

УДК 621.315.17

РАСЧЕТ ДОПУСТИМОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПРОВОДА ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 330 кВ

Николаев А.В., аспирант ЭТа-241

Научный руководитель Шаулева Н.М., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

При расчете воздушных линий (ВЛ) и их элементов должны учитываться климатические условия: ветровое давление, толщина стенки гололеда, температура воздуха, степень агрессивного воздействия окружающей среды, интенсивность грозовой деятельности, пляска проводов и тросов, вибрация и т.д. [1]

Допустимая длительная температура нагрева неизолированных проводов (обычно АС) на воздушных линиях 330 кВ должна составлять в обычном режиме до +70 °С, а в аварийном до +90 °С, в противном происходит потеря механической прочности провода, а также может происходить увеличение провисания провода. Большой провис уменьшает расстояние от провода до земли, что может приводить к пробое изоляционного промежутка. [2]

В работе рассчитана длительно допустимая температура нагрева провода с напряжением 330 кВ. Рассмотрим воздушную линию, проходящую по пересеченной местности с характеристиками провода 2хАС 400/64, находящуюся в Анжерском районе. Это стандартная воздушная линия, для расчетов ее характеристик используем методику «Определения механических характеристик и допустимых токовых нагрузок проводов действующих воздушных линий электропередачи», применяемую в испытательных центрах. После проведения всех необходимых расчетов мы сможем сделать вывод о дальнейшей возможности безаварийной эксплуатации данной воздушной линии. [3]

Рассматриваемая воздушная линия пересекает две дороги и две линии электропередач, со следующими характеристиками 110 кВ и 10 кВ.

Перечень объектов, которые пересекает ВЛ 330 кВ приведен в таблице 1. Не указанные в таблицы пролеты не имеют пересечений и имеют необходимое расстояния между проводом и землей, поэтому не влияют на температуру провода.

Введем обозначения:

t_p – фактическая температура провода, °С;

ΔH – вертикальное расстояние между проводом и пересекаемым объектом, м;

l_p – длина приведенного пролета, м;

l – длина пролета, м;

α – коэффициент температурного линейного расширения, °С⁻¹;

γ_1 – приведенная нагрузка от собственной массы, Н/(м·мм²);

E – модуль упругости, МПа;

f – длина приведенного пролета, м;

ΔH_x – вертикальное расстояние между проводом и пересекаемым объектом, м;

x – расстояние от пересекаемого объекта, до ближайшей опоры, м;

f_x – стрела провеса в месте пересечения, м.

Таблица 1 – Исходные данные

Пролет	Длина пролета, м	Пересечение	Расстояние от провода до пересекаемого объекта, м	Расстояние от опоры до пересекаемого объекта, м	Стрела провеса, м	Габаритный размер (нормированный), м
3-4	425	Земля	10,1	212	10,0	7,5
7-8	400	ВЛ 10 кВ	11	20	5,8	5,0
18-19	459	Дорога	12	128	9,5	8,5
20-21	275	ВЛ 10 кВ	5,2	37	2,6	5,0
22-23	252	ВЛ 110 кВ	6,1	28	1,03	5,0
25-26	355	Дорога	10	128	9,2	8,5
35-36	400	ВЛ 10 кВ	7,5	68	9,8	6,0

Выполним расчёты для пролетов 3-4, 18-19, 20-21 и 25-26. В таблице 2 приведены дополнительные характеристики ВЛ.

Токовая нагрузка равна 790 А, температура воздуха 0 °С, скорость ветра 3 м/с.

Таблица 2 – Дополнительные характеристики ВЛ

Пролет	Длина приведенного пролета (l_p), м	Длина пролета (l), м	Длина приведенного пролета (f), м	Измеренное расстояние от провода до пересекаемого объекта, м	ΔH (ΔH_x), м	Расстояние от опоры до пересекаемого объекта (x), м
3-4	378	425	10,50	9,55	3,05	212,5
18-19	408	459	10,06	11,76	4,26	128
20-21	320	275	2,46	5,00	1,00	37
25-26	334	355	9,42	9,89	2,30	128

Определим температуру провода. Температуру провода возьмем равной 5 °С, так как ток равен 395 А, а его плотность меньше 1 А/мм².

Рассчитаем отдельно в каждом пролете допустимую температуру нагрева провода. Все пролеты ограничены опорами, со следующими характеристиками; $E = 82,5 \cdot 10^3$ МПа; $\alpha = 19,2 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Пролет 3-4, пересекаемый объект – земля, для него температура будет равна:

$$T = t_p + \frac{\Delta H \cdot l_p^2}{\alpha \cdot l^2} \cdot \left[\frac{\gamma_1 \cdot l^4}{8 \cdot E \cdot f \cdot l_p^2 (f + \Delta H)} + \frac{8}{3} \cdot \frac{2f + \Delta H}{l^2} \right] =$$

$$= 5 + \frac{3,05 \cdot 378^2}{19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 425^2} \cdot$$

$$\cdot \left[\frac{34,6 \cdot 10^{-3} \cdot 425^4}{8 \cdot 82,5 \cdot 10^3 \cdot 10,5 \cdot 378^2 \cdot (10,5 + 3,05)} + \frac{8}{3} \cdot \frac{2 \cdot 10,5 + 3,05}{425^2} \right] = 60,19 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Пролет 18-19, пересекаемый объект – дорога, для него температура будет равна:

$$T = t_p + \frac{\Delta H_x \cdot l_p^2}{4 \cdot \alpha \cdot x \cdot (l - x)} \cdot \left[\frac{2 \cdot \gamma_1 \cdot x^2 (l - x)^2}{E \cdot f_x \cdot l_p^2 \cdot (f_x + \Delta H_x)} + \frac{2}{3} \cdot \frac{2f_x + \Delta H_x}{x \cdot (l - x)} \right] =$$

$$= 5 + \frac{4,26 \cdot 408^2}{4 \cdot 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 128 \cdot (459 - 128)} \cdot$$

$$\cdot \left[\frac{2 \cdot 34,6 \cdot 10^{-3} \cdot 128^2 \cdot (459 - 128)^2}{82,5 \cdot 10^3 \cdot 10,06 \cdot 408^2 \cdot (10,6 + 4,26)} + \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot 10,06 + 4,26}{128 \cdot (459 - 128)} \right] = 102 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Пролет 20-21

$$T = 5 + \frac{1 \cdot 320^2}{4 \cdot 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 37 \cdot (275 - 37)} \cdot$$

$$\cdot \left[\frac{2 \cdot 34,6 \cdot 10^{-3} \cdot 37^2 \cdot (275 - 37)^2}{82,5 \cdot 10^3 \cdot 2,46 \cdot 320^2 \cdot (2,46 + 1)} + \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot 2,46 + 1}{37 \cdot (275 - 37)} \right] = 79,16 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Пролет 25-26

$$T = 5 + \frac{2,3 \cdot 334^2}{4 \cdot 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 128 \cdot (355 - 128)} \cdot$$

$$\cdot \left[\frac{2 \cdot 34,6 \cdot 10^{-3} \cdot 128^2 \cdot (355 - 128)^2}{82,5 \cdot 10^3 \cdot 9,42 \cdot 334^2 \cdot (9,42 + 2,3)} + \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot 9,42 + 2,3}{128 \cdot (355 - 128)} \right] = 66 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

После проведения всех необходимых расчетов воспользуемся предельными токовыми нагрузками по условию нагрева проводов, которые приведены в ГОСТ 839-80. В результате мы имеем: по условию расстояния между проводом и землей определяющим является пролет 3-4, в котором длительно допустимая температура нагрева провода равна 60,19 °С. Согласно используемой методики остальные пролеты по условию расстояния между проводом и землей не являются определяющими. Для пролета 3-4 допустимая температура нагрева провода соответствует ГОСТ 839-80 [3], что позволяет говорить о том, что и данная воздушная линия может использоваться, с учетом того что превышение температуры может привести к ускоренной потере прочности алюминиевых проводов.

Список литературы:

1. Схиртладзе, А.Г. Метрология, стандартизация и технические измерения / А.Г. Схиртладзе, Я.М. Радкевич. – Старый Оскол: ТНТ, 2010. – 420 с. – ISBN 978-5-94178-201-7/ – Текст : непосредственный.
2. Голубев, С.С. Стратегия обеспечения единства измерений в российской федерации до 2025 года ведет российскую метрологию по инновационному пути // Законодательная и прикладная метрология. – 2017. – № 4. – С. 5-8.
3. ГОСТ 839-59–2019 Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи технические условия = Non-insulated conductors for overhead power lines. Specifications : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2019 г. № 1285-ст : введен впервые : Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 23.06.80 N 2987 / разработан Открытым акционерным обществом "Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности" (ОАО "ВНИИКП"). – Москва : Стандартинформ, 2019. – 43 с. – Текст непосредственный.