

# ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АРМАТУРЫ СПИРАЛЬНОГО ТИПА НА ВОЗДУШНЫХ ЛЭП

Рыжов С.В., канд. техн. наук, Цветков Ю.Л.,  
ЗАО «Электросетьстройпроект», г. Москва

Предприятие Электросетьстройпроект, начиная с 1995 г., выпускает спиральную арматуру для проводов воздушных ЛЭП России, причем, наиболее распространенными конструкциями стали как защитные протекторы, так и зажимы — поддерживающие, ремонтные, натяжные, соединительные. В мировой практике указанные типы спиральной арматуры получили широкое применение благодаря ряду преимуществ по сравнению с традиционными конструкциями: простота и полная совместимость с проводом; несложный, быстрый монтаж без применения специальной оснастки, причем, качество выполненных работ легко контролируется визуально; надежное крепление провода, предохраняющее его от опасных изгибов, перетирания, вибрации и других механических повреждений; быстрое восстановление линии или обеспечение, где необходимо, электрических и механических характеристик провода в случаях его обрыва; исключение концентрации усилий сдавливания с распределением их на большой длине. Реже других применяются натяжные и соединительные спиральные зажимы для проводов наибольших сечений с тремя и более слоями алюминиевых повивов, где трудно обеспечить передачу усилия тяжения через несколько слоев алюминия или где зажим становится очень громоздким и дорогим.

В предлагаемой статье приведены некоторые из характерных примеров применения спиральной арматуры во многих энергосистемах России как в случаях проведения ремонтно-восстановительных работ, так и при строительстве новых линий.

## Первый опыт применения в России спиральных протекторов на воздушных ЛЭП (1938-1942 гг. — МОСЭНЕРГО)

Впервые в России спиральная арматура была применена при строительстве первых ВЛ 220 кВ — использовались защитные протекторы («арм-родс») в поддерживающих зажимах (рис. 1,а). Эти протекторы представляли собой набор алюминиевых прутков с переменными диаметром и шагом, уменьшающимися к краям. Концы проволок протектора фиксировались бандажной скруткой и отгибались в обратную сторону (рис. 1,б), чтобы обеспечить целостность конструкции, а также понизить напряженность электрического поля на краевых участках. На рис. 1 показан поддерживающий зажим с таким протектором, смонтированным на



Рис. 1. Первые конструкции спиральных протекторов на ВЛ 220 кВ (1942 г.)

ныне действующей ВЛ 220 кВ «ТЭЦ 27-Уча» еще в 1942 г. Первой ВЛ 220 кВ, на которой были применены такие протекторы, была линия, заходившая на подстанцию «Бутырская», постройки 1938 г. Во время ее реконструкции (в составе ВЛ 220 кВ «Свиблово-Владыкино-Бутырская») протекторы были демонтированы. Состояние проводов под ними было очень хорошим.

## Ремонт провода АС 300/39 на ВЛ 500 кВ «Южная-Черный Яр» (сентябрь 1999 г. — МЭС ЦЕНТРА)

На ВЛ 500 кВ «Южная-Черный Яр» в ряде пролетов были обнаружены значительные повреждения проводов расщепленной фазы 3×АС 300/39 в местах установки парных дистанционных распорок. Внешний и внутренний токопроводящие повивы местами были разрушены полностью и деформированы на длине до 2,0-2,5 м; стальной сердечник оголен на длине до 0,5 м. На рис. 2 показан фрагмент поврежденного участка расщепленной фазы.

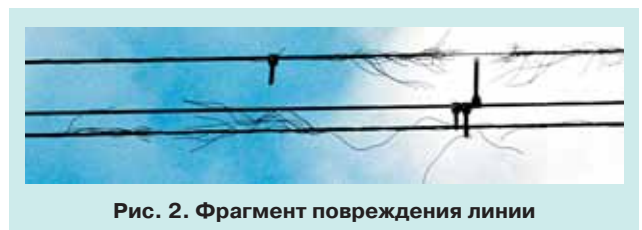


Рис. 2. Фрагмент повреждения линии

По существующим нормам при повреждении алюминиевого сечения провода более 34% требуется вырезать поврежденный участок и сделать вставку с применением двух соединительных зажимов. Очевидно, что наиболее приемлемым был бы ремонт линии, проводимый непосредственно на месте повреждения без опускания проводов и без нарушения стрел провеса, не требующий к тому же доставки к проводу громоздкой и тяжелой прессовой оснастки.

Именно таким требованиям и отвечает ремонт проводов с применением ремонтных спиральных зажимов типа СС.

Для ремонта провода АС 300/39 на ЛЭП 500 кВ «Южная-Черный Яр» были применены ремонтные спиральные зажимы типа СС-24,0-21. Арматура была изготовлена и поставлена в сентябре 1999 г., и в октябре того же года проведен шефмонтаж ремонтных зажимов в пролете между опорами № 59 и № 60. Повреждения на указанном участке располагались в трех местах на проводах средней фазы: в середине пролета и на расстоянии 50-60 м от опор по концам пролета.

В конструкцию зажима СС-24,0-21 входят 2 комплекта токопроводящих спиралей, изготовленных из проволоки алюминиевого сплава АВЕ, и комплект прядей спиралей протектора-фиксатора из стальной оцинкованной проволоки. Комплекты токопроводящих спиралей навиваются поверх алюминиевых повивов ремонтируемого провода и восстанавливают его электропроводность. Протектор-фиксатор монтируется поверх токопроводящих спиралей и обеспечивает как надежность электрического контакта токопроводящих повивов, так и механическую прочность провода. Последнее обстоятельство весьма важно, поскольку в процессе эксплуатации провода, отремонтированного с применением зажимов типа СС, происходит постепенное перераспределение нагрузки между стальным сердечником и алюминиевыми повивами. Ремонт проводился с передвижной телескопической вышки. При ремонте использовался только стандартный ручной инструмент монтажника: бокорезы, отвертка.

Установка зажимов проводилась в следующей последовательности: расплетались и выкусывались бокорезами проволоки наружного повива провода на длине 0,5 м в одну и в другую сторону от середины ремонтируемого участка (то есть на длине 1,0 м, что соответствует длине спиралей внутреннего токопроводящего повива зажима); оборванные проволоки внутреннего повива выправлялись и, по мере возможности, укладывались поверх сердечника провода; уложенный повив зачищался металлической щеткой; затем наносилась защитная токопроводящая смазка; поверх внутреннего повива провода монтировались спирали внутреннего токопроводящего повива зажима. Аналогично монтировались спирали внешнего токопроводящего повива и протектора-фиксатора.

Основными факторами, усложнявшими проведение монтажа ремонтных зажимов на указанном участке ЛЭП, были большая длина поврежденных участков и значительная деформация сохранившихся проволок

внешнего и внутреннего токопроводящих повивов. В связи с этим существенно увеличивалось и время монтажа, так как до половины времени уходило на выравнивание проволок повивов и их укладку. Из-за большой длины поврежденных участков в двух из пяти мест установки ремонтных зажимов пришлось использовать по два комплекта зажимов одновременно, устанавливая их с частичным перекрытием. Время ремонта каждого из поврежденных участков в зависимости от сложности составило от 40 до 70 мин. Внешний вид отремонтированных участков фазных проводов представлен на рис. 3.

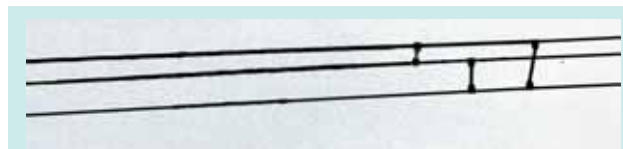


Рис. 3. Восстановленный участок линии

#### Ремонт оптического грозозащитного троса на ВЛ 110 кВ «Калуга-Балабаново» (август 2001 г.)

На рис. 4 представлен фрагмент повреждения оптического кабеля с встроенным грозозащитным тросом кабелем (ОКГТ) фирмы Siemens. В результате разряда молнии произошел пережог верхнего алюминиевого повива ОКГТ до стального внутреннего повива, который защищает пластиковую трубку с оптическими волокнами.



Рис. 4. Фрагмент повреждения ОКГТ от разряда молнии

На рис. 5 показан начальный этап восстановления токопроводящего повива ОКГТ, на рис. 6 — монтаж протектора-фиксатора (а) и отремонтированный участок кабеля (б). Использовался спиральный ремонтный зажим типа РС-15,4-01.

В комплект данного зажима входят два повива спиралей. Внутренний повив изготавливается из алюминиевого сплава АВЕ и предназначен для восстановления токопроводящих свойств. Внешний повив спиралей сделан из оцинкованной стальной проволоки, он обеспечивает плотный контакт спиралам внутреннего повива с внешним повивом ОКГТ.



**Рис. 5. Монтаж спиралей токопроводящего повива ремонтного зажима РС-15,4-01**



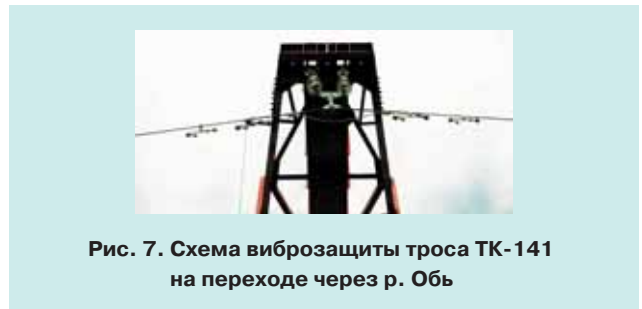
**Рис. 6. Монтаж протектора-фиксатора (а) и отремонтированный участок ОКГТ (б)**

**Ремонт перехода через р. Обь  
ВЛ 500 кВ «ГРЭС-2-Пыть-Яха»  
(март 1998 г. — ОАО «Тюменьэнерго»)**

На ВЛ 500 кВ «ГРЭС-2-Пыть-Яха» на переходе через р. Обь вблизи г. Сургут (длина пролета 963 м) на протяжении ряда лет были проблемы с повреждениями грозозащитного троса марки ТК-141 в поддерживающих зажимах. Применяемые схемы виброзащиты с использованием типовых гасителей вибрации Стокбриджа не давали желаемого результата: в течение года гасители полностью разрушались, а на второй год эксплуатации повреждался трос. После замены троса все повторялось снова.

В марте 1998 г. переход был оборудован защитными протекторами и схемами виброзащиты с применением многочастотных гасителей вибрации типа ГВ (производство ЭССП) и петлевых гасителей

вибрации. Предложенная схема виброзащиты троса ТК-141 (с установкой протектора ПЗС-15,5-01 в лодочку ПГН-5-3 поддерживающего зажима) представлена на рис. 7.



**Рис. 7. Схема виброзащиты троса ТК-141 на переходе через р. Обь**

К настоящему времени каких-либо повреждений троса или гасителей вибрации не обнаружено. Предложенная схема виброзащиты работает эффективно и надежно.

**Ремонт провода АС-400/51  
на ВЛ 220 кВ «Новочеркасская ГРЭС-Ш30»  
(2003 г. — ОАО «Ростовэнерго»)**

В 2003 г. во время мощного урагана на ВЛ 220 кВ «Новочеркасская ГРЭС-Ш30» в результате падения 12 опор были сильно повреждены фазные провода марки АС-400/51. На многих проводах был полностью поврежден токопроводящий повив, длина оголенного стального сердечника местами достигала 90 см.

Для ремонта такого вида повреждения были изготовлены специальные ремонтные зажимы марки СС-27,5-21М, конструкция которых позволяла полностью восстанавливать токопроводящие повивы провода с учетом длины стального оголенного сердечника до 90 см и обеспечить механическую прочность провода в целом. Каждый зажим содержал 4 токопроводящих повива с длинами 900, 1300, 1700 и 2500 мм и протектор-фиксатор 2400 мм. На рис. 8 показана работа по восстановлению поврежденного провода.



**Рис. 8. Фрагмент восстановления провода АС-400/51**

Применение ремонтных спиральных зажимов типа СС позволило произвести ремонт проводов в кратчайшие сроки без применения вставок и прессуемых соединительных зажимов.

**Ремонт проводов  
на ВЛ 500 кВ «Балаковская АЭС-ПС Трубная»  
(июнь 2003 г. — МЭС ЦЕНТРА)**

Воздушная ЛЭП 500 кВ «Балаковская АЭС — ПС Трубная» построена в 1988 г. Ее расщепленные фазы имеют конструкцию 3×АС-300/39.

Во время планового отключения линии в июне 2003 г. при верховом осмотре фаз на участке между опорами № 823-844 были обнаружены значительные усталостные повреждения проводов в поддерживающих зажимах. Количество оборванных проволочек в некоторых зажимах достигало 17 (рис. 9).



**Рис. 9. Усталостные разрушения провода в поддерживающем зажиме**

Ремонт проводов поврежденного участка ВЛ проводился в октябре 2003 г. с помощью спиральных ремонтных зажимов марок СС-24,0-21(ПГН) и СС-24,0-31(ПГН) и был проведен в сжатые сроки. Было установлено более 180 ремонтных зажимов. На рис. 10 показаны этапы ремонта проводов, на рис. 11 — общий вид фазы после ремонта [1].



**Рис. 10. Фрагмент ремонта проводов**



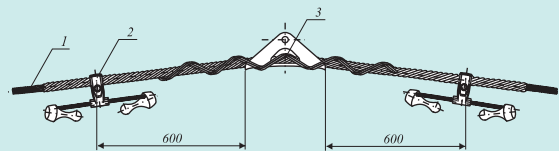
**Рис. 11. Отремонтированные провода в поддерживающем зажиме**

**Ремонт троса АЖС-70/39 на ВЛ 500 кВ  
«Липецк-Тамбов» (март 2003 г. — МЭС ЦЕНТРА)**

На линии 500 кВ «Липецк-Тамбов», построенной в 1990 г., в качестве поддерживающего крепления для грозозащитного троса АЖС-70/39 применена лодочка

ПГН-3-5. Схема защиты от вибрации включает два гасителя Стокбриджа типа ГВН 3-13 (по одному с каждой стороны пролета). Линия проходит в степной зоне. Расстояния между опорами в большинстве случаев составляют от 375 до 425 м, то есть условия достаточно благоприятны для возникновения вибрации. Действительно, уже через 8-10 лет эксплуатации линии были выявлены случаи усталостных разрушений отдельных проволок АЖС-70/39 в поддерживающих зажимах и в точках подвески гасителей вибрации.

Вместо замены поврежденного вибрацией троса АЖС-70/39 был проведен его ремонт с применением поддерживающих зажимов спирального типа ПС-13,3П-11 с использованием многочастотных гасителей вибрации типа ГВ, что позволило в кратчайшие сроки полностью восстановить механическую и электрическую прочность провода и тем самым продлить его срок службы (рис. 12).



**Рис. 12. Схема виброзащиты провода АЖС-70/39**

- 1 — провод АЖС-70/39;
- 2 — гаситель вибрации ГВ-4533-02;
- 3 — спиральный поддерживающий зажим ПС-13,3П-11

**Защита полых проводов типа ПА вблизи  
аппаратных зажимов (сентябрь 2001 г.)**

Для предотвращения развития усталостных повреждений полых проводов типа ПА вблизи аппаратных зажимов на ряде подстанций 500 кВ МЭС ЦЕНТРА («Астраханская», «Трубная») с 2001 г. применяются защитные спиральные протекторы типа ПЗС-Дпр-41 для проводов ПА-640 и ПА-500 (рис. 13 и 14) [2]. Для исключения нагрева протектора вихревыми токами вблизи мощных источников электромагнитных полей они выполняются из алюминиевого сплава типа АВЕ.



**Рис. 13. Усталостное повреждение провода ПА-640**

**Защита провода АС 300/204 ВЛ 330 кВ  
«Конаковская ГРЭС-Калинин» в многороликовом  
подвесе на переходе через р. Волга  
(февраль 2004 г. — МЭС ЦЕНТРА)**

После 22 лет эксплуатации проводов АС 300/204 ВЛ 330 кВ «Конаковская ГРЭС-Калинин» на переходе



**Рис. 14. Общий вид ПЗС-59,0-41 на проводе ПА-640**

через р. Волгу на многороликовом подвесе под защитными алюминиевыми муфтами и на их стыках были обнаружены многочисленные изломы проволок провода во всех повивах (рис. 15). Под некоторыми муфтами из 54 алюминиевых проволок сохранили свою целостность всего 8.



**Рис. 15. Фрагмент провода со следами износа**

Было принято решение о замене поврежденного провода с установкой защитного протектора марки ПЗС-29,2-21 вместо алюминиевых защитных муфт типа МЗ. В феврале 2004 г. ремонт Конаковского перехода был успешно произведен [3]. На рис. 16 показан фрагмент смонтированного на проводе АС 300/204 защитного протектора ПЗС-29,2-21 в многороликовом подвесе П6Р.



**Рис. 16. Фрагмент монтажа протектора ПЗС-29,2-21 на проводе АС 300/204 в многороликовом подвесе П6Р**

К настоящему времени такими протекторами также оборудованы переходы ВЛ 220 кВ «Центральная – Пинягино» (МОСЭНЕРГО) на проводе АС-400/93 (2003 г.) и ВЛ 35 кВ на проводе АС-185/128 через пролив «Босфор Восточный» под Владивостоком (2003 г.).

### Применение спиральных натяжных зажимов на ВЛ 500-750 кВ (октябрь 2003 г. — МЭС ЦЕНТРА)

В 2003 г. при сооружении новой ВЛ 750 кВ «Калининская АЭС-Череповецкая» применены натяжные спиральные зажимы марки НС-24,0-02 для крепления провода АС-300/39. Зажимы изготовлены из стальной алюминированной проволоки, обладающей более высокой ресурсной и коррозионной стойкостью по сравнению с оцинкованной. На рис. 17 показан фрагмент строительства ВЛ 500 кВ с использованием натяжных спиральных зажимов.



**Рис. 17. Фрагмент строительства ВЛ 500 кВ**

### ВЫВОДЫ

Анализ приведенных примеров показывает, что применение спиральной арматуры существенно упрощает и ускоряет как проведение ремонтно-восстановительных работ на действующих линиях, так и строительство новых линий. Во многих случаях отпадает необходимость в опускании провода, в доставке на место работ прессовой оснастки и т.д. В результате стоимость работ значительно сокращается.

Разработанные технические решения с применением спиральной арматуры позволяют восстанавливать состояние проводов и грозозащитных тросов практически с любыми видами повреждений. Это приводит не только к увеличению срока службы провода при эксплуатации, но и позволяет в ряде случаев отказаться от его преждевременной замены.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыжов С.В., Цветков Ю.Л., Царанов Н.Г. Ремонт проводов на ВЛ 500 кВ «Балаковская АЭС-подстанция Трубная». — ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность, 2004, № 5.
2. Жуков А.И., Платонова И.А., Рыжов С.В. Разработка, испытания, установка в опытную эксплуатацию спиральных протекторов для защиты шлейфов аппаратных спусков. — Электрические станции, 2001, № 4.
3. Виноградов А.А., Рыжов С.В., Цветков Ю.Л., Царанов Н.Г. Проблемы износа проводов воздушных линий на больших переходах и способы их защиты. — ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность, 2004, № 3.