проводах №№ 4, 5 (приложение 2) шлейфовый зажим состоит из трёх протекторов: протектора-соединителя (6 проволок диаметра 4,2 мм,

длина протектора 500 мм), протектора-заполнителя (11 проволок диаметра 3,8 мм, длина протектора 500 мм) и протектора токопроводящего с абразивным материалом (диаметр проволок 5,5 мм, длина протектора 1280 мм).

В торце между «заполнителем» и стенкой АС провода имеется наличие зазора 3-4 см, со следами термического повреждения стальной части провода. Данные шлейфовые соединения были разрушены в результате разрыва.



Фотография по результатам технологических нарушений ВЛ 750 кВ Белозерская – Ленинградская (30.09.2020 в 14-49)

28.10.2020 в 13-39 в филиале ПАО «ФСК ЕЭС» – Верхне-Донское ПМЭС произошло автоматическое отключение ВЛ 220 кВ Донская – Лиски №1. Причиной отключения явился обрыв (отгорание) шлейфа фазы «А» на опоре №149 в месте его соединения шлейфовым спиральным зажимом ШС-24,0-01 производства АО «Электросетьстройпроект». Отгорание провода шлейфа в месте его выхода из шлейфового спирального зажима произошло из-за нарушения требований п. 4.1. и 4.3. инструкции по монтажу зажима (приложение

к акту), а именно: не применена токопроводящая смазка, монтаж проволок протектора-фиксатора выполнен со смещением за габариты проволок токоведущего повива.



Фотографии по результатам технологических нарушений ВЛ 220 кВ Донская – Лиски №1 (28.10.2020 в 13-39)

Таким образом, несмотря на значительные положительные моменты при применении спиральной арматуры, электросетевые организации столкнулись с несколькими проблемами:

1. Так называемые «кривые руки».
2. Невозможность идентификации смонтированной

арматуры, а именно невозможность определения правильности монтажа (последовательность монтажа прядей, правильность их наложения и т.д.

3.И третья проблема, которая проявилась на ВЛ 750 кВ Белозерская – Ленинградская, заключатся в том, под одним наименованием (маркировкой) зажима производились два, совершенно разных, с точки зрения компоновки, типа зажима. Как было сказано выше, при освещении статистики ТН, под зажимом марки ПШС-Т-24,0/03(01) производились два разных зажима:

- один двухпрядный;
- другой трехпрядный.

При детальном разборе, выяснилось, что помимо разного количества прядей в одном замае согласно типу (марки), монтажная организация ещё и неправильно применила зажимы. Грубо говоря, были перемешаны все зажимы и одном шлейфе часть прядей от одного зажима, а часть от другого.

В связи с этим есть предложение к разработчикам и производителям спиральной арматуры, рассмотреть возможность внедрения в арматуру идентификационных моментов, по которым мы могли бы определять правильность монтажа того или иного зажима. При проведении верхового осмотра на расстоянии трёх-семи метров невозможно определить ни длину пряди, ни тем более количество прядей, особенно под протектором фиксатором. ■

Филиал ПАО «ФСК ЕЭС» – МЭС Центра
Москва
+7 (495) 962-87-11
mes@mes-centra.ru

Контакты автора:
Елисеенко А.В.
+7 (915) 090-26-09
EliseenkoAV@mes-centra.ru