

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПРОВОДОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

АВТОРЫ:

ТИМАШОВА Л.В.,
К.Т.Н.,
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

НИКИФОРОВ Е.П.,
К.Т.Н.,
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

НАЗАРОВ И.А.,
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

МЕРЗЛЯКОВ А.С.,
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

ЕРМОШИНА М.С.,
К.Ф.-М.Н.,
ОАО «СЕВЗАП НТЦ»

КАЧАНОВСКАЯ Л.И.,
К.Т.Н.,
ОАО «СЕВЗАП НТЦ»

КОНСТАНТИНОВА Е.Д.,
РОМАНОВ П.И.,
К.Т.Н.,
ОАО «СЕВЗАП НТЦ»

ШКАПЦОВ В.А.,
К.Т.Н.,
ГК «ОПТЭН»

Провод нового поколения
с композитным сердечником

В последнее время при модернизации старых линий электропередачи и сооружении новых, особенно в труднодоступных местностях или в городских условиях, всё чаще стали применять провода

нового поколения, обладающие усиленной прочностью и высокой термостойкостью, что позволяет повысить пропускную способность линий, сократить длительность монтажных работ и снизить капиталовложения.

Ключевые слова: воздушные линии электропередачи, надежность, пропускная способность, провода, оптимизация проектирования.



ВВЕДЕНИЕ

Рост потребления электрической энергии увеличивает актуальность повышения пропускной способности и надежности воздушных линий электропередачи, разработки и применения новых проектных и строительных решений, использования современных материалов и технологий. Применение новых материалов и оптимизированных проектных решений актуально также вследствие необходимости масштабной реновации сетевой инфраструктуры, срок службы которой превышает 40-50 лет.

Анализ мирового и отечественного передового опыта показывает, что при строительстве новых и реновации действующих воздушных линий электропередачи целесообразно применение проводов нового поколения, обладающих улучшенными механическими и электрическими характеристиками по сравнению с проводами АС традиционной конструкции.

Применение проводов нового поколения, сохраняющих механические свойства в условиях длительной работы при повышенных температурах, особенно эффективно в сложных аварийных и послеаварийных режимах работы сети, когда по остающимся линиям пропускаются необходимые потоки мощности.

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОВОДОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Основными требованиями, предъявляемыми к проводам нового поколения [1], являются:

- максимально высокая электропроводность;

- максимально высокая механическая прочность;
- небольшая погонная масса;
- малые температурные удлинения;
- устойчивость к старению и ветровым нагрузкам.

Температура традиционных проводов АС, не должна превышать 90 °С. Известно, что продолжительная (обычно более 2 часов) работа провода при такой температуре приводит к процессу рекристаллизации алюминия, в результате которого он утрачивает свои механические свойства и вся механическая нагрузка воспринимается только стальными сердечниками. В проводах нового поколения, относящихся к категории высокотемпературных, в качестве материала токопроводящей части используются термостойкие алюминиевые сплавы (TAL, ZTAL и др.), что в зависимости от типа сплава допускает длительную эксплуатацию проводов при температурах 150 °С и более. Это обеспечивает возможность длительной работы в режимах с повышенными токовыми нагрузками.

Токопроводящая часть проводов нового поколения может быть выполнена из нескольких слоев проволок круглой формы с применением технологии компактизации посредством пластического обжатия повивов, либо используются профилированные проволоки. Обе технологии обеспечивают высокий коэффициент заполнения токопроводящей части, благодаря чему компактированные провода в сравнении с проводами традиционной конструкции при идентичных диаметрах имеют большую площадь сечения токопроводящей части. При одинаковом же сечении токопроводящей части компактированные провода имеют существенно меньший диаметр, более гладкую поверхность и, как следствие,

пониженное аэродинамическое сопротивление.

В качестве сердечников в проводах нового поколения применяются стальные оцинкованные или плакированные алюминием проволоки, проволоки из различных сплавов на основе стали, композитные материалы.

Сердечник из композитных материалов может представлять собой монолитный стержень круглого сечения или скрученные в прядь элементарные стержни, выполненные из композитного многокомпонентного материала, состоящего из матрицы (полимерной, металлической, углеродной и др.) и армирующих элементов (углеродное волокно, базальтовое волокно, стекловолокно, нитевидные кристаллы, тонкодисперсные частицы и др.), обеспечивающих необходимую механическую прочность. Использование в проводах композитного сердечника (провода марок АССС, АССР) способствует повышению механической прочности, значительному уменьшению массы и коэффициента температурного линейного удлинения, что позволяет при применении проводов данной конструкции обеспечивать уменьшенные стрелы провеса по сравнению с проводами АС.

УСПЕШНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В РФ ПРОВОДОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ МАРКИ АССР ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВЛ

Впервые композитный провод марки АССР компании ЗМ (США) нашел применение в РФ при

реконструкции ВЛ 110 кВ Очаково–Одинцово 1 и 2, выполненной в 2008 г. сетевой компанией МОЭСК (г. Москва). Провода этого типа хорошо известны во всём мире [1], поскольку используются уже более 10 лет. С применением проводов указанной марки выполнено свыше 70 проектов нового строительства, а также реконструкции существующих линий в Северной и Южной Америке, в странах Европы, Азии и Африки. Наружные токопроводящие проволоки провода марки ACCR выполнены из сплава Al-Zr и сохраняют свои механические свойства при температурах нагрева до 210 °С. Композитный сердечник выполнен из проволок, содержащих алюминий высокой чистоты и продольные волокна оксида алюминия, которые придают материалу высокую прочность. К положительным свойствам композитного сердечника относятся малая масса и низкий коэффициент теплового расширения (и первое, и второе в 2 раза меньше, чем у стали).

При реконструкции ВЛ 110 кВ Очаково–Одинцово протяженностью 13,1 км провод марки AC 240/32 заменен проводом марки ACCR 477-T16 Hawk сечением 238 мм². Пропускная способность линии увеличена на 98%. Реконструкция выполнена с использованием существующих опор. Благодаря малой погонной массе провода и низкому коэффициенту теплового расширения обеспечено существенное повышение надежности и безопасности реконструируемой линии, пересекающей городские кварталы с высокой плотностью населения. При температуре выше 0 °С габарит до земли замененного провода марки AC 240/32 в ряде пролетов был существенно меньше предписываемых стандартами 6 м, что создавало факторы риска как для населения, так и для работы сети. После реконструкции безопасный габарит

до земли сохраняется во всех эксплуатационных режимах ВЛ.

Похожий проект замены старого провода на провод марки ACCR был реализован в районе Нагатино–Садовники г. Москвы в рамках плановой реконструкции. Заказчиком проекта являлась компания «Центральные Электрические Сети», филиал ОАО «МОЭСК». Работы по проекту выполнены в 2011 г. Плановая реконструкция воздушных линий электропередачи «Черемушки–Южная» проведена с целью увеличения пропускной способности ВЛ до 1000 А в связи с возросшим энергопотреблением района. Решение этой задачи стандартными методами потребовало бы прокладки подземной кабельной линии 110 кВ или строительства новых промежуточных опор воздушных линий 220 или 330 кВ, что вызвало бы ряд проблем в условиях плотной городской застройки Москвы и загруженной дорожной инфраструктуры. Применение провода марки ACCR позволило использовать существующие опоры 110 кВ и повысить пропускную способность участка до требуемых значений с изрядным запасом без проведения дорогостоящих и масштабных строительных работ. Провод марки ACCR обладает малым весом, на 10–15% легче аналогичного по диаметру сталеалюминиевого провода и легко монтируется на старые опоры, продлевая жизнь существующих конструкций, решая проблему нарушений габаритов и отключений из-за превышения допустимой мощности передаваемой электроэнергии в условиях пиковых нагрузок.

Всего в РФ успешно реализовано семь подобных проектов, базирующихся на использовании проводов марки ACCR: помимо двух указанных выше проектов в г. Москве, проект в Читинской области, выполненный при рекон-

струкции ВЛ 110 кВ Харанорская ГРЭС — подстанция Урга; в г. Иркутске при реконструкции ВЛ 110 кВ Иркутская ГЭС–Южная–Кировская; в г. Пермь при реконструкции ВЛ 110 кВ ТЭЦ 9 — ТЭЦ 6 и Пермь — ТЭЦ 6; при реконструкции сетевой инфраструктуры, обеспечивающей выдачу мощности нового блока Вологодской ТЭЦ; при реконструкции сетевого объекта в Кузбассе. Во всех перечисленных случаях пропускная способность линий возросла на величину от 50 до 98%.

В дополнение следует отметить, что компания ЗМ совместно с компанией «ИНТРОН+» (Россия) изучает возможность применения имеющихся в настоящее время средств неразрушающего контроля распложенных внутри провода алюминиевых проволок для выявления дефектов композитного сердечника проводов марки ACCR. Успешное выполнение такой разработки позволит на ранних стадиях выявлять зарождение дефектов в сердечнике и своевременно предотвращать повреждение провода, что еще более повысит продолжительность надежной эксплуатации линий.

УСПЕШНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В РФ ПРОВОДОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ МАРКИ GTACSR С ЗАГОРОМ

В 2009 году в сжатые сроки был выполнен важный для МЭС Юга РФ проект реконструкции одноцепной ВЛ 220 кВ «Афипская–Крымская» с целью увеличения ее пропускной способности. Технически реконструкция состояла в замене устаревших проводов AC 300/56 по всей длине линии, составляющей 73 км. В результате технико-

КОМПОЗИТНЫЙ СЕРДЕЧНИК И ПРОВОД HTLS ТИПА АССС

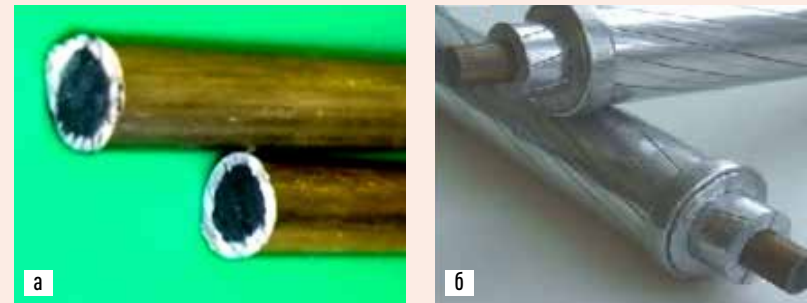


Рис. 1. (а) композитный сердечник, (б) провод HTLS типа АССС

экономического исследования был выбран высокотемпературный провод с зазором марки GTACSR 217/49 японской компании J-Power Systems. По сравнению с проводом марки AC 300/56, этот провод обладает повышенной пропускной способностью и улучшенными механическими характеристиками, в том числе меньшим диаметром и весом.

Меньший диаметр и вес, совместно с особенностью конструкции провода, обеспечивающей незначительное увеличение стрелы провеса при нагреве, приводит к снижению нагрузки на опоры. Это дало возможность использовать старые опоры ВЛ с некоторым усилением, при том что срок их службы на момент реконструкции составлял почти 50 лет. За счет меньшей стрелы провеса и возможности нагрева провода в особых режимах до 150 °С, пропускная способность линии возросла на 20 %, значительно повысилась мощность и стабильность энергоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов Юго-Западного района Краснодарского края, надежность энергоснабжения большой курортной зоны в летний период. Согласно опыту эксплуатации в течение 4 лет после

реконструкции, аварий на этой ВЛ, связанных с работой проводов, не зафиксировано.

ПРОВОДА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ РОССИЙСКОЙ РАЗРАБОТКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ РФ

Примеры успешного применения проводов нового поколения привели к появлению аналогичных российских разработок. В настоящее время разработана и применяется серия сталеалюминиевых проводов марок АСТ и АСк2у российской компании ОАО «Кирскабель».

Высокотемпературные провода марки АСТ состоят из стального сердечника и проволок из алюминиевого термостойкого Al-Zr сплава, скрученных концентрическими повивами поверх стального сердечника.

В компактированных проводах марки АСк2у используются алюминиевые проволоки трапецеидальной формы, сердечник состоит из высокопрочных стальных проволок с цинкоалюминиевым покрытием. Применение высокопрочной стальной проволоки позволяет увеличить механическую прочность провода и за счет этого уменьшить стрелу провеса провода при реконструкции существующих ВЛ, уменьшить вероятность обрыва проводов в результате стихийных природных воздействий. Применение проводов марки АСк2у при сооружении новых ВЛ приводит к уменьшению числа промежуточных опор за счет увеличения расстояния между ними.

Провода марки АСк2у применены на трех ВЛ 35–110 кВ, эксплуатируемых ОАО «Кировэнерго», а также на ВЛ 500 кВ Донская АЭС — Борино (Елецкая).

В настоящее время в РФ также разрабатываются высокотемпературные композитные провода, подобные хорошо известным проводам марки АССС производства компании LAMIFIL (США), также уже нашедшим применение в ряде сетевых компаний РФ.

Основной материал композитного сердечника (рис. 1а) — высокопрочное углеродное волокно и эпоксидное связующее горячего отверждения. Для защиты несущей углепластиковой части композитного сердечника от металлической электропроводящей части провода и возникновения явления гальванической коррозии используется внешняя неэлектропроводящая (изолирующая) оболочка — стеклопластик на основе однонаправленных стеклянных волокон. Токопроводящая часть провода состоит из профилированных проволок трапецеидального сечения (рис. 1б) и имеет коэффициент заполнения, близкий к 0,95. Материал — высокотемпературный алюминиевый сплав ZTAL.

ПРОВОД ТИПА HTLS, СМОНТИРОВАННЫЙ В НАТЯЖНЫХ ЗАЖИМАХ НА РАЗРЫВНОЙ МАШИНЕ



Рис. 2

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ РАЗРАБОТАННОГО В РОССИИ ПРОВОДА ТИПА HTLS

HTLS провод диаметром 24,7 мм с высокопрочным углеродным сердечником диаметром 9,1 мм, сечением токопроводящей части из алюмоциркониевого сплава 400 мм² совместно со специально разработанной линейной арматурой (натяжные и поддерживающие зажимы) был подвергнут следующим испытаниям:

- определение параметров конструкции;
- определение прочности и деформации токопроводящих проволок провода до и после нагрева до температуры 150 °С с последующим охлаждением;
- испытание на растяжение для определения:
 - модуля упругости композитного сердечника;
 - модуля упругости токопроводящего сплава;
 - модулей упругости провода;
 - напряжения при 1%-ном удлинении сердечника;

- предела прочности композитного сердечника на разрыв;
- испытание на вытяжку для определения:
 - деформации ползучести провода при воздействии постоянной нагрузки в течение 1000 часов, равной 45% от разрывной прочности провода;
 - конечного модуля упругости (вытяжки);
- определение коэффициента температурного удлинения композитного сердечника;
- определение коэффициента температурного удлинения провода;
- определение электрического сопротивления провода постоянному току при температурах (20 ÷ 150) °С;
- испытание системы «провод – поддерживающий зажим» на стойкость к воздействию:
 - 100 млн циклов колебаний эоловой вибрации;
 - 100 тыс. циклов колебаний пляски (галлопирование);
- определение механической прочности (рис. 2) на разрыв (прочность заделки провода в системе):
 - «провод — натяжной зажим»;
 - «провод — соединительный зажим»;
- определение качества электрического контакта системы «провод — зажим» после термического старения (500 циклов нагрева-охлаждения);
- определение предельных токовых нагрузок с учетом солнечной радиации,

температуры окружающего воздуха, скорости и направления ветра по условиям сохранения механической прочности проводов и обеспечения сохранения наименьших допустимых вертикальных расстояний от проводов ВЛ до поверхности земли и/или до пересекаемых объектов.

Результаты испытаний провода типа HTLS в сравнении с проводом АС 400/64 приведены в таблице 1.

По результатам проведенных испытаний провода HTLS установлено, что провода с композитным сердечником по сравнению с проводом АС одинакового сечения токопроводящей части имеют следующие преимущества:

- уменьшение внешнего диаметра провода на ~10%;
- снижение массы провода на ~19,5%;
- повышение разрывной прочности на ~40%;
- снижение коэффициента линейного удлинения на ~15%;
- увеличение длины пролета при одинаковой стреле провеса на ~11,5%;
- снижение количества промежуточных опор на 10 км линии на ~14%;
- увеличение предельной токовой нагрузки (повышение пропускной способности) на ~71%.

Опытная эксплуатация и сравнение технико-экономических показателей вновь разработанного провода типа HTLS позволят более глубоко выявить все его преимущества по сравнению с проводами АС традиционного типа.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОВОДОВ АС 400/64 И HTLS

Характеристика провода	АС 400/64	HTLS	Результат сопоставления основных характеристик, % ^{1*}
	значение		
Сечение токопроводящей части, мм ²	390	390,4	+0,1%
Сечение сердечника, мм ²	64	65	+1,5%
Диаметр провода, мм	27,7	24,7	-10,8%
Механическая прочность на разрыв, Н	129 183	170 233	+31,8%
Масса 1 км провода, кг	1572	1204	-23,4%
Предельная токовая нагрузка при допустимой температуре, А:			
70 °С ^{2*}	860	1090	+26,7%
90 °С ^{3*}	1053	1310	+24,4%
150 °С ^{4*}	-	1802	+71,1% ^{5*}
Длина пролета при одинаковой стреле провеса провода, м	350	435	+11,5%
Кол-во опор на 5 км ВЛ	16	13	-18,7%
Температурный коэффициент линейного удлинения сердечника, 10 ⁻⁶ , 1/°С	12	1,95	-83,7%
Температурный коэффициент линейного удлинения провода, 10 ⁻⁶ , 1/°С	19,2	17,2	-10,4%
Стрела провеса провода при температуре воздуха -5 °С в III районе по ветру и гололеду в пролете, м:			
350	8,92	5,74	
400	11,72	7,51	
450	14,84	9,50	-35,9%
Потери на перемагничивание при экономической плотности тока, % от основных тепловых потерь	5,1	отсутствуют	-
Начальная напряженность электрического поля на поверхности проводов, соответствующая появлению общей короны в условиях хорошей погоды, Е0, кВ/см	31,73	37,3	+17,6%

^{1*} Процент увеличения/уменьшения значений параметров по отношению к сталеалюминиевому проводу АС 400/64

^{2*} при температуре воздуха 25°С и скорости ветра 1 м/с

^{3*} длительно допустимая температура провода

^{4*} максимальная длительно допустимая температура провода HTLS

^{5*} по отношению к предельно токовой нагрузке АС 400/64 при 90°С

СХЕМЫ ПЕРЕХОДА ВЛ 220 КВ ПЕРМСКАЯ ГРЭС – СОБОЛИ-1, 2 ЧЕРЕЗ КАМСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПРОВОДА АС500/336 (КРАСНЫЙ ЦВЕТ) И АС521-А20СА (СИНИЙ ЦВЕТ)

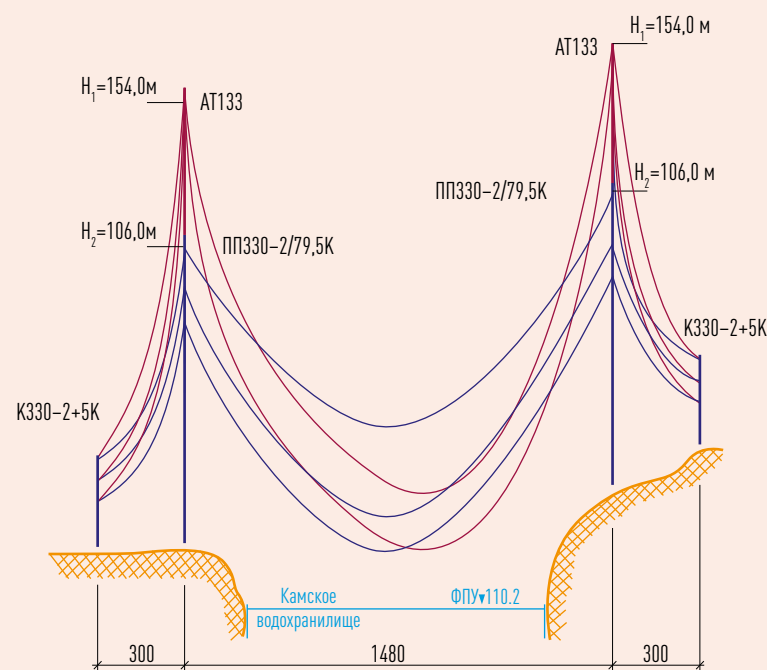


Рис. 3

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОВОДОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА БОЛЬШИХ ПЕРЕХОДАХ ВЛ ЧЕРЕЗ ВОДНЫЕ ПРЕГРАДЫ

За последние годы разработан ряд проектов больших переходов ВЛ через водные преграды с применением высокотемпературных сталеалюминиевых проводов нового

поколения повышенной прочности марки АС5, производства австрийской компании Lumpi-Berndorf.

Для возможности использования большей механической прочности этих проводов требуется большая прочность воспринимающих нагрузки от проводов элементов ВЛ — конструкций опор, натяжных и поддерживающих зажимов.

Разработка индивидуальных конструкций опор и натяжных зажимов, рассчитанных на восприятие увеличенных нагрузок, позволяет использовать возможности новых проводов по мак-

симуму, что и приводит к экономической выгоде от их применения [1].

ПЕРЕХОД ВЛ 220 КВ ПЕРМСКАЯ ГРЭС–СОБОЛИ ЧЕРЕЗ КАМСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Провода и тросы, опоры

Высокотемпературный высокопрочный провод впервые был применен в 2009 году при проектировании двухцепного перехода ВЛ 220 кВ Пермская ГРЭС–Соболи через Камское водохранилище общей протяженностью 2080 метров.

На этапе разработки основных технических решений было рассмотрено два варианта выполнения перехода [2] (рис. 3).

Первый — с использованием сталеалюминиевого провода марки АС500/336. При заданных климатических условиях (II район по ветру, III район по гололеду) оптимальной была выбрана схема перехода К-А-А-К с применением переходных трубчатых опор индивидуальной разработки АТ133 и конечных опор КЗ30-2+5К. Высота опоры АТ133 составляет 154 м, высота подвеса нижнего провода — 133 м. Тросы — ОКГТ и С300.

Второй рассмотренный вариант предполагал использование высокотемпературного высокопрочного провода. Специально для условий данного перехода был разработан провод марки АС521-А20СА, что позволило выполнить переход по схеме К-П-П-К с применением опор ПП330-2/79,5 из уголкового и листового проката и конечных опор КЗ30-2+5К. Высота опоры ПП330-2/79,5 составила 104,4 м, высота подвеса нижнего провода — 75,2 м. Грозозащитные тросы — марок Stalum 510 2С со встроенным оптическим кабелем и АС521-А20СА без оптики.

Данные для сравнительного анализа двух рассмотренных вариантов

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОВОДОВ И ОПОР ПЕРЕХОДА ВЛ 220 КВ ЧЕРЕЗ КАМСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Класс напряжения ВЛ, кВ	Провода	
	сталеалюминиевый	высокотемпературный
марка провода	АС 500/336	TACSR/ACS 521-A20SA
диаметр провода, мм	37,5	29,7
стрела провеса провода, м	145,6	86
длина провода на переходе, м	6 x 2123,7	6 x 2096
вес провода на переходе, т	51,03	44,2
стоимость 1 т провода, тыс.руб./т	153,0	248,0
шифр опоры	АТ133 (АТ155-22)	ПП300-2/79.5К
высота до нижней траверсы, м	133	79,5
общая высота опоры, м	154	106,0
масса опоры, т	410,0	154,4

Таблица 2

приведены в таблице 2, схемы перехода для обоих вариантов приведены на рисунке 3.

Схемы перехода ВЛ 220 кВ Пермская ГРЭС – Соболи-1, 2 через Камское водохранилище при применении провода АС500/336 (красный цвет) и АС521-А20СА (синий цвет).

Устройство фундаментов и монтаж опор для большого воздушного перехода через Камское водохранилище

Для закрепления опор перехода были разработаны монолитные



Рис. 4. Монолитный железобетонный фундамент для закрепления опоры перехода ВЛ 220 кВ Пермская ГРЭС – Соболи-1, 2 через Камское водохранилище

железобетонные фундаменты индивидуального изготовления (рис. 4). Для закрепления переходных опор на левом и правом берегах Камского водохранилища применены монолитные фундаменты одинаковой конструкции, по четыре фундамента под каждую переходную опору и по два под каждую стойку конечных опор. Каждый фундамент представляет собой монолитную железобетонную столбчатую трехступенчатую конструкцию, габаритные размеры фундамента переходной опоры — 7,2 м x 7,2 м x 4,8 м. Для устройства котлована на высоком берегу под щебеночную подготовку монолитных фундаментов применен нетканый геотекстильный материал, укладываемый на грунт основания — суглинок мягкопластичный, для предотвращения вымывания щебня.

При строительстве перехода в 2010 году опоры были смонтированы методом наращивания (рис. 5, 6).

Арматура

Для крепления проводов и тросов была предложена конструкция натяжного подвеса (НП) (рис. 7), основу которой составляет силовая часть в виде двух прядей спирального типа с взаимно противоположным направлением навивки. Силовые пряди монтируются или непосредственно на сердечнике одна на другую, или на предварительно смонтированном протекторе и посредством стандартной сцепной арматуры крепятся к опоре. Параметры силовых прядей НП рассчитаны таким образом, что при нагружении растягивающим усилием



Рис. 5. Монтаж опоры перехода ВЛ 220 кВ Пермская ГРЭС – Соболи-1, 2 через Камское водохранилище

(до 800 кН) возникающие в них моменты кручения компенсируют друг друга.

Достигнутый экономический эффект

При расчете сметной стоимости строительства перехода ВЛ через Камское водохранилище получены следующие результаты: при использовании сталеалюминиевого провода АС сметная стоимость строительства в ценах 2009 года составляет 192,70 млн руб., при использовании высокотемпературного провода — 159,26 млн руб.

Оптимизация конструкций за счет применения высокотемпературного провода позволила уменьшить высоту опоры перехода на 50 метров, снизить ее массу с 410 до 155 т и сократить сметную стоимость строительства на 17% по сравнению с применением провода АС.

ДРУГИЕ ПРОЕКТЫ БОЛЬШИХ ПЕРЕХОДОВ

В 2009 году для перехода ВЛ 220 кВ Печорская ГРЭС – Ухта – Микунь через р. Печора были разработаны переходные опоры из труб и фундаменты к ним из винтовых свай с металлическими ростверками и насыпной банкеткой. Применение высокотемпературного провода ACS 548-A20SA позволило уменьшить высоту переходных опор со 115 до 78 метров, снизить массу каждой опоры перехода с 186 до 135 т, что привело к сокращению сметной стоимости строительства на 15% по сравнению с применением сталеалюминиевого провода традиционной конструкции.

В 2011 году на спецпереходе ВЛ Балаково 1, 2 через р. Волга (четыре одноцепных и один двухцепный) применение высокотемпературного провода ACS



Рис. 6. Опора ПП330-2/79,5К на правом берегу перехода через Камское водохранилище

521-A20SA позволило уменьшить высоту переходных опор со 165 до 125 метров, сметная стоимость строительства была сокращена на 14%. Для различных грунтовых условий на правом и левом берегу р. Волга, а также острова Пустынный были разработаны сборные железобетонные фундаменты из элементов заводского изготовления и фундаменты из винтовых свай с монолитным ростверком.

В 2012 году для большого перехода ВЛ 500 кВ Советско–Соснинская–Парабель через р. Обь применение высокотемпературного провода TACSR/ACS 146-TAL/519-A20SA позволило уменьшить высоту переходных опор с 220



Рис. 7. Смонтированный на концевой опоре натяжной подвес спирального типа с двумя силовыми прядями

до 180 метров. Разработанные опоры были закреплены в условиях болота с помощью монолитных железобетонных фундаментов с установкой межфундаментного ригеля из труб и выполнением защиты от ледохода.

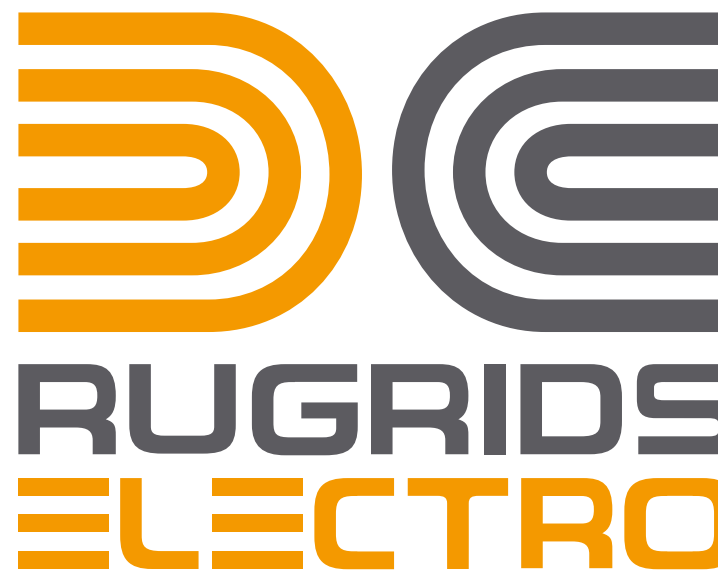
ВЫВОДЫ

При строительстве новых и реновации действующих воздушных линий электропередачи применение проводов нового поколения, обладающих улучшенными механическими и электрическими характеристиками по сравнению с проводами АС традиционной конструкции, специальной натяжной, соединительной и поддерживающей арматуры способствует повышению пропускной способности, повышению надежности энергоснабжения и снижению капиталовложений в расчете на 1 МВт передаваемой мощности.

Применение проводов нового поколения на больших переходах с учетом оптимизации конструкций опор перехода и фундаментов к ним позволяют существенно сократить стоимость строительства переходов (15–40%) за счет уменьшения материалоемкости конструкций опор и фундаментов, а также сокращения трудозатрат на их изготовление и монтаж.

ЛИТЕРАТУРА

1. Working Group B2.26 CIGRE. "Guide for qualifying high temperature conductors for use on overhead transmission lines" (Technical Brochure nr 426, August 2010).
2. R.C.R. de Mendez, J.D. Riera, L.F.F. Miguel, J. Kaminski Jr, L.F.F. Miguel, J.B.G. Ferreira da Silva "On Modeling the Dynamic Response of the 190m-high Tower for the Crossing of Trombetas River in the Amazon Region" (CIGRE Session 2012, B2-212).



Международный электроэнергетический форум

15-17 ОКТЯБРЯ 2014

ЦВК «Экспоцентр», павильон №7.
Москва, Краснопресненская наб., 14

По вопросам участия в Форуме:
Тел.: 8 (800) 555-14-53, e-mail: rugrids@rugrids-electro.ru

По вопросам участия в выставке:
Тел.: +7 (499) 795-42-42, e-mail: rge@expcentr.ru
www.rugrids-electro.ru