

Эффективность применения отечественных инновационных высокопрочных и высокотемпературных проводов АСВТ

В ПАО «Россети» эксплуатируется 44 тыс. км провода новых типов или 1% от общей протяженности провода (4,5 млн. км), из них более 41 тыс. км — СИП различных модификаций, что составляет 0,9% от общей протяженности проводов и менее 3 тыс. км — неизолированный провод, что составляет менее 0,1% от общей протяженности проводов (ТС ПАО «Россети»). Кроме того, в современном электросетевом комплексе России существует проблема физического и морального износа оборудования и, как следствие, низкой энергоэффективности энергообъектов. Важнейшим показателем энергетической эффективности электроэнергетической системы является уровень потерь энергии. В условиях роста потерь электроэнергии в электрических сетях увеличивается количество вопросов, требующих безотлагательного решения. Среди них: реконструкция и техническое перевооружение электрических сетей; использование прогрессивных технических разработок в проектных решениях, современных технологий и материалов, повышающих надежность, долговечность и ремонтпригодность линий электропередачи.

Фокин В.А.,
генеральный директор
ООО «Энергосервис»

Тимашова Л.В.,
к.т.н., главный научный
сотрудник отдела
обеспечения НТС и НТИ
АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

Мерзляков А.С.,
начальник Центра
композитных материалов
и сверхпроводимости
АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

Гуревич Л.М.,
д.т.н., заведующий
кафедрой Материаловедения
и композиционных
материалов ВолгГТУ

Курьянов В.Н.,
к.т.н., заведующий
кафедрой «Электроэнергетика
и электротехника» «НИУ «МЭИ»

Назаров И.А.,
начальник отдела ПС
Центра управления
надежностью и активами
АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

В настоящее время актуален вопрос поиска путей повышения энергоэффективности электросетевого комплекса, одним из которых является использование инновационных проводов, имеющих лучшие характеристики, чем провода АС: обеспечение большей пропускной способности, механической прочности, устойчивости к высоким температурам, старению и агрессивным воздействиям со стороны окружающей среды.

Оптимизация потерь электроэнергии в электрических сетях требует ускорения внедрения следующих мероприятий:

- модернизация электросетевого оборудования и внедрение новых технологий энергосбережения;
- проведение научно-исследовательских, проектных и опытно-конструк-

торских работ, связанных с расчетами, анализом, нормированием и снижением потерь электроэнергии в электрических сетях.

В настоящей статье систематизированы некоторые исследования, проведенные в рамках проекта разработки высокотемпературных и высокопрочных проводов при реализации соответствующего Соглашения с ПАО «Россети». Задачей серии исследований было подтверждение возможности решения основных проблем строительства и эксплуатации ВЛ за счет совместного применения проводов АСВТ/АСВТ совместно с грозотросом МЗ, без удорожания относительно провода АС. Результаты приведены в таблице 1 и описаны в настоящей статье.

ВВЕДЕНИЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

КОРОННОГО РАЗРЯДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРЯЖЕНИЯ

Важным моментом при использовании проводов меньшего диаметра является риск роста потерь на корону и уровня шума. С целью проверки этой проблемы Научно-техническим центром ФСК ЕЭС, а затем и VDE (Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik) были проведены 4 исследования. На первом этапе для исследования коронообразования (ри-

сунок 1) в качестве основы для сравнения взяты два провода одного диаметра — 18,8 мм. Всего в эксперименте участвовали 4 провода, приведенные в таблице 2. Испытания проводились в соответствии с рекомендациями МЭК 61284.

По результатам проведенных сравнительных испытаний в Научно-техническом центре Федеральной

Табл. 1. Возможности решения основных проблем строительства и эксплуатации ВЛ за счет совместного применения проводов АСВТ/АСВТ

Проблема	Решение с применением АС	Решение с применением АСВТ/АСВТ	Подтверждение
Снижение потерь на корону и уровня шума, без увеличения диаметра провода	–	+	Экспериментально АО «НТЦ ФСК ЕЭС» VDE (Германия)
Увеличение молниестойкости и стойкости к токам КЗ	–	+	Экспериментально АО «НТЦ ФСК ЕЭС», VDE (Германия)
Значительное снижение эксплуатационной вытяжки (удлинения)	–	+	Экспериментально АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
Снижение вибрации и «пляски» и самопогашение колебаний, при сохранении диаметра провода	–	+	Экспериментально и расчетно ВолгТУ ВНИИЖТ и НИУ «МЭИ»
Увеличение пролетов и(или) стрел провеса, без увеличения диаметра провода	–	+	Проектными решениями
Замена провода на старых опорах, со снижением нагрузки на все элементы ВЛ и(или) увеличение пропускной способности	–	+	Проектными решениями
Снижение ветрового давления, при сохранении диаметра провода	–	+	Расчетно ВолгТУ и НИУ «МЭИ»
Замена провода на кольцевых схемах сетей, со снижением диаметра провода	–	+	Проектными решениями
Снижение гололедообразования, при сохранении диаметра провода	–	+	Расчетно ВолгТУ и НИУ МЭИ
Сохранение заданной пропускной способности в районах с высокими температурами воздуха и солнечной активностью, без увеличения диаметра провода	–	+	Расчетно ВолгТУ, НИУ «МЭИ» и проектными решениями

сетевой компании России установлено, что для проводов одинакового диаметра ($\varnothing 18,8$ мм) напряжение возникновения коронного разряда на проводе АСВП 197/55 производства ООО «Энергосервис» (142,2 кВ) на 5,7% выше напряжения возникновения коронного разряда на проводе марки АС 185/29 (134,5 кВ).

Аналогичные испытания были проведены для проводов разных диаметров марок АСВП 216/33 и АС 240/32. По результатам сравнительных испытаний проводов разного диаметра АС 240/32 ($\varnothing 21,6$ мм) и АСВП 216/33 ($\varnothing 18,5$ мм) напряжение возникновения коронного разряда одинаково. При этом длительно допустимый ток сравниваемых проводов отличается значительно: АС 240/32 — 510 А, АСВП/АСВТ 216/33 — 689 А ($t = 70^\circ\text{C}$, высокопрочное исполнение), и 1040 А ($t = 150^\circ\text{C}$, высокотемпературное исполнение).

Испытательное напряжение для проверки провода на возникновение видимой короны для ВЛ 220 кВ определены ла-

бораторией FGH Engineering & Test GmbH как значение 167,7 кВ (фазное), лабораторией АО «НТЦ ФСК ЕЭС» — 160,0 кВ (фазное).

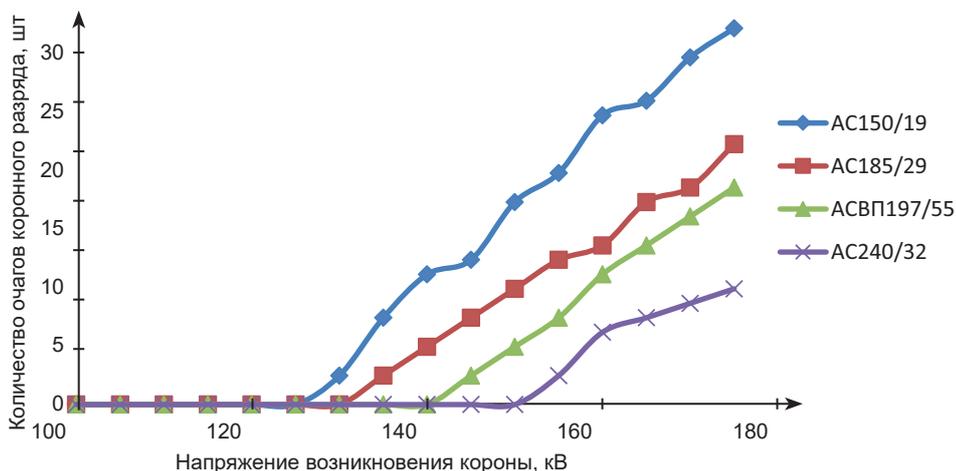


Рис. 1. Зависимость количества очагов коронного разряда от приложенного напряжения

Табл. 2. Технические данные исследуемых проводов

Марка провода	Диаметр провода (внешний), мм	Количество алюминиевых проволок в проводе, шт	Диаметр проволоки внешнего повива, мм	Длительно допустимый ток
АС 150/19	16,8	24	2,8	450
АС 185/29	18,8	26	2,98	510
АСВП/АСВТ 197/55	18,8	28	3,45	561/943*
АС 240/32	21,6	24	3,6	605

* $t_{\text{макс}} = 70^\circ\text{C}$ — высокопрочное исполнение; $t_{\text{макс}} = 150^\circ\text{C}$ — высокотемпературное исполнение.

Процедура испытаний в обеих лабораториях была идентична. Ступени испытательных напряжений при проведении испытаний на видимую корону и результаты регистрации видимой короны приведены в таблице 3.

Испытания нового высокотемпературного провода АСВТ-216/33-1 на возникновение видимой короны, проведенные в отечественной испытательной лаборатории АО «НТЦ ФСК ЕЭС» и немецкой испытательной лаборатории FGH Engineering & Test GmbH выполненные по методике стандарта IEC 61284:1998 дали схожие результаты по напряжению зажигания видимой короны и возникновению стримерной формы коронного разряда.

Различия в полученных результатах обусловлены степенью подготовленности образцов провода к испытаниям. При испытании в лаборатории FGH Engineering & Test GmbH образцы провода были взяты напрямую с барабана, в то время, как перед испытаниями, проводимыми в АО «НТЦ ФСК ЕЭС», поверхность образцов провода была дополнительно очищена от загрязнений и небольших заводских дефектов, способных вызвать локальные очаги коронного разряда. Это было сделано с целью исследования новой конструкции провода АСВТ 19.6-216/33-1 к возникновению коронного разряда.

По результатам испытаний, проведенных в обеих лабораториях, установлено, что начало возникновения стримерной формы коронного разряда провода марки АСВТ 19.6-216/33-1 находится на уровне

Табл. 4. Расчетные удельные потери на корону в хорошую погоду ВЛ 220 кВ

Конструкция фазы (число и марка провода, радиус провода r_0)	Среднегодовые потери, изменение
АС 240/32, Ø 21,6 мм	+ 26,67%
АС 300/39, Ø 24,0 мм	0,00%
АС 330/43, Ø 25,2 мм	-13,33%
АСВП 317/47, Ø 22,3 мм	-13,33%
АСВП 295/44, Ø 21,5 мм	-6,67%

Табл. 5. Расчетные удельные потери на корону в хорошую погоду ВЛ 330 кВ (расцепленная фаза — 2 провода с шагом 40 см)

Конструкция фазы (число и марка провода, радиус провода r_0)	Среднегодовые потери, изменение
2 × АС 300/39, Ø 24,0 мм	+ 18,52%
2 × АС 400/51, Ø 27,5 мм	0,00%
2 × АСВП 317/47, Ø 22,3 мм	-7,41%
2 × АСВП 295/44, Ø 21,5 мм	+ 3,70%

Табл. 3. Результаты регистрации видимой короны у провода АСВТ-216/33-1

FGH Engineering & Test GmbH		АО «НТЦ ФСК ЕЭС»	
Испытательное напряжение, кВ	Наличие видимой короны	Испытательное напряжение, кВ	Наличие видимой короны
41,9	Отсутствие видимого коронного разряда	100,0	Отсутствие видимого коронного разряда
55,9		105,0	
70,0		110,0	
83,8		115,0	
97,8	Зажигание очага видимой короны	120,0	Слабое свечение единичных очагов короны
111,8		125,0	
125,7		130,0	
139,7	Возникновение стримерной формы коронного разряда	135,0	Стабильное зажигание очага видимой короны
153,7		140,0	
167,7		145,0	
Шаг — 10% от расчетного фазного испытательного напряжения 167,7 кВ		150,0	
	155,0		
	160,0		
	165,0		
		Шаг — 5 кВ от расчетного фазного испытательного напряжения 160,0 кВ	

139,7–150 кВ (фазных). Данный провод по уровню коронного разряда рекомендуется для применения в отечественных и зарубежных электрических сетях классов напряжения 110, 115, 138 и 150 кВ, а в некоторых случаях и до 220 кВ.

Расчетные удельные потери на корону в хорошую погоду представлены в таблицах 4, 5. В таблице 6 даны средние характеристики ВЛ по России.

Провода АСВП имеют преимущества с точки зрения меньших потерь, возникающих при коронировании, на проводниках при одинаковом диаметре по сравнению с проводом АС и имеют сопоставимые результаты при сравнении проводников АСВП меньшего диаметра по сравнению с АС большего диаметра при сопоставимых электрических и механических характеристиках.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ДАВЛЕНИЯ

Непосредственным влиянием ветра на работу воздушной линии является его давление на провода, тросы и опоры. Кроме того, создавая поперечную нагрузку на провода и тросы, ветер увеличивает их натяжение. Появляются также дополнительные изги-

Табл. 6. Средние характеристики ВЛ России

Напряжение ВЛ, кВ	220	330	500	750
Средняя длина ВЛ, км	59	88	187	250
Средний диаметр провода АС, мм	25,6	25,6	27,4	26,1
Возможный, с точки зрения короны, диаметр провода АСВТ/АСВП	22,4	22,4	24,5	24

бающие усилия на опоры. Давление ветра может вызвать поломку и падение опор с вырыванием недостаточно прочно укрепленных в грунте фундаментов. Приведенные ниже результаты безусловно говорят в пользу замены АС на АСВП/АСВТ на старых ВЛ.

Для моделирования поведения потока воздуха вблизи провода был использован пакет программ COMSOL Multiphysics, позволяющий решать дифференциальные уравнения в частных производных. Основу модели представляло уравнение Навье-Стокса:

$$\rho(u \cdot \nabla)u = \nabla \cdot [-Pl + (\mu + \mu_T)(\nabla u + (\nabla u)^T) - \frac{2}{3}(\mu + \mu_T)(u \cdot \nabla)l - \frac{2}{3}\rho k l] + F,$$

$$\nabla \cdot (\rho u) = 0,$$

$$\rho(u \cdot \nabla)k = \nabla \cdot [(\mu + \mu_T \sigma_k^*)(\nabla k)] + P_k - \rho \beta_0^* k \omega, \quad (1)$$

$$\rho(u \cdot \nabla)\omega = \nabla \cdot [(\mu + \mu_T \sigma_\omega^*)(\nabla \omega)] + a(\omega/k)P_k - \rho \beta_0 \omega^2,$$

$$\mu_T = \rho k l / \omega,$$

$$P_k = \mu_T \cdot [\nabla u : (\nabla u + (\nabla u)^T) - \frac{2}{3}(\nabla \cdot u)^2] - \frac{2}{3}\rho k \nabla \cdot u,$$

где u — скорость воздуха; ∇ — оператор Набла; ρ — плотность воздуха; μ — динамическая вязкость; k — кинетическая энергия турбулентного потока; ω — удельная скорость рассеивания; a , σ_ω^* , σ_k^* , β_0 , β_0^* — коэффициенты для турбулентного потока, l — интенсивность турбулентного потока.

Для осуществления оценки влияния ветра на провода с различной формой поперечных сечений использовалась двумерная модель, ее геометрия изображена на рисунке 2.

Были выбраны следующие граничные условия:

– на грани АВ значение скорости ветра, направленного на провод перпендикулярно АВ:

$$v_{AB} = v_0; \quad (2)$$

– на гранях ВС, CD и AD давление равно нулю:

$$p = 0; \quad (3)$$

– границы сечения провода являются недеформируемыми стенками.

Моделирование проводилось при различных значениях скорости v_{AB} , характерных для I, III и особой ветровых зон по ПУЭ-7 [1].

Ветровая нагрузка, действующая на провод перпендикулярно его оси, рассчитывалась как сумма проекций давления на провод на ось x :

$$F = \int n \cdot P dl, \quad (4)$$

где P — давление, n — единичный вектор вдоль оси x .

Проводилось сравнение взаимодействия ветра различной скорости с проводами с различным контуром поперечного сечения, но близкого

диаметра: АСВП 128/37 и АС 120/19; АСВП 230/32 и АС 240/34; АСВП 277/79 и АС 240/56 (в числителе и знаменателе — соответственно площади сечения алюминия и стали в мм²). Рассчитанная ветровая нагрузка отличается от нормативной ветровой нагрузки на провода и тросы P_w^H , определяемой по ПУЭ-7, так как не учитываются изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности, влияние длины пролета на ветровую нагрузку, неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ. Использование такого, «очищенного» от влияния различных, не зависящих от конструкции провода факторов, позволяет более четко определить вклад контура провода в изменение ветровой нагрузки.

Контур проводов после обжатия получали моделированием процесса пластического деформирования сталеалюминиевых проводов в модуле Abaqus/Explicit программного комплекса SIMULIA/Abaqus компании Abaqus, Inc. (USA). У всех проводов АСВП алюминиевые проволочки внешнего повива плотно без зазоров прилегают друг к другу, что позволяет моделировать в COMSOL Multiphysics воздействие ветра на единую систему с одним внешним контуром.

Ветровое давление, действующее на провода,

и распределение скорости в воздушном потоке после обтекания сталеалюминиевых проводов типов АС по ГОСТ 839 и АСВП (СТО 71915393–ТУ 120–2012) с сечением алюминия около 230 мм² показано на рисунках 3 и 4. Более

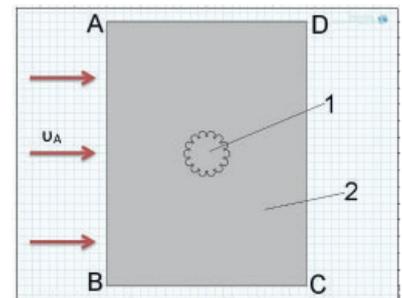


Рис. 2. Геометрия использованной модели: 1 — сечение провода, 2 — воздушный поток

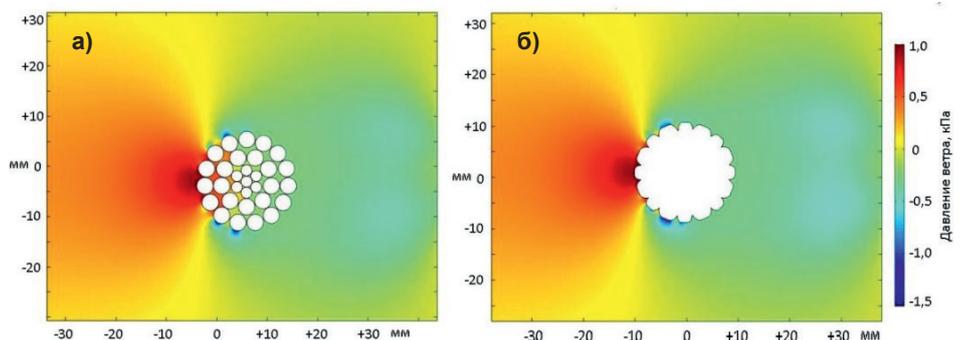


Рис. 3. Ветровое давление, действующее на провода при скорости ветра 60 м/с (район по ветру I): а) АС 400/64; б) АСВП 477/66

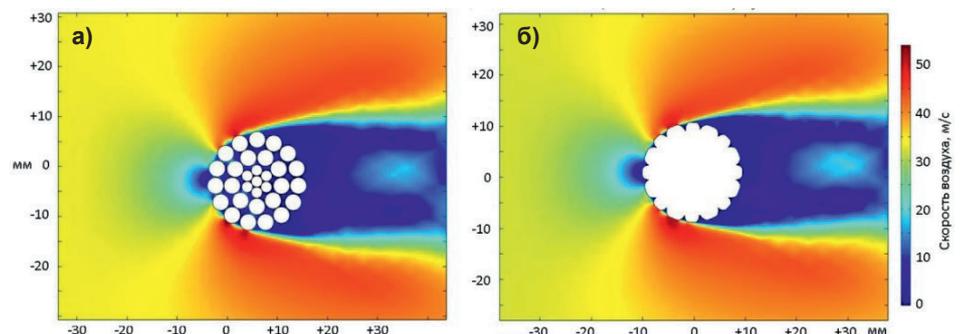


Рис. 4. Распределение скоростей в воздушном потоке при скорости ветра 25 м/с (район по ветру I): а) АС 120/19; б) АСВП 128/37

Табл. 7. Значения ветровой нагрузки на провода с различным контуром поперечного сечения в зависимости от скорости воздушного потока

Скорость v_{AB} , м/с	Ветровая нагрузка, действующая на провода следующих марок, Н/м					
	АСВП 128/37	АС 120/19	АСВП 216/32	АС 240/34	АСВП 277/79	АС 240/56
25	3,6	4,8	4,9	6,9	5,2	7,0
32	5,9	7,9	7,8	11,4	8,4	11,5
60	20,8	28,5	28,4	41,5	29,8	41,6

гладкий контур и меньший диаметр проводов типа АСВП позволяет уменьшить зону повышенного давления перед проводом (рисунок 3б) и застойную зону за проводом (рисунок 4б). Максимальное давление на провод типа АСВП меньше на 3,5%, при этом зона с повышенным давлением имеет меньшую площадь по сравнению с аналогичными характеристиками для проводов типа АС. На выступающих витках алюминиевой проволоки провода АС поверхности, обращенной к фронту воздушного потока, значительно более выражено формирование нескольких локальных участков торможения воздуха с пониженным давлением.

Как видно из приведенных данных, ветровая нагрузка на провода типа АСВП с более обтекаемой геометрией в среднем ниже на 33%. Снижение ветровой нагрузки позволяет уменьшить нагрузки на опоры линий электропередачи и монтировать при капитальных ремонтах провода с большей пропускной способностью на существующие опоры или снизить нагрузку на все элементы ВЛ при прежней пропускной способности.

СНИЖЕНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ НАГРУЗОК И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ВЫТЯЖКИ

Пластически обжатые провода обладают еще рядом достоинств, которые обычно свойственны более дорогим проводам из профилированных проволок, в том числе снижение вибрационных нагрузок и самопогашение колебаний.

Интенсивная гололедно-ветровая нагрузка проводов воздушных линий электропередачи 6–750 кВ — одна из актуальных проблем электроэнергетики в странах с гололедно-ветровыми условиями работы. Близкая к гладкой наружная по-

верхность у пластически деформированных проводов типа АСВП, близкая к гладкости профиля наружного слоя проводов из сегментных, Ω - и Z-образных алюминиевых проволок позволяет уменьшить вибрацию и пляску проводов, налипание снега и льда. В то же время, даже по сравнению с проводами из сегментных, Ω - и Z-образных алюминиевых проволок, провода АСВП должны обладать большей торсионной жесткостью, уменьшенной вероятностью пляски и повышенной стойкостью к вибрации, лучшим самодемпфированием, так как, в отличие от

них, имеют развитую поверхность контакта соседних проволок не только внутри одного повива, но и между повивами [2].

Пластическая деформация не только значительно повышает механическую прочность но и в несколько раз снижает вытяжку (удлинение) в процессе эксплуатации, вне зависимости от металла. Соответствующие испытания проводились в АО «ВНИИЖТ» и АО «НТЦ ФСК ЕЭС» с изделиями из разных металлов — от стали до меди. Подробно это исследование представлено в [3].

УВЕЛИЧЕНИЕ ГАБАРИТНОГО ПРОЛЕТА ПРИ НОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Пластически обжатые неизолированные сталеалюминевые провода АСВП и АСВТ, при отсутствии ограничений по условиям трассы, позволяют увеличить расстояние между опорами ВЛ на длину до 40% от стандартного пролета, что является актуальной задачей при строительстве новых ВЛ.

Так например, для ВЛ 110 кВ расчет габаритного пролета провода АСВП 128/37 в сравнении с проводами приблизительно одинаковых сечений и диаметров (АС 120/27; ТАСР 120; АС 120/19) показал, что применение провода АСВП 128/37 позволяет увеличить габаритный пролет по сравнению с проводом АС 120/27 с 212 до 294 м. При большем содержании стали (отношение площадей алюминий/сталь у АСВП 128/37 равно 3,45 по сравнению с 4,3 у АС 120/27) провод имеет равный диаметр 15,2 мм, а его пропускная способность на 8% выше.

Примером эффективности использования АСВП/АСВТ может являться изначальный проект ВЛ 150 кВ Мурманская, приведенный в таблице 8 и на рисунке 5: при новом строительстве АСВП 258/73; при за-

Табл. 8. Показатели использования АСВП/АСВТ на ВЛ 150 кВ Мурманская

Наименование провода	Разрывная нагрузка, кН	Максимальное тяжение, даН	Диаметр провода, мм	Вес 1-го км, кг	Длина габаритного пролета, м
АС 240/32	75,05	3377,33	21,6	921	330
АСВП 258/73	151,533	6819,13	21,6	1296,5	443
АСВП 295/44	109	4905,05	21,5	1183	382
АСВП 218/63	130,096	5854,44	19,82	1106,7	424
АСВП 216/33	81,5	3667,51	18,5	855	352
АСВП 214/61	126,672	5700,33	19,6	1080,9	421

мене на старых опорах (реконструкция) оптимален АСВП 216/33. Также показателен изначальный проект ВЛ 220 кВ, разработанный НТЦ ФСК ЕЭС.

Грамотное использование разработанных конструкций в сочетании с грозотросами (ТУ 062-2008) или ОКГТ (ТУ 113-2013) при новом строительстве и реконструкции ВЛ электропередачи 35–750 кВ может существенно повысить их надежность при воздействии всего спектра климатических нагрузок, увеличить пропускную способность, снизить капитальные и эксплуатационные затраты.

СОХРАНЕНИЕ ЗАДАННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ В РАЙОНАХ С ВЫСОКИМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ БЕЗ УДОРОЖАНИЯ

Высокотемпературный провод АСВТ благодаря своим конструктивным особенностям позволяеткратно снизить стоимость провода с длительно допустимой температурой 150°C, относительно импортных аналогов. Характеристики и особенности АСВТ подтверждены в ходе российско-германских испытаний.

Действующими Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) допустимая токовая нагрузка по нагреву проводов определяется с учетом наиболее высокой температуры провода 70°C.

Расчет предельных токовых нагрузок в районах с максимальной температурой воздуха ниже 45°C допускается производить без учета влияния солнечной радиации. Поглощенная проводом энергия солнца в умеренных широтах может повысить температуру провода, работающего в диапазоне температур 60–70°C и более всего на 2–3°C.

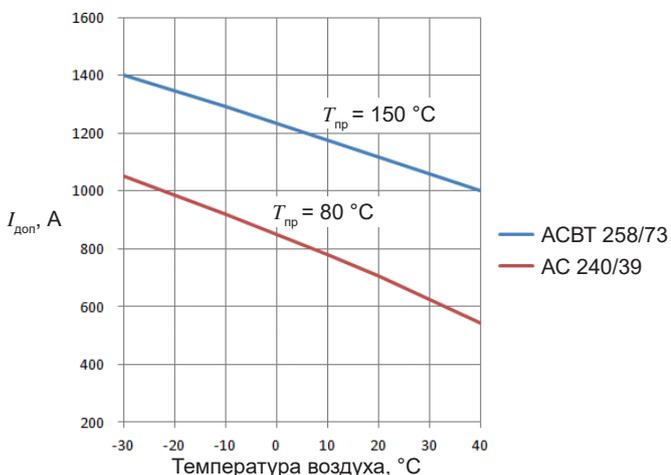


Рис. 6. График зависимости токовой нагрузки от температуры воздуха для проводов АС и АСВТ одинакового диаметра при скорости ветра 1,2 м/с

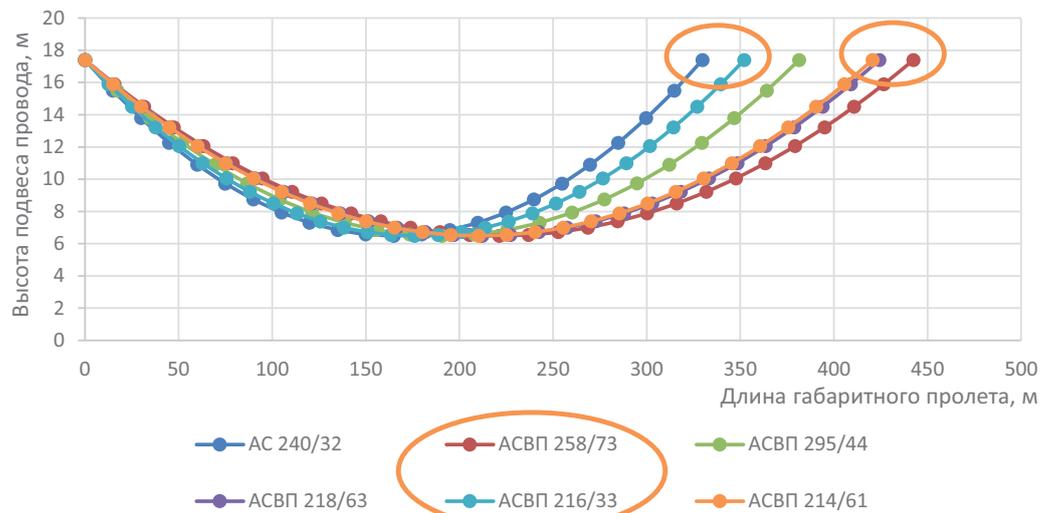


Рис. 5. Расчетные габаритные пролеты для ВЛ 150 кВ Мурманская

Провод марки АСВТ в сравнении с проводом АС способен выдержать большую нагрузку при равных условиях окружающей среды. Разница допустимой нагрузки для сравниваемых проводов составляет 5%. При увеличении тока в проводе, температура провода АСВТ ниже, чем у провода АС. Разница значений особенно заметна при больших нагрузках и достигает 5–7%.

Следует отметить, что согласно нормативной документации, провода марки АС разрешено эксплуатировать при температуре провода до 90°C, в то время как провода марки АСВТ имеют экспериментально подтвержденную допустимую рабочую температуру $t_{max,раб}$ — 150°C.

На рисунке 6 представлена зависимость допустимой токовой нагрузки от температуры воздуха при скорости ветра 1,2 м/с для проводов АС и АСВТ в условиях максимальной для них температуры эксплуатации 80°C и 150°C соответственно. При одинаковом диаметре длительно допустимый ток для высокотемпературного провода на 30–35% превышает значение для стандартного провода. Данная характеристика позволяет использовать инновационный провод в случаях, когда необходимо существенно повысить токовые нагрузки на линии электропередачи, не увеличивая сечения, а также в районах с высокими температурами окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенные исследования показали:
 - эффективность применения современных высокотемпературных проводов марки АСВТ в электросетевом комплексе (получены данные по предельным нагрузкам, сокращении тепловыделения и намагниченности в процессе эксплуатации);
 - для проводов одинакового диаметра напряжение возникновения коронного разряда на проводе АСВП выше напряжения возникновения коронного разряда на проводе марки АС;
 - относительное снижение намагниченности высокотемпературного провода АСВТ в сравнении с проводом АС составляет 3–10%.

2. Полученные результаты позволяют сделать вывод о целесообразности применения инновационных высокотемпературных проводов (АСВТ) в случаях, когда необходимо существенно повысить токовые нагрузки, не увеличивая сечения, а также в районах с высокими значениями температуры окружающей среды.

3. В свою очередь, сопоставимая стоимость АС и АСВТ/АСВП при многофакторном сравнительном анализе при выборе проводника не приводит к росту затрат при реконструкции и строительстве ВЛ.

4. Экономический эффект от применения проводов АСВТ при реконструкции электрических сетей достигается за счет снижения потерь на корону, увеличение пролетов, что снижает общую стоимость ВЛ.

5. Особенности конструкции АСВП/АСВТ снижают нагрузки на все элементы ВЛ при замене провода на старых опорах, увеличивая ресурс ВЛ. Учитывая тот

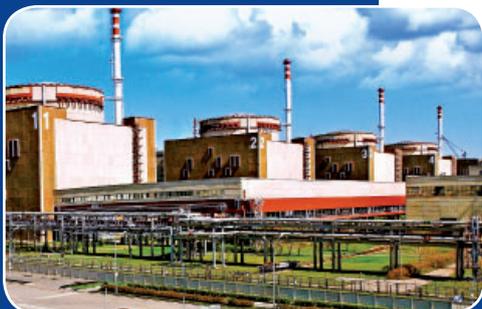
факт, что существующие на данный момент ЛЭП находятся в эксплуатации более 25–40 лет и исчерпали свой ресурс, замена их на новые крайне необходима. В расчете на 1 км провода сети 110 кВ для Волгоградской области дисконтированный срок окупаемости замены стандартного провода не превышает 5 лет.

6. Применяемая технология пластической деформации обеспечивает комплекс преимуществ, отмеченных Техническим Советом ПАО «Россети»:

- увеличение коэффициента заполнения проводника до 92–97%, значительное увеличение прочности площади сечения, без увеличения диаметра;
- снижение аэродинамической нагрузки (20–35%) и самогашение колебаний;
- снижение гололедообразования (25–40%) и снижение в несколько раз эксплуатационной вытяжки проводника. 

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуревич Л., Даненко В., Проничев Д., Трунов М. Моделирование электромагнитных потерь в сталеалюминевых проводах различной конструкции // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2014, № 5(26). С. 68–71.
2. Лопарев В.В., Образцов Ю.В. Об особенностях современных изолированных проводов для воздушных линий электропередачи // Кабели и провода, 2014, № 6 (349). С. 9–15.
3. Курьянов В.Н., Султанов М.М., Фокин В.А., Тимашова Л.В. Инновационные высокоэффективные провода для линий электропередачи // Энергия единой сети, 2016, № 4(27). С. 70–78.



Издательство журнала «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ.
Передача и распределение»
выпустило книгу академика РАЕН,
профессора В.А. НЕПОМНЯЩЕГО

«НАДЕЖНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ»

В монографии исследована надежность оборудования электростанций и электрических сетей напряжением 1150–10(6) кВ, разработана методика сбора и статистической обработки информации о надежности оборудования. На основе статистических данных и расчетов определены основные параметры надежности и динамика их изменения в процессе эксплуатации. Выявлены статистические законы распределения отказов и времени восстановления элементов энергосистем. Проведено их сравнение с зарубежными данными.

Тираж книги 5000 экз., объем 196 с., формат 170x235 мм.
Для приобретения издания необходимо позвонить
по многоканальному телефону +7 (495) 645-12-41
или написать по e-mail: info@eepir.ru