

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОВОДОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕЗКОКОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА

Кочешкова Александра Максимовна, aleksandra.k01@yandex.ru
Павличенко Илья Александрович, pavlichenko22rus@gmail.com
Сташко Василий Иванович, diael@mail.ru

Аннотация:

В работе рассмотрены проблемы, связанные с проектированием воздушных линий электропередач, расположенных в тяжелых климатических условиях. Предложены способы решения, путем применения проводов нового поколения, обладающих улучшенными механическими и электрическими характеристиками. Проведен сравнительный анализ проводов нового поколения с проводами традиционной конструкции марки АС. Выявлены преимущества высокотемпературных проводов. Произведены расчеты механических нагрузок на провода ВЛ, включающие определение горизонтальной составляющей полного тяжения, вертикальной составляющей полного тяжения, полное тяжение. На основе расчетов были построены зависимости напряженности, стрел провеса, полного тяжения от температуры внешней среды. В результате работы были сделаны выводы о целесообразности использования при строительстве новых и модернизации существующих ВЛЭП напряжением 110 кВ проводов нового поколения, что позволит увеличить пропускную способность линий, повысить надежность электроэнергетического комплекса, при этом сократив капитальные затраты, благодаря увеличению мощности, передаваемой по линии в тяжелых климатических условиях.

Ключевые слова: провода нового поколения, тяжение, сравнительная характеристика, напряженность, стрела провеса, потери мощности.

На этапе проектирования и в процессе эксплуатации воздушных линий электропередачи неизбежно возникают проблемы с конструктивным исполнением ВЛЭП. Проектирование механической составляющей ВЛ основано на традиционном методе расчета механических нагрузок, действующих на элементы ЛЭП в процессе ее эксплуатации.

Конечной целью расчетов при проектировании является создание надежной и экономически целесообразной ВЛЭП, с учетом природных и климатических условий. Поскольку влияние этих факторов на отдельные элементы ВЛ определяются как статические значения допустимых механических нагрузок в соответствии с действующими нормативными требованиями, согласно климатической карте регионов. Эта проблема особенно актуальна в суровых условиях континентального климата.

Следует отметить, что в течение этого расчетного периода так же необходимо рассмотреть возможность увеличения пропускной способности воздушной линии электропередачи.

Обычно выбор сечения провода для ВЛ 110 кВ производится в соответствии с требованиями ПУЭ по нормированным значениям экономической

плотности тока в диапазоне от F до F , по отношению к стандартной номенклатуре для сталеалюминевых проводов марки АС, установленных по ГОСТ 839-80.

Но бывают случаи, когда для выбранных номинальных значений напряжения, даже при $F_{thp} = F_{max}$, пропускная способность линии может быть недостаточной, т.е. условие не выполняется $R_{dop} \geq R_{nb}$. В этих случаях необходимо искать варианты нестандартных методов решения проблем, удовлетворяющих этому условию. В то же время, обеспечение высокой надежности объектов энергоснабжения должно соответствовать экономической эффективности таких решений.

Одним из решений этой проблемы является использование проводов, которые имеют более высокую термостойкость по сравнению с проводами традиционной конструкции. Использование инновационных проводов позволяет увеличить пропускную способность воздушных линий в 1,6-3 раза из-за их высокой допустимой температуры.

Рассмотрим три варианта использования проводов на основе композитных материалов, которые широко используются за рубежом, для увеличения надежности и пропускной способности ВЛ-110 кВ.

В таблице 1 приведена сравнительная характеристика проводов нового поколения и провода марки АС [1].

Таблица 1 – Сравнительная характеристика проводов нового поколения и провода марки АС

Производитель	Марка провода	$F_{ТПЧ}/F_c$, мм ² /мм ²	$T_{доп}$, °С	$D_{пр}$, мм	$M_{пр0}$, кг/км	$I_{доп}$, А/о.е.	C_0 , о.е.	$f_{пр}$, м
РФ	АС	240/39	90	21,5	950	480/1,0	1	10
Австрия	TACSR/ACS	212/49	150	21,1	915	870/1,8	3,5	11,5
Япония	GTACSR	217/49	150	20,2	1018	840/1,7	6	9
США	ACCR	238/39	210	21,5	795	1210/2,5	13	9,9

Анализ воздействия природных и климатических нагрузок на ВЛ предполагают принятие исходных параметров линии, которые отражают ее функционирование в нормальных условиях эксплуатации. Исходными параметрами механических расчетов являются состояние воздушной магистрали при отсутствии ветра, наледь на поверхности проводов и температура окружающей среды ($t = 15$ °С).

Перечень расчетов механических нагрузок на провода ВЛ включает определение горизонтальной составляющей полного тяжения, вертикальной составляющей полного тяжения, полное тяжение. Для этой цели рассчитывается стрела провеса проводника зависящая от температуры окружающей среды, для которой находится значение механического напряжения из следующего уравнения:

$$\sigma - \frac{\gamma^2 E l^2}{24 \sigma^2} = \sigma_0 - \frac{\gamma_0^2}{24 \sigma_0^2} - \alpha E (t_{\text{окр.ср}} - t_0)$$

В условиях, когда известны такие значения как напряжение, токовая нагрузка, температура, то стрела провеса провода в любой момент времени вычисляется по формуле:

$$f = \frac{\gamma l^2}{8 \sigma}$$

Горизонтальная составляющая полного тяжения:

$$H_t = \frac{M_0 \cdot 10^{-3} (l_{\text{расч}})^2}{8 f_t},$$

где M_0 – погонная масса провода (кг/мм²);

$l_{\text{расч}}$ – расчетная длина пролета (м).

Вертикальная составляющая полного тяжения:

$$V_t = M_0 \cdot 10^{-3} \cdot l_{\text{расч}}$$

Полное тяжение:

$$T_t = \sqrt{(H_t)^2 + (V_t)^2}$$

Далее, для определения зависимостей напряженности, стрел провеса, полного тяжения от температуры внешней среды, были построены графики (рисунок 1-3). Затем, по графикам, для рассмотренных в работе проводов нового поколения были определены эти значения.

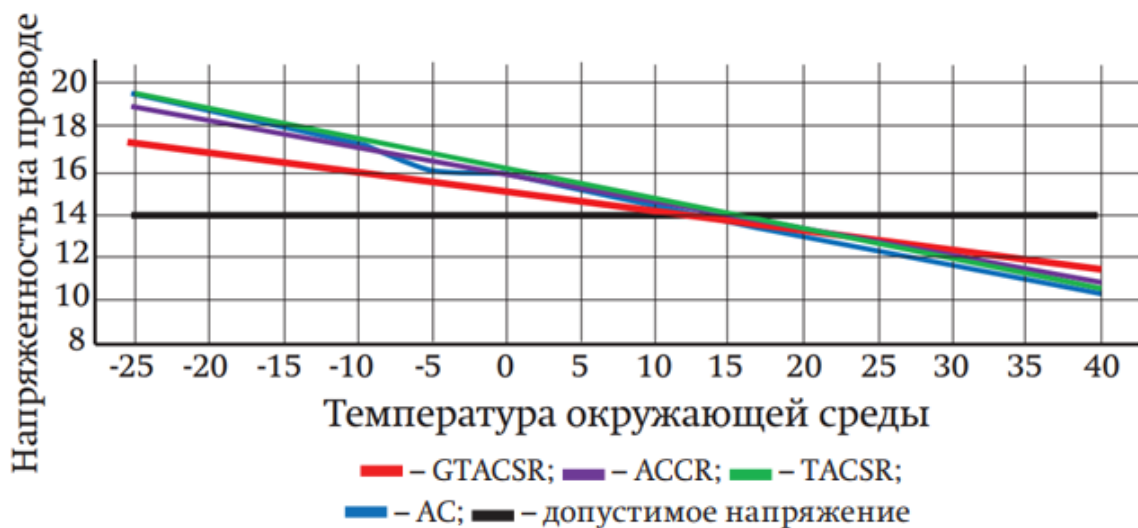


Рисунок 1 – График зависимость напряженности на проводе от температуры

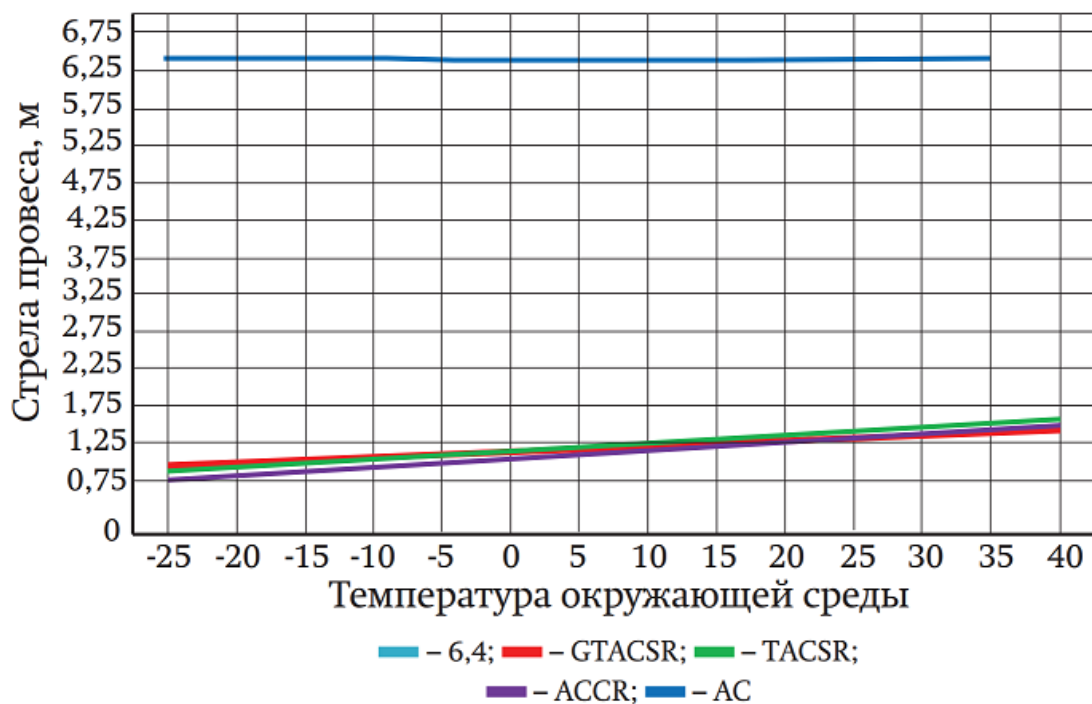


Рисунок 2 – График изменения стрелы провеса проводов в зависимости от температуры

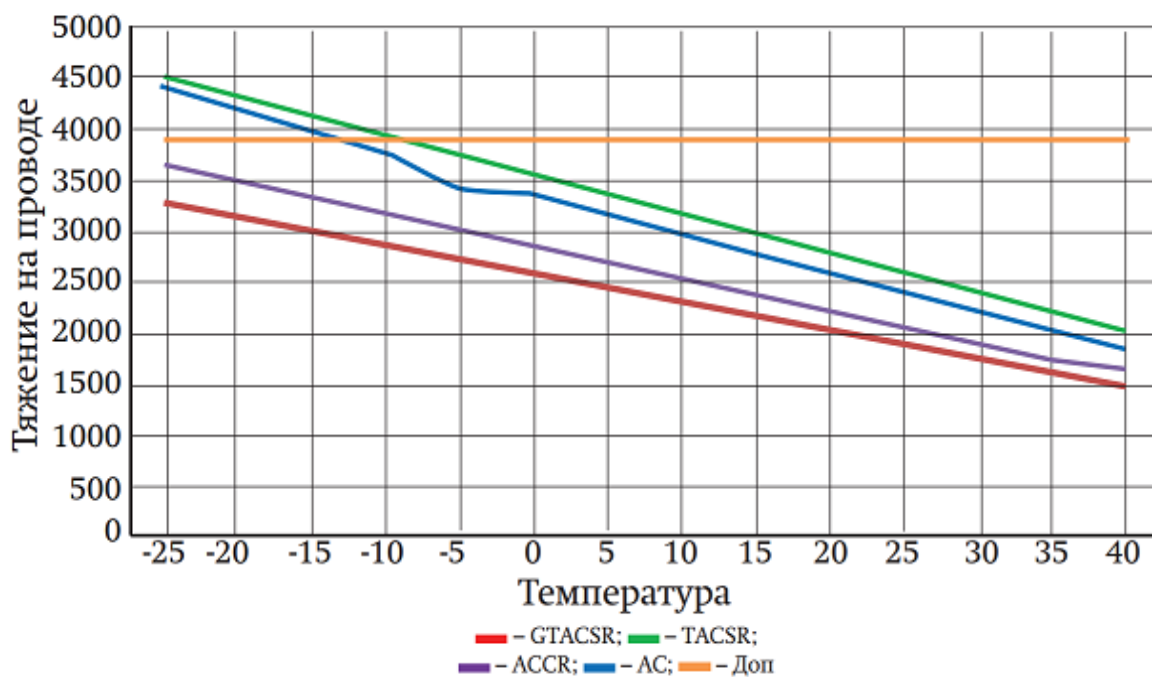


Рисунок 3 – График зависимости полного тяжения на проводах в зависимости от температуры

Из графика (рисунок 1), видно, что при достижении температуры выше 15 °C, напряженность всех проводников будет больше допустимого значения, а при

температуре 15 °С и ниже значение напряженности проводов находится в пределах допустимого.

Особенностью высокотемпературных проводов является то, что при более высоких температурах они имеют более высокое значение напряженности, чем традиционные провода, а соответственно и стрела провеса у них меньше. Из этого следует, что стрела провеса провода напрямую зависит от воздействия солнечной радиации, а именно, стрела провеса становится меньше критического значения при воздействии солнечного излучения.

Проанализировав график (рисунок 3) можно сделать вывод, что при небольших значениях температуры тяжение на проводах марки GTACSR и ACCR меньше критического, а то время как это же значения для проводов марки TACSR и AC является выше критического.

Это связано с тем, что высокотемпературные провода имеют более низкий коэффициент линейного расширения. Этот факт приводит к тому, что при воздействии температуры они практически не теряют своих свойств. Одним из основных показателей нормальной работы воздушных линий электропередачи 110 кВ в тяжелых климатических условиях является передача электрической энергии с минимальными потерями. Эффективность работоспособности линий электропередачи напряжением 110 кВ оценивается на основе следующих показателей [2]:

- пропускная способность по расчетному току;
- электроэнергетический коэффициент.

Эффективность находится с использованием электроэнергетического коэффициента [1]:

$$k_{\text{энерг}} = k_{\text{КПД}} k_{\omega},$$

где k_{ω} – коэффициент мощности.

КПД ВЛ 110 кВ:

$$k_{\text{КПД}} = \frac{P_{\text{расч}}}{P_{\text{расч}} + \Delta P_{\text{нагр}} + \Delta P_{\text{кор}}},$$

где $P_{\text{расч}}$ – расчетная нагрузка (кВт);

$\Delta P_{\text{нагр}}$ – нагрузочные потери (кВт);

$\Delta P_{\text{кор}}$ – потери на корону.

Нагрузочные потери:

$$\Delta P_{\text{л}} = 3I_{\text{расч}}^2 R_t = 3I_{\text{расч}}^2 R_0^{20} (1 + \alpha(t - 20)) = 3I_{\text{расч}}^2 \frac{\rho l}{F},$$

где R_t – удельное активное сопротивление (Ом/км);

α – температурный коэффициент ($\alpha=0,00403$ – композиционные; $\alpha=0,0045$ – стальные).

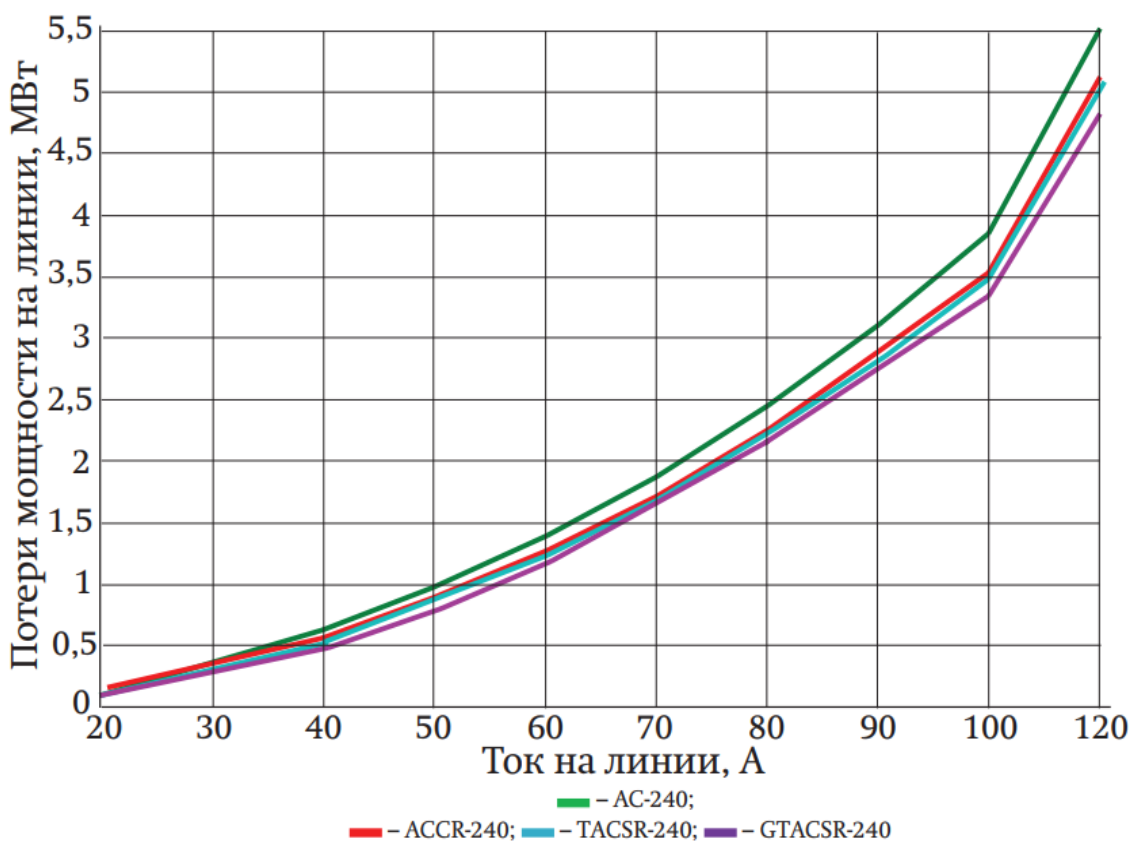


Рисунок 4 – График зависимости нагрузочных потерь от тока на ВЛ 110 кВ

При увеличении нагрузки ВЛ повышается температура проводника, а значит возрастают потери мощности из-за чего ухудшается проводимость ЛЭП.

Потери на корону характеризуются следующими факторами: напряженностью электрического поля, климатическими условиями и напряжением сети. Потери нагрузки уменьшаются с увеличением поперечного сечения провода и уменьшением температурного коэффициента электрического сопротивления [1]. Таким образом, основное требование к проводам - низкое электрическое сопротивление. Следовательно, необходимо рассматривать способы повышения электрической проводимости воздушных линий электропередачи с учетом климатических условий [2].

Таким образом, при строительстве новых и модернизации существующих ВЛЭП напряжением 110 кВ использование проводов нового поколения, обладающих улучшенными механическими и электрическими характеристиками, позволит увеличить пропускную способность линий, повысить надежность электроэнергетического комплекса, при этом сократив капитальные затраты, благодаря увеличению мощности, передаваемой по линии в тяжелых климатических условиях.

Список используемой литературы

1. Тошходжаева, М. И. Исследование и повышение эксплуатационной надёжности и экологичности ВЛЭП-110 кВ в условиях резко континентального климата (на примере Согдийской энергосистемы Республики Таджикистан) : специальность 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тошходжаева Мухайё Исломовна, 2019. – 120 с. – [EDN OPEVUJ](#).

2. Ходжиев, А. А. Перспективы применения композиционных проводов в условиях резко континентального климата / А. А. Ходжиев, М. И. Тошходжаева // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – № 1. – С. 91-96. – [EDN YWNRTZ](#).

Информация об авторах

Кочешкова А. М. – студент группы 8Э-31, Павличенко И. А. – аспирант, Сташко В. И. – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», РФ, Алтайский край, г. Барнаул.

Ссылка для цитирования

Кочешкова, А. М. Анализ использования проводов нового поколения в условиях резко-континентального климата / А. М. Кочешкова, И. А. Павличенко, В. И. Сташко // Энерджинет. 2023. № 1. URL: <http://nopak.ru/231-507> (дата обращения: 17.09.2023).

