МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРЕДЕЛЬНЫХ ТОКОВЫХ НАГРУЗОК ПО УСЛОВИЯМ НАГРЕВА ПРОВОДОВ ДЛЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

МТ 34-70-037-87

СПО
СОЮЗТЕХЭНЕРГО
Москва 1987

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРЕДЕЛЬНЫХ ТОКОВЫХ НАГРУЗОК ПО УСЛОВИЯМ НАГРЕВА ПРОВОДОВ ДЛЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

МТ 34-70-037-87

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА ПО "СОЮЗТЕХЭНЕРГО"
Москва 1987

Р А З Р А Б О Т А Н О Всесоюзным научно-исследовательским институтом электроэнергетики

И С П О Л Н И Т Е Л Ь Л.Г.НИКИТИНА

У Т В Е Р Ж Д Е Н О Главным научно-техническим управлением энергетики и электрификации 30.06.87 г.

Заместитель начальника К.М.АНТИПОВ

С выходом настоящей Методики отменяется "Методика расчета предельных токовых нагрузок по условиям нагрева проводов для действующих линий электропередачи" (М.: СПО Союзтехэнерго, 1978).

С вопросами и замечаниями по настоящей Методике обращаться во ВНИИЭ по адресу: 115201, Москва, Каширское шоссе, д.22, корп.3.

© СПО Союзтехэнерго, 1987.

УДК 621.315.1.016.3.001.24

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРЕДЕЛЬНЫХ ТОКОВЫХ НАГРУЗОК ПО УСЛОВИЯМ НАГРЕВА ПРОВОДОВ ДЛЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

МТ 34-70-037-87

Срок действия установлен
с 01.01.88 г.
до 01.01.93 г.

ВВЕДЕНИЕ

Длительно допустимая токовая нагрузка по нагреву проводов линий электропередачи определяется двумя условиями:

сохранением механической прочности провода;

сохранением нормированных вертикальных расстояний между проводом и землей или между проводом и пересекаемым объектом.

Действующими Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) допустимая токовая нагрузка по нагреву проводов определяется исходя из наиболее высокой температуры провода 70°С. Многочисленные исследования показали, что без ущерба для прочности провода можно повысить его температуру до 90°С.

Наименьшие расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли или от проводов ВЛ до пересекаемых объектов действующими ПУЭ нормируются исходя из наибольшей стрелы провеса провода при наиболее высокой температуре воздуха (без учета нагрева провода электрическим током) или при гололеде без ветра.

При повышении температуры провода за счет нагрева его электрическим током увеличивается стрела провеса и возникает опасность уменьшения нормированных расстояний до земли и пересекаемых объектов. Проведенными исследованиями установлено, что при допустимом уменьшении нормированных расстояний не происходит нарушения требований безопасности проезда под ВЛ машин и механизмов или приближения к зданиям и сооружениям, и сохраняется высокая надежность грозозащиты пересечений ВЛ с другими объектами.

Методика расчета предельных токовых нагрузок с учетом конкретных метеорологических условий и вертикальных расстояний между проводом и землей или между проводом и пересекаемым объектом на действующих линиях электропередачи позволяет в процессе экс-

плуатации более точно определить допустимую нагрузку по условию нагрева проводов.

Расчет предельных токовых нагрузок следует выполнять с учетом допустимого уменьшения вертикальных расстояний между проводом и поверхностью земли или между проводом и пересекаемым объектом.

I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПРОВОДА

I.I. Как правило, основным при определении предельных токовых нагрузок является условие сохранения допустимых вертикальных расстояний между проводом и землей или между проводом и пересекаемым объектом, зависящих от температуры провода.

I.2. Определение допустимой температуры нагрева провода в пролете, ограниченном анкерными опорами

Температура провода, допустимая по условию сохранения расстояния ($H_{нор} - \Delta H_{дз}$) между проводом и землей в середине пролета, определяется по формуле

$$t_д = t_п + \frac{\Delta H}{\alpha}\left[\frac{\gamma_1 \ell^2}{8Ef(f+\Delta H)} + \frac{8}{3}\,\frac{2f+\Delta H}{\ell^2}\right], \qquad (I)$$

где $t_п$ - температура провода, ^{o}C;

ΔH - разность между измеренным и нормированным габаритными размерами с учетом их уменьшения на $\Delta H_{дз}$, позволяющим сохранить безопасность проезда под линией $\Delta H = H - (H_{нор} - \Delta H_{дз})$;

H - вертикальное расстояние между проводом и землей в середине пролета, измеренное при температуре $t_п$;

$H_{нор}$ - расстояние между проводом и землей, нормированное ПУЭ;

$\Delta H_{дз}$ - допустимое уменьшение расстояния между проводом и землей. Для ВЛ 110-150 кВ $\Delta H_{дз} = 0{,}5$; для ВЛ 220-330 кВ $\Delta H_{дз} = 1$ м;

α - коэффициент температурного линейного расширения, $^{o}C^{-1}$;

ℓ - длина пролета, м;

γ_1 - приведенная нагрузка от собственной массы, Н/(м·мм^2);

E - модуль упругости, МПа;

f - измеренная стрела провеса в середине пролета, м.

Температура провода, допустимая по условию сохранения расстояния ($H_{нор} - \Delta H_{до}$) между проводом и пересекаемым объектом, расположенным в любой точке пролета, определяется по формуле

$$t_д = t_п + \frac{\Delta H_x \ell^2}{4\alpha x(\ell - x)}\left[\frac{2\gamma_1 x^2(\ell - x)^2}{E\ell^2 f_x(f_x + \Delta H_x)} + \frac{2}{3}\,\frac{2f_x + \Delta H_x}{x(\ell - x)}\right], \quad (2)$$

где ΔH_x - разность между измеренным и нормированным габаритными размерами с учетом их уменьшения на $\Delta H_{до}$, позволяющими сохранить высокую надежность грозозащиты ВЛ при пересечении с другими объектами;

$\Delta H_x = H_x - (H_{нор} - H_{до})$,

H_x - вертикальное расстояние между проводом и пересекаемым объектом, измеренное при температуре $t_п$, м;

$H_{нор}$ - нормированное расстояние между проводом и пересекаемым объектом, м;

$\Delta H_{до}$ - допустимое уменьшение расстояния между проводом и пересекаемым объектом. Для ВЛ 110-500 кВ $\Delta H_{до} = 1{,}0$ м;

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

f_x - стрела провеса в месте пересечения, измеренная при температуре $t_п$, м.

1.3. Определение допустимой температуры нагрева провода в пролетах, ограниченных промежуточными опорами

Допустимая температура нагрева провода в промежуточном пролете, ограниченном анкерными опорами, определяется с учетом изменения механических напряжений провода, участка, ограниченного анкерными опорами, при изменении атмосферных условий.

Температура провода, допустимая по условию сохранения расстояния ($H_{нор} - \Delta H_{дз}$) между проводом и землей в середине пролета, определяется по формуле

$$t_д = t_п + \frac{\Delta H \ell_п^2}{\alpha \ell^2}\left[\frac{\gamma_1 \ell^4}{8 E f \ell_п^2 (f+\Delta H)} + \frac{8}{3}\,\frac{2f+\Delta H}{\ell^2}\right], \qquad (3)$$

где $\ell_п$ - длина приведенного пролета, м.

Температура провода, допустимая по условию сохранения расстояния ($H_{нор} - \Delta H_{до}$) между проводом и пересекаемым объектом, расположенным в любой точке пролета, определяется по формуле

$$t_д = t_п + \frac{\Delta H_x \ell_п^2}{4\alpha x(\ell - x)}\left[\frac{2\gamma_1 x^2 (\ell - x)^2}{E f_x \ell_п^2 (f_x + \Delta H_x)} + \frac{2}{3}\,\frac{2f_x + \Delta H_x}{x(\ell - x)}\right]. \qquad (4)$$

I.4. Определение допустимой температуры нагрева провода в пролетах с разной высотой точек подвеса провода

Формулы (I) - (4) применимы для определения температуры нагрева проводов в пролетах между опорами с одинаковой высотой точек подвеса провода. Допустимая температура нагрева провода по условию расстояния между проводом и землей в пролетах с разной высотой точек подвеса провода и ограниченных анкерными опорами определяется по формуле

$$t_д = t_п + \frac{\Delta H}{\alpha}\left\{\frac{\ell^4 \gamma_1}{8 E f\left[f(\ell^2 - 4a^2) + \ell^2 \Delta H\right]} + \frac{8}{3}\,\frac{2(\ell^2 - 4a^2) f + \ell^2 \Delta H}{(\ell^2 - 4a^2)^2}\cos\psi\right\}, \qquad (5)$$

где a - расстояние между серединой пролета и низшей точкой провисания провода, м;

ψ - угол наклона прямой, соединяющей точки подвеса провода, град.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДОПУСТИМОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПРОВОДА

Результаты расчетов допустимой температуры провода, смонтированного с различными тяжениями в пролетах разной длины, выполненных по формуле (I) для перегрева провода ($\Delta t_п$, °С), приве-

дены на рисунке. Пользуясь этими зависимостями, можно оценить допустимую температуру нагрева провода по условию сохранения допустимого расстояния между проводом и землей. Например, если в пролете длиной 300 м смонтирован провод с соотношением сечений алюминия и стали, равным 6, и ΔH= 0,7 м при температуре провода 40°С, то допустимая температура нагрева провода лежит в диапазоне 58-62°С (в среднем она равна 60°С). Для более точного определения допустимой температуры провода в конкретном пролете а также во всех пролетах, где имеются пересечения, необходимо измерить: длину пролета, стрелу провеса в середине пролета или в месте пересечения, соответственно расстояние между проводом и землей или между проводом и пересекаемым объектом, расстоянием от ближайшей опоры до пересекаемого объекта, токовую нагрузку в момент измерений, температуру воздуха, скорость ветра и указать марку провода.

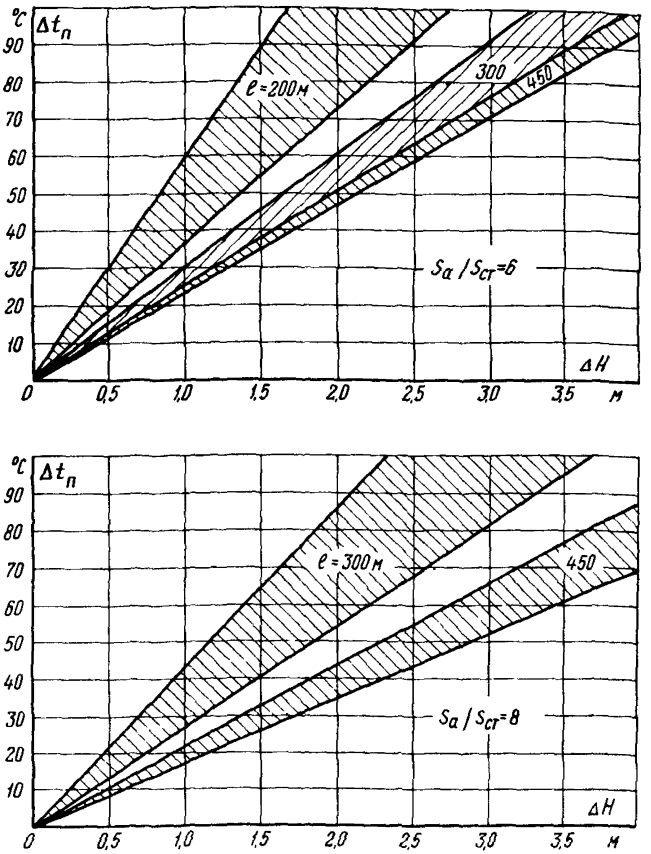
Измерения должны производиться весьма тщательно, так как их результаты определяют исходные данные для расчета допустимой температуры. Измерения желательно производить в безветренную облачную погоду, утром или вечером с тем, чтобы исключить влияние ветра и солнечной радиации.

Если измерения производятся на обесточенной линии, то температура провода принимается равной температуре воздуха. Если плотность тока в момент измерений составляет I А/мм^2 и менее, то температура проводе принимается на 5°С выше, чем температура воздуха. Если плотность тока в момент измерений более I А/мм^2, то температура провода при измерениях определяется из теплового баланса провода [см.формулы (6) - (10)].

В качестве допустимой температуры провода принимается наименьшая, полученная в результате расчетов по условию обеспечения расстояния ($H_{нор} - \Delta H_{дз}$) между проводом и землей или ($H_{нор} - H_{до}$) между проводом и пересекаемым объектом, но не более 90°С.

Для допустимой температуры провода по формулам (6) - (10) определяется предельная токовая нагрузка для различных метеорологических условий.

При скорости ветра более I,2 м/с расчет должен производиться по коэффициенту теплоотдачи конвекцией для ветра вдоль линии.



Зависимость увеличения ΔH в середине пролета от температуры провода и длины пролета для сталеалюминиевых проводов с соотношением сечения алюминия к стали ($S_a/S_{ст}$), равным 6 и 8:

$\Delta H = H_{изм} - (H_{нор} - \Delta H_д)$, где $H_{изм}$ - измеренный габаритный размер; $H_{нор}$ - нормированный габаритный размер; $\Delta H_д$ - допустимое снижение габаритного размера. Для ВЛ 110-150 кВ $\Delta H_д$ = = 0,5 м; для ВЛ 220-330 кВ $\Delta H_д$ = 1 м

3. РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНЫХ ТОКОВЫХ НАГРУЗОК

Расчет предельных токовых нагрузок в районах с высшей температурой воздуха ниже 45°С можно производить без учета влияния солнечной радиации. Поглощенная проводом энергия солнца в умеренных широтах может повысить температуру провода, работающего в диапазоне температур 60-70°С и более, всего на 2-3°С, что лежит в пределах точности расчета.

Ток в проводе (I ,А) при заданном значении перегрева по отношению к воздуху (Δt,°С) определяется из уравнения теплового баланса провода

$$I=\sqrt{\frac{(w_л+w_к)\Delta t}{R_t}}\ , \qquad (6)$$

где $w_л$ - коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием, Вт/(м.°С)

$$w_л=7{,}24\,\xi\,d\left(\frac{T_{ср}}{1000}\right)^3, \qquad (7)$$

где ξ - постоянная лучеиспускания; для проводов, находящихся в эксплуатации, принимается равной 0,6;

d - диаметр провода, см;

$T_{ср}$ - среднее значение между температурой провода и температурой воздуха, К

$$T_{ср}=\frac{t_п+t_в}{2}+273,$$

$w_к$ - коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/(м·°С).

$$w_к = 0{,}16\cdot d^{0{,}75}\,\Delta t^{\,0{,}3} \quad \text{при} \quad v<1{,}2 \text{ м/с} \qquad (8)$$

$$w_к = 1{,}1\sqrt{vd} \quad \text{при} \quad v\geq 1{,}2 \text{ м/с}, \qquad (9)$$

v - скорость ветра, направленного перпендикулярно проводу, м/с.

При скорости ветра более 1,2 м/с и направлении вдоль провода теплоотдача конвекцией уменьшается на 50%;

R_t - сопротивление провода при температуре t , Ом/м

$$R_t = \frac{R_{20}(1+\alpha' t)}{1,08} , \qquad (10)$$

где R_{20} - сопротивление провода при температуре 20°С, Ом/м;

α' - температурный коэффициент электрического сопротивления материала провода (для меди и алюминия принимается равным $0,004^{\circ}C^{-1}$).

В районах с температурой воздуха 45°С и выше при расчете предельных токовых нагрузок следует учитывать влияние солнечной радиации. В этом случае ток в проводе определяется по формуле

$$I = \sqrt{\frac{(w_л + w_к)\Delta t - q_р}{R_t}} \qquad (11)$$

где $Q_р = 100 \xi d q_c$ - количество поглощенного проводом тепла за счет солнечной радиации, Вт/м;

ξ - коэффициент поглощения принимается равным коэффициенту лучеиспускания;

q_c - суммарная солнечная радиация, $Вт/см^2$.

Суммарная солнечная радиация принимается по данным наблюдений метеорологических станций. Если нет данных о суммарной солнечной радиации для указанных районов летом ее следует принять по среднему значению 0,07 $Вт/см^2$. Зимой солнечная радиация не оказывает существенного влияния на предельные токовые нагрузки и ее можно не учитывать при расчетах.

Пример расчета допустимой температуры нагрева провода для ВЛ 110 и 330 кВ приведен в приложении 1 и 2.

Данные расчета токов в проводе при различных температурах провода и воздуха и различных направлениях ветра без учета солнечной радиации приведены в приложении 3.

Приложение I

ПРИМЕР РАСЧЕТА ДОПУСТИМОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПРОВОДА ДЛЯ ВЛ 110 кВ

Воздушная линия 110 кВ, выполненная проводами двух марок, проходит по населенной местности и пересекает железную, автомобильную дороги, линию связи, ВЛ 6 кВ. Перечень пересекаемых объектов приведен в табл.I.

Таблица I

Перечень пересекаемых объектов ВЛ 110 кВ

Номер пролета	Длина пролета,м	Марка провода	Стрела провеса на пересечении, м	Пересекаемый объект	Расстояние от провода до пересекаемого объекта, м	Нормированный габаритный размер,м	Расстояние от опоры до пересекаемого объекта,м
I-2	250	АС 150/24	5,4	Железная дорога	8,0	7,5	80
2-3	161	АС 150/24	3,0	То же	9,0	7,5	62
5-6	200	АС 150/24	4,1	Автомобильная дорога	10,5	7,0	Середина пролета
9-10	172	М 95	4,2	Линия связи	4,5	3,0	То же
18-19	144	М 95	3,0	ВЛ 6 кВ	3,5	3,0	-"-
24-25	202	АС 150/24	6,0	Линия связи	4,7	4,0	-"-

Остальные пролеты, в которых нет пересечений, имеют достаточные расстояния между проводом и землей и не ограничивают допустимую температуру провода по указанному условию.

Анализируя данные табл.I, можно сделать вывод, что в пролетах 2-3; 5-6 и 9-10 длиной менее 200 м имеется достаточное расстояние между проводом и землей (ΔH = 2 м и более), следователь-

но, в этих пролетах нет ограничений допустимой температуры провода по указанному условию. Проверке подлежат пролеты I-2, I8-I9 и 24-25.

В этих пролетах произведены измерения расстояний между проводом и землей, результаты которых приведены в табл.2.

I. Определение температуры провода при измерениях расстояний между проводом и землей

I.I. Провод АС I50/24, d = I,7I см, R_{20} = 0,I98·I0^{-3} Ом/м.

Температура провода определяется подбором. Задаваясь температурой провода, определяются количество выделенного в проводе и отведенного тепла, равенство которых подтверждает правильный выбор температуры провода.

После нескольких предварительных расчетов температура провода принимается равной 30,7°С и по формулам (6) - (I0) проверяется правильность принятой температуры.

Перегрев провода по отношению к воздуху $\Delta t = t_п - t_в$ = 30,7 - - 22 = 8,7 °С, где $t_в$ - температура воздуха, °С.

Сопротивление провода при температуре 30,7 °С определяется по формуле (I0)

$$R_{30,7} = \frac{0,I98 \cdot I0^{-3}\ (I + 0,004 \cdot 30,7)}{I,08} = 0,206 \cdot I0^{-3}\ \text{Ом/м}.$$

Среднее значение между температурой провода и температурой воздуха равно:

$$T_{ср} = \frac{30,7 + 22}{2} + 273 = 299,35\ \text{К}.$$

Коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием определяется по по формуле (7)

$$w_л = 7,24 \cdot 0,6 \cdot I,7I \left(\frac{299,35}{I000}\right)^3 = 0,I99\ \text{Вт/(м} \cdot °\text{С)}.$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией определяется по формуле (9)

$$w_к = 1{,}1 \sqrt{5 \cdot 1{,}71} = 3{,}216 \text{ Вт/(м} \cdot {}^\circ\text{C)}.$$

Количество выделенного в проводе тепла

$$I^2 R_{30,7} = 380^2 \cdot 0{,}206 \cdot 10^{-3} = 29{,}7 \text{ Вт/м}.$$

Количество отведенного тепла

$$(w_л + w_к)\Delta t = (0{,}199 + 3{,}216)\ 8{,}7 = 29{,}7 \text{ Вт/м}.$$

Количество выделенного в проводе тепла равно количеству отведенного тепла, следовательно, провод находится в состоянии теплового равновесия при перегреве его по отношению к окружающему воздуху на $8{,}7^\circ$C.

1.2. Провод М 95, $d = 1{,}25$ см, $R_{20} = 0{,}2 \cdot 10^{-3}$ Ом/м.

После нескольких предварительных расчетов температура провода принимается равной 32,4 °С и проверяется правильность выбранной температуры.

$$\Delta t = 32{,}4 - 22 = 10{,}4\ {}^\circ\text{C}$$

$$R_{32,4} = \frac{0{,}2 \cdot 10^{-3}\ (1 + 0{,}004 \cdot 32{,}4)}{1{,}08} = 0{,}209 \cdot 10^{-3} \text{ Ом/м};$$

$$T_{ср} = \frac{32{,}4 + 22}{2} + 273 = 300{,}2 \text{ К};$$

$$w_л = 7{,}24 \cdot 0{,}6 \cdot 1{,}25 \left(\frac{300{,}2}{1000}\right)^3 = 0{,}146 \text{ Вт/(м} \cdot {}^\circ\text{C)};$$

$$w_к = 1{,}1 \sqrt{5 \cdot 1{,}25} = 2{,}75 \text{ Вт/(м} \cdot {}^\circ\text{C)};$$

$$I^2 R_{32,4} = 380^2 \cdot 0{,}209 \cdot 10^{-3} = 30{,}1 \text{ Вт/м};$$

$$(w_л + w_к)\Delta t = (0{,}146 + 2{,}75)\ 10{,}4 = 30{,}1 \text{ Вт/м}.$$

Таблица 2

Результаты измерений стрел провеса и габаритных размеров на ВЛ 110 кВ

Номер пролета	Длина пролета, м	Марка провода	Стрела провеса на пересечении, м	Пересекаемый объект	Измеренное расстояние между проводом и пересекаемым объектом, м	ΔH, м	Расстояние от опоры до пересекаемого объекта, м	Токовая нагрузка при измерениях, А	Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с
I-2	250	АС 150/24	5,3	Железная дорога	7,9	I,4	80	380	22	5
I8-I9	I44	М-95	3,I	ВЛ 6 кВ	3,5	I,5	Середина пролета	380	22	5
24-25	202	АС 150/24	5,75	Линия связи	4,2	I,2	То же	380	22	5

Количество выделенного в проводе тепла равно количеству отведенного тепла, следовательно, состояние теплового равновесия достигается при перегреве провода по отношению к окружающему воздуху на $10{,}4\,^{\circ}C$.

2. Определение допустимой температуры нагрева провода по условию расстояния между проводом и землей

2.I. Пролет I-2, пересекаемый объект (железная дорога) находится в пролете, ограниченном анкерными опорами на расстоянии 80 м от опоры. Допустимая температура нагрева провода по условию расстояния между проводом и полотном железной дороги определяется по формуле (2).

Для провода АС 150/24 $\gamma_1 = 34{,}6 \cdot 10^{-3}$ Н/(м · мм^2); $E = 82{,}5 \cdot 10^3$ МПа; $\alpha = 19{,}2 \cdot 10^{-6}\ ^{\circ}C^{-1}$

$$t_y = 30{,}7 + \frac{1{,}4 \cdot 250^2}{4 \cdot 19{,}2 \cdot 10^{-6} \cdot 80 (250-80)} \left[\frac{2 \cdot 34{,}6 \cdot 10^{-3} \cdot 80^2 (250-80)^2}{82{,}5 \cdot 10^3 \cdot 250^2 \cdot 5{,}3\ (5{,}3+1{,}4)} + \right.$$

$$\left. + \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot 5{,}3 + 1{,}4}{80\ (250 - 80)} \right] = 85{,}7\ ^{\circ}C.$$

2.2. Пролет I8-I9, пересекаемый объект ВЛ 6 кВ находится в середине пролета, ограниченного анкерными опорами, допустимая температура по условию расстояния между проводом и землей определяется по формуле (I).

Для провода М 95 $\gamma_1 = 90 \cdot I0^{-3}$ Н/(м · мм^2); $E = I30 \cdot I0^3$ МПа;

$$\alpha = I7 \cdot I0^{-6}\ {}^{o}C^{-I}$$

$$tg = 32,5 + \frac{I,5}{I7 \cdot I0^{-6}} \left[\frac{90 \cdot I0^{-3} \cdot I44^2}{8 \cdot I30 \cdot I0^3 \cdot 3,I\ (3,I + I,5)} + \right.$$

$$\left. + \frac{8}{3} \cdot \frac{2 \cdot 3,I + I,5}{I44^2} \right] = I3I\ {}^{o}C.$$

2.3. Пролет 24-25, пересекаемый объект (линия связи) находится в середине пролета, ограниченного анкерными опорами, провод АС I50/24. Допустимая температура tg определяется по формуле (I)

$$tg = 30,7 + \frac{I,2}{I9,2 \cdot I0^{-6}} \left[\frac{34,6 \cdot I0^{-3} \cdot 202^2}{8 \cdot 82,5 \cdot I0^3 \cdot 5,75\ (5,75+I,2)} + \right.$$

$$\left. + \frac{8}{3} \cdot \frac{2 \cdot 5,75 + I,2}{202^2} \right] = 85,9\ {}^{o}C.$$

Для провода АС I50/24 по условию расстояния между проводом и землей в пролете I-2 допускается температура провода 85°С. Для провода М 95 нет ограничений по расстоянию между проводом и землей и его температура принимается равной 90°С.

3. Расчет предельных токовых нагрузок ВЛ

3.I. Расчет предельного тока при $v < I,2$ м/с и температуре воздуха 0°С.

Провод АС I50/24, $t_n = 85^{o}C$, $t_в = 0^{o}C$, $\Delta t = 85^{o}C$

$$R_{85} = \frac{0,I98 \cdot I0^{-3}\ (I + 0,004 \cdot 85)}{I,08} = 0,246 \cdot I0^{-3}\ \text{Ом/м}$$

$$T_{ср} = \frac{85}{2} + 273 = 3I5,5\ K$$

$$w_л = 7{,}24 \cdot 0{,}6 \cdot I{,}7I \left(\frac{3I5{,}5}{I000}\right)^3 = 0{,}234 \text{ Вт/(м} \cdot {}^\circ\text{C)}$$

$$w_к = 0{,}I6 \cdot I{,}7I^{0{,}75} \cdot 85^{0{,}3} = 0{,}906 \text{ Вт/(м} \cdot {}^\circ\text{C)}$$

$$I = \sqrt{\frac{(0{,}234 + 0{,}906)\ 85}{0{,}246 \cdot I0^{-3}}} = 627 \text{ А}.$$

Провод М 95, $t_п = 90^\circ$C, $t_в = 0^\circ$C, $\Delta t = 90^\circ$C

$$R_{g0} = \frac{0{,}2 \cdot I0^{-3}\ (I + 0{,}004 \cdot 90)}{I{,}08} = 0{,}252 \cdot I0^{-3} \text{ Ом/м}$$

$$T_{ср} = \frac{90}{2} + 273 = 3I8 \text{ К}$$

$$w_л = 7{,}24 \cdot 0{,}6 \cdot I{,}25 \left(\frac{3I8}{I000}\right)^3 = 0{,}I73 \text{ Вт/(м} \cdot {}^\circ\text{C)}$$

$$w_к = 0{,}I6 \cdot I{,}25^{0{,}75} \cdot 90^{0{,}3} = 0{,}723 \text{ Вт/(м} \cdot {}^\circ\text{C)}$$

$$I = \sqrt{\frac{(0{,}I73 + 0{,}723)\ 90}{0{,}252 \cdot I0^{-3}}} = 566 \text{ А}.$$

Предельная токовая нагрузка линий должна определяться по медному проводу, имеющему меньшую пропускную способность.

3.2. Расчет предельного тока при скорости ветра 5 м/с и температуре воздуха 0°C для провода М 95.

Теплоотдача лучеиспускания принимается по предыдущему расчету.

Теплоотдача конвекцией при направлении ветра вдоль провода

$$w_к = 0{,}5 \cdot I{,}I \sqrt{5 \cdot I{,}25} = I{,}375 \text{ Вт/(м} \cdot {}^\circ\text{C)}$$

$$I = \sqrt{\frac{(0{,}I73 + I{,}375)\ 90}{0{,}252 \cdot I0^{-3}}} = 740 \text{ А}.$$

Предельный ток оказался выше нормированного, что позволяет увеличить передаваемую мощность при температуре 0°С и при $v < 1{,}2$ м/с на 35%, а при $v = 5$ м/с на 78%.

Приложение 2

ПРИМЕР РАСЧЕТА ДОПУСТИМОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПРОВОДА ДЛЯ ВЛ 330 кВ

Воздушная линия напряжением 330 кВ выполнена с расщепленными проводами 2хАС 400/64 и проходит по ненаселенной местности, пересекает две дороги, а также ВЛ I0 кВ и ВЛ II0 кВ. Перечень пересекаемых объектов приведен в табл.3.

Таблица 3

Перечень пересекаемых объектов ВЛ 330 кВ

Номер пролета	Длина пролета, м	Стрела провеса, м	Пересекаемый объект	Расстояние от провода до пересекаемого объекта, м	Нормированный габаритный размер, м	Расстояние от опоры до пересекаемого объекта, м
2-3	355	9,2	Дорога	I0	8,5	I28
5-6	252	I,03	ВЛ II0 кВ	6,I	5,0	28
7-8	400	9,8	ВЛ I0 кВ	7,5	6,0	68
I7-I8	275	2,6	ВЛ I0 кВ	5,2	5,0	37
2I-22	400	5,8	ВЛ I0 кВ	II	5,0	20
26-27	425	I0,0	Земля	I0,I	7,5	2I2
36-37	459	9,5	Дорога	I2	8,5	I28

Остальные пролеты, в которых нет пересечений, имеют достаточные расстояния между проводом и землей и не ограничивают допустимую температуру провода по указанному условию.

Анализируя данные табл.3, можно сделать вывод, что в пролетах 5-6, 7-8 и 2I-22 длиной 400 м и менее расстояние между про-

водом и пересекаемым объектом достаточное и не ограничивает допустимую температуру провода по указанному условию. Проверке подлежат пролеты 2-3, I7-I8, 26-27 и 36-37. В этих пролетах произведены измерения расстояний между проводом и пересекаемым объектом, результаты измерений приведены в табл.4.

Таблица 4

Результаты измерений стрел провеса и габаритных размеров на ВЛ 330 кВ

Номер пролета	Длина приведенного пролета, м	Длина пролета, м	Марка провода	Стрела провеса на пересечении, м	Пересекаемый объект	Измеренное расстояние от провода до пересекаемого объекта, м	ΔH, м	Расстояние от опоры до пересекаемого объекта, м	Токовая нагрузка при измерениях, А	Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с
2-3	334	355	АС 400/64	9,42	Дорога	9,89	2,30	I28	790	0	3
I7-I8	320	275	-"-	2,46	ВЛ I0 кВ	5,00	I,00	37	790	0	3
26-27	378	425	-"-	I0,50	Земля	9,55	3,05	Середина пролета	790	0	3
36-37	408	459	-"-	I0,06	Дорога	II,76	4,26	I28	790	0	3

I. Определение температуры провода при измерениях расстояний между проводом и землей или между проводом и пересекаемым объектом

Ток в проводе при измерениях равен 395 А, плотность его менее I А/мм^2, следовательно, температура провода на 5°С выше температуры воздуха и принимается равной 5°С.

2. Определение допустимой температуры нагрева провода по условию расстояния между проводом и землей или между проводом и пересекаемым объектом

Все рассматриваемые пролеты ограничены промежуточными опорами, $\gamma_1 = 34{,}6 \cdot I0^{-3}$ Н/(м · мм^2), $E = 82{,}5 \cdot I0^3$ МПа, $\alpha = I9{,}2 \cdot I0^{-6}$°С$^{-I}$.

2.I. Пролет 2-3, tg определяется по формуле (4)

$$tg = 5 + \frac{2,3 \cdot 334^2}{4 \cdot 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 128(355-128)} \left[\frac{2 \cdot 34,6 \cdot 10^{-3} \cdot 128^2 (355-128)^2}{82,5 \cdot 10^3 \cdot 9,42 \cdot 334^2 (9,42+2,3} + \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot 9,42 + 2,3}{128\ (355 - 128)} \right] = 66,3\ ^{\circ}C.$$

2.2. Пролет 17-18, tg определяется по формуле (4)

$$tg = 5 + \frac{1 \cdot 320^2}{4 \cdot 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 37(275-37)} \left[\frac{2 \cdot 34,6 \cdot 10^{-3} \cdot 37^2 (275}{82,5 \cdot 10^3 \cdot 2,46 \cdot 320^2 (2,46+1)} + \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot 2,46 + 1}{37\ (275 - 37)} \right] = 34,2^{\circ}C.$$

2.3. Пролет 26-27, tg определяется по формуле (3)

$$tg = 5 + \frac{3,05 \cdot 378^2}{19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 425^2} \left[\frac{21,6 \cdot 10^{-3} \cdot 425^4}{8 \cdot 82,5 \cdot 10^3 \cdot 10,5 \cdot 378^2 (10,5} + \frac{8}{3} \cdot \frac{2 \cdot 10,5 + 3,05}{425^2} \right] = 60^{\circ}C.$$

2.4. Пролет 36-37, tg определяется по формуле (4)

$$tg = 5 + \frac{4,26 \cdot 408^2}{4 \cdot 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 128(459-128)} \left[\frac{2 \cdot 34,6 \cdot 10^{-3} \cdot 128^2 (459-128)^2}{82,3 \cdot 10^3 \cdot 10,06 \cdot 408^2 (10,06+4,26)} + \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot 10,06 + 4,26}{128\ (459 - 128)} \right] = 102^{\circ}C.$$

По условию расстояния между проводом и землей определяющим является пролет 26-27, в котором допустимая температура нагрева провода равна 60°С.

Предельные токовые нагрузки по условию нагрева проводов для провода АС 400/64 приведены в приложении 3.

ДОПУСТИМЫЕ ТОКОВЫЕ

Допустимые токовые нагрузки для
выполненных по ГОСТ 839-80, при
Температура

Марка провода	Токовая нагрузка, А,								
	0				2				
	Температура								
	-20	0	20	40	-20	0	20	40	-20
АС 25/4,2	210	185	160	130	230	210	190	160	270
АС 35/6,2	265	245	210	170	300	270	245	210	350
АС 50/8,0	325	290	255	210	360	325	290	245	420
АС 70/11	420	375	225	265	445	405	360	310	520
АС 95/16	525	475	405	335	555	505	450	380	640
АС 120/19	620	550	475	390	635	585	515	440	735
АС 150/19	720	645	550	450	730	665	595	505	850
АС 150/24	725	650	560	455	740	670	600	505	855
АС 185/24	850	755	650	540	860	770	690	590	990
АС 185/29	835	750	645	530	840	765	680	580	970
АС 205/27	900	810	700	575	910	830	735	625	1050
АС 240/32	1020	910	830	645	1020	920	830	700	1185
АС 240/39	1005	900	775	640	1010	910	810	690	1150
АС 300/39	1195	1060	920	750	1190	1065	940	810	1350
АС 300/48	1175	1055	910	745	1175	1055	940	800	1330
АС 330/30	1260	1125	975	860	1260	1125	990	860	1425
АС 330/43	1265	1140	975	800	1265	1140	990	855	1420
АС 400/64	1425	1275	1095	905	1425	1275	1125	940	1590
АС 450/56	1525	1360	1180	970	1525	1360	1195	1010	1690
АС 500/27	1625	1450	1255	1030	1625	1450	1270	1085	1800
АС 500/64	1670	1485	1285	1060	1670	1485	1300	1110	1835
АС 600/72	1830	1665	1440	1185	1860	1665	1445	1235	2040
М 50	415	370	315	260	450	405	360	310	520
М 70	515	460	395	320	550	500	440	380	640
М 95	650	575	500	410	680	620	550	470	895
М 120	755	675	580	475	780	710	635	540	910
М 150	890	795	695	565	910	830	740	630	1055
М 185	1030	920	800	655	1050	955	850	720	1250

Приложение 3

НАГРУЗКИ ПРОВОДОВ

Таблица 5

сталеалюминиевых и медных проводов,
ветре, направленном параллельно проводу
провода 90°С

при скорости ветра, м/с										
4			6				8			
воздуха, °С										
0	20	40	-20	0	20	40	-20	0	20	40
250	215	185	300	275	240	200	320	290	255	210
320	280	240	385	350	310	265	410	390	330	280
380	335	285	455	410	370	310	485	440	390	330
460	415	350	565	515	455	385	605	550	485	410
585	520	440	700	635	565	580	750	680	585	515
670	595	500	810	735	645	550	860	780	690	585
770	690	580	925	840	745	625	990	900	800	715
775	690	585	935	850	750	635	1010	905	805	680
900	800	675	1070	975	870	730	1150	1045	925	795
880	785	665	1060	960	855	715	1135	1030	910	775
950	800	720	1145	1045	920	780	1240	1105	980	830
1165	940	805	1270	1160	1030	870	1355	1235	1095	925
1060	930	790	1260	1145	1076	860	1345	1225	1100	850
1225	1090	920	1465	1335	1175	1005	1555	1420	1255	1070
1215	1145	915	1450	1320	1170	965	1550	1405	1245	1060
1350	1220	980	1550	1415	1255	1055	1650	1505	1335	1130
1305	1220	980	1550	1415	1325	1060	1650	1510	1330	1130
1400	1365	1095	1730	1575	1400	1185	1830	1675	1470	1260
1640	1370	1165	1840	1680	1490	1265	1960	1785	1580	1340
1660	1455	1240	1960	1785	1580	1340	2085	1900	1680	1475
1855	1485	1265	2000	1815	1610	1370	1120	1935	1715	1435
470	1655	1405	2290	2020	1790	1520	2360	2145	1905	1615
570	420	360	570	520	460	390	615	555	490	415
605	515	435	700	635	560	475	745	680	600	510
720	640	540	870	785	700	540	925	835	740	630
830	730	620	995	905	800	680	1055	960	850	720
960	850	920	1150	1050	930	785	1230	1115	990	840
1100	980	825	1325	1200	1065	905	1410	1275	1140	965

Допустимые токовые нагрузки для
выполненных по ГОСТ 839-80, при

Температура

Марка провода	Токовая нагрузка, А,								
	0				2				
	Температура								
	-20	0	20	40	-20	0	20	40	-20
АС 25/4,2	200	I75	I45	II5	225	205	I75	I45	265
АС 35/6,2	260	230	I95	I50	290	260	230	I90	340
АС 50/8,0	3I5	275	235	I85	345	3I0	270	225	405
АС 70/II	400	350	295	235	430	385	340	280	500
АС 95/I6	507	445	375	295	535	480	420	345	620
АС I20/I9	590	5I5	440	345	6I5	555	485	400	7I0
АС I50/I9	685	605	5I0	400	705	635	555	460	820
АС I50/24	690	6I0	5I5	405	7I0	640	560	460	825
АС I85/24	8I0	7I0	600	475	825	740	650	535	955
АС I85/29	795	700	595	470	8I0	730	640	525	940
АС 205/27	865	760	645	5I0	875	790	690	570	I0I0
АС 240/32	970	855	725	572	975	880	770	635	II25
АС 240/39	960	845	7I5	565	965	870	760	625	III5
АС 300/39	II30	995	845	665	II25	I0I5	890	735	I295
АС 300/48	II20	985	835	660	III5	I005	880	725	I285
АС 330/30	I205	I060	900	7I0	II90	I075	940	775	I375
АС 330/43	I205	I060	900	7I0	II90	I075	940	775	I375
АС 400/64	I385	II96	I995	765	I355	I200	I090	830	I560
АС 450/56	I455	I280	I085	860	I4I5	I280	II20	925	I635
АС 500/27	I550	I365	II55	9I5	I505	I360	II90	985	I735
АС 500/64	I585	I395	II85	940	I535	I390	I2I5	I005	I770
АС 600/72	I775	I565	I330	I050	I7I0	I545	I355	II20	I965
М 50	395	345	290	230	435	390	340	280	505
М 70	490	430	365	285	530	480	4I5	345	620
М 95	620	545	460	365	660	595	5I5	425	765
М I20	720	635	535	420	755	680	595	490	880
М I50	850	745	630	495	880	790	690	570	I020
М I85	985	865	735	580	I0I0	9I0	795	655	II70

Таблица 6

сталеалюминиевых и медных проводов,
ветре, направленном параллельно проводу
провода 80°С

при скорости ветра, м/с										
4			6				8			
воздуха, °С										
0	20	40	-20	0	20	40	-20	0	20	40
235	205	170	290	260	230	185	310	280	240	200
305	265	220	370	335	290	240	400	355	310	255
360	315	260	440	395	345	285	470	425	370	300
450	390	320	550	495	430	350	585	526	457	375
560	485	400	680	610	530	435	725	650	565	465
640	560	460	780	700	610	500	830	745	650	535
735	640	530	895	805	700	575	955	860	745	615
740	645	530	900	810	705	580	960	865	755	620
860	750	615	1040	935	815	670	1110	1000	870	715
845	735	605	1025	920	805	660	1095	985	855	705
910	795	655	1105	995	865	710	1180	1060	925	760
1015	885	730	1230	1110	965	795	1310	1180	1030	845
1005	875	720	1215	1095	955	785	1295	1165	955	785
1170	1020	840	1415	1275	1110	915	1510	1355	1180	970
1160	1010	830	1405	1260	1100	905	1495	1345	1170	965
1240	1080	890	1500	1350	1180	970	1600	1440	1255	1030
1240	1080	890	1500	1350	1175	965	1595	1435	1250	1030
1390	1190	965	1695	1505	1296	1050	1805	1605	1380	1120
1470	1285	1060	1780	1605	1400	1150	1895	1705	1485	1220
1565	1365	1125	1890	1705	1485	1220	2015	1810	1580	1300
1595	1395	1150	1930	1735	1515	1245	2055	1850	1610	1325
1770	1550	1275	2140	1930	1685	1385	2280	2050	1790	1470
455	395	325	555	500	435	355	595	530	465	380
555	485	395	675	610	530	435	720	650	565	465
690	600	490	840	755	655	540	895	805	700	575
790	690	565	960	865	755	620	1025	920	800	650
915	800	655	1115	1005	875	715	1190	1070	930	765
1055	920	755	1280	1150	1000	825	1365	1225	1070	875

Допустимые токовые нагрузки для
выполненных по ГОСТ 839-80, при

Температура

Марка провода	Токовая нагрузка, А,								
	0				2				
	Температура								
	-20	0	20	40	-20	0	20	40	-20
АС 25/4,2	175	150	115	75	205	180	150	105	240
АС 35/6,2	235	195	155	100	265	230	190	135	310
АС 50/8,0	280	235	185	125	315	275	225	160	370
АС 70/11	355	300	235	155	395	345	285	200	460
АС 95/16	450	380	300	200	490	425	350	250	570
АС 120/19	525	440	350	230	560	490	405	290	655
АС 150/19	610	515	405	270	645	565	465	330	750
АС 150/24	615	520	410	270	650	570	470	335	755
АС 185/24	720	610	480	320	750	655	540	385	875
АС 185/29	710	600	470	315	740	645	535	380	860
АС 205/27	770	650	510	340	800	700	575	410	930
АС 240/32	865	730	575	385	890	770	640	460	1035
АС 240/39	854	720	570	380	880	770	635	455	1020
АС 300/39	1005	850	670	445	1025	900	740	530	1190
АС 300/48	1000	845	665	440	1015	890	735	525	1180
АС 330/30	1070	905	715	475	1090	950	785	560	1260
АС 330/43	1070	905	715	475	1090	950	785	560	1260
АС 400/64	1235	1025	790	510	1240	1065	860	605	1430
АС 450/56	1295	1095	865	575	1295	1130	935	670	1495
АС 500/27	1375	1165	920	615	1375	1205	995	710	1590
АС 500/64	1410	1195	940	630	1405	1230	1015	725	1620
АС 600/72	1580	1340	1055	705	1560	1365	1125	805	1800
М 50	350	295	230	155	395	345	285	205	465
М 70	465	370	290	190	485	425	350	250	565
М 95	550	465	365	240	605	525	435	310	702
М 120	640	540	425	280	695	605	495	355	805
М 150	755	635	500	330	805	700	580	415	935
М 185	875	740	585	385	925	805	665	475	1075

Таблица 7

сталеалюминиевых и медных проводов,
ветре, направленном параллельно проводу

провода 60°С

при скорости ветра, м/с										
4			6				8			
воздуха, °С										
0	20	40	-20	0	20	40	-20	0	20	40
210	175	125	265	230	190	135	285	245	205	145
270	220	160	340	300	245	175	365	320	260	185
320	265	185	405	355	290	205	435	375	310	220
400	330	235	505	440	360	255	540	470	385	275
495	405	290	625	545	445	315	665	580	475	340
570	465	330	715	620	510	365	765	665	545	385
655	540	385	820	715	585	420	880	765	625	445
660	540	385	830	720	590	420	885	770	630	450
760	625	445	955	830	685	485	1020	890	790	520
750	615	440	940	820	675	480	1005	875	715	510
810	665	475	1015	885	725	515	1085	940	775	550
900	740	530	1130	985	810	575	1205	1050	860	610
890	730	520	1115	970	800	570	1190	1035	850	605
1035	856	610	1300	1130	930	660	1385	1205	990	705
1025	845	600	1290	1120	920	655	1375	1195	980	700
1100	905	645	1375	1200	985	700	1470	1280	1050	745
1100	905	645	1375	1200	985	700	1465	1275	1050	745
1230	995	700	1555	1340	1090	765	1660	1430	1160	815
1305	1075	765	1635	1423	1170	835	1740	1515	1245	885
1385	1140	815	1735	1510	1240	885	1850	1610	1380	940
1415	1165	830	1770	1540	1265	905	1885	1640	1350	960
1570	1295	925	1960	1710	1405	1000	2090	1820	1495	1065
405	330	235	510	445	365	260	545	475	390	275
495	405	290	620	540	445	315	665	580	475	335
610	500	355	770	670	550	390	685	715	585	415
700	575	410	885	770	630	450	945	820	675	480
815	670	475	1025	890	730	520	1095	950	780	555
935	770	545	1175	1025	840	595	1255	1090	895	635

Допустимые токовые нагрузки для
выполненных по ГОСТ 839-80, при

Марка провода	Температура провода 40°С											
	Токовая нагрузка, А,											
	0			2			4			6		
	Температура											
	-20	0	20	-20	0	20	-20	0	20	-20	0	20
АС 25/4,2	150	120	80	185	150	110	215	175	125	240	195	140
АС 35/6,2	200	155	105	235	195	140	280	230	160	305	250	180
АС 50/8,0	240	190	125	280	230	165	330	270	190	360	295	210
АС 70/11	305	240	155	350	290	205	410	335	240	450	370	260
АС 95/16	385	305	200	435	360	255	505	415	295	555	455	325
АС 120/19	450	350	230	500	410	290	580	475	340	635	525	370
АС 150/19	520	410	270	575	470	335	670	550	390	735	600	435
АС 150/24	525	415	275	580	475	340	675	555	395	740	605	430
АС 185/24	615	485	320	670	550	390	480	640	455	850	700	500
АС 185/29	605	475	315	660	540	385	765	630	445	840	690	490
АС 205/27	660	515	340	710	585	415	825	680	485	905	740	525
АС 240/32	740	580	385	790	650	465	920	755	540	1005	825	585
АС 240/39	730	575	380	780	645	460	910	745	530	995	815	580
АС 300/39	860	680	450	910	750	535	1060	870	620	1155	950	675
АС 300/48	855	670	445	905	745	530	1050	860	615	1145	940	670
АС 330/30	915	720	475	965	795	570	1120	920	655	1225	1005	715
АС 330/43	920	720	480	965	795	570	1120	920	655	1225	1005	715
АС 400/64	1060	815	525	1100	890	620	1265	1025	720	1380	1120	790
АС 450/56	1105	870	580	1150	945	675	1330	1095	780	1455	1195	850
АС 500/27	1180	925	615	1220	1005	720	1410	1160	825	1545	1270	900
АС 500/64	1210	950	630	1245	1025	735	1440	1185	845	1575	1290	920
АС 600/72	1355	1065	705	1385	1140	815	1600	1315	935	1745	1435	1020
М 50	300	235	155	355	290	205	415	340	240	455	375	265
М 70	375	295	195	430	355	255	505	415	295	555	455	325
М 95	470	370	245	535	440	315	625	515	365	685	565	400
М 120	550	430	285	615	505	360	720	590	420	790	645	460
М 150	645	505	335	715	590	420	835	685	485	915	750	530
М 185	750	590	390	820	675	480	955	785	560	1045	860	610

Таблица 8

сталеалюминиевых и медных проводов,
ветре, направленном параллельно проводу

	Температура провода 20°С											
при скорости ветра, м/с												
8			0		2		4		6		8	
воздуха, °С												
-20	0	20	-20	0	-20	0	-20	0	-20	0	-20	0
255	210	150	120	80	155	110	180	130	200	140	215	150
325	270	190	160	105	200	140	235	165	260	185	275	195
385	315	225	190	125	235	170	280	195	305	215	325	230
480	395	280	245	160	295	210	345	245	380	270	405	285
595	490	345	310	200	365	260	425	305	470	335	500	355
680	560	395	355	235	420	300	490	350	535	380	575	410
785	640	455	415	275	480	345	560	400	615	440	610	470
790	645	460	420	275	485	345	565	405	620	440	665	470
910	745	530	490	325	560	400	655	465	715	510	765	545
895	735	520	485	320	555	395	645	460	705	500	755	535
965	790	560	525	345	595	425	695	495	760	540	815	575
1075	880	625	590	390	665	475	775	550	845	600	905	640
1060	870	620	585	385	655	470	765	545	835	595	895	635
1235	1015	720	685	455	765	545	890	635	975	690	1040	740
1225	1005	715	680	450	760	540	880	625	965	685	1030	730
1310	1075	765	730	480	810	580	940	670	1030	735	1100	785
1305	1070	760	730	480	810	575	940	670	1030	735	1100	780
1475	1195	840	845	545	920	645	1065	745	1160	815	1230	870
1550	1270	905	885	580	965	690	1115	795	1225	870	1305	925
1645	1350	960	940	620	1025	730	1185	845	1300	920	1385	985
1680	1375	980	965	635	1045	745	1210	860	1325	940	1410	1005
1860	1530	1090	1080	715	1160	825	1345	955	1470	1045	1565	1115
485	400	285	240	155	300	210	350	250	385	270	410	290
595	485	345	300	195	365	260	425	300	470	330	500	355
735	600	425	375	245	450	320	525	375	580	410	620	440
840	690	490	440	285	520	370	605	430	665	470	710	505
975	800	570	515	340	600	430	700	500	770	545	820	585
1120	915	650	600	395	690	490	805	570	880	625	940	670

Допустимые токовые нагрузки для
выполненных по ГОСТ 839-80, при

Температура

Марка провода	Токовая нагрузка, А,								
	0				2				
	Температура								
	-20	0	20	40	-20	0	20	40	-20
АС 25/4,2	210	185	155	130	320	285	255	215	315
АС 35/6,2	270	245	210	170	410	370	330	280	485
АС 50/8,0	330	290	255	205	485	440	390	330	570
АС 70/11	420	370	320	265	605	550	485	410	710
АС 95/16	530	470	405	335	750	680	600	510	880
АС 120/19	615	550	475	390	860	780	690	585	1005
АС 150/19	720	640	555	450	985	895	790	675	1155
АС 150/24	725	645	560	455	995	905	800	680	1165
АС 185/24	850	755	650	535	1145	1040	925	785	1345
АС 185/29	835	750	645	530	1130	1030	910	770	1325
АС 205/27	910	805	695	575	1220	1107	980	830	1425
АС 240/32	1015	905	785	695	1355	1235	1095	925	1585
АС 240/39	1005	995	775	635	1340	1220	1080	915	1570
АС 300/39	1185	1055	915	750	1560	1415	1255	1065	1825
АС 300/48	1175	1045	905	745	1545	1405	1245	1060	1810
АС 330/30	1260	1095	975	800	1655	1475	1335	1130	1935
АС 330/43	1265	1125	975	800	1650	1470	1330	1130	1930
АС 400/64	1425	1270	1100	905	1840	1675	1485	1260	2155
АС 450/56	1520	1360	1175	970	1960	1785	1580	1340	2290
АС 500/27	1625	1449	1255	1030	2005	1895	1680	1425	2435
АС 500/64	1660	1450	1285	1060	2125	1935	1715	1455	2480
АС 600/72	1860	1660	1440	1187	1860	2145	1905	1615	2750
М 50	410	365	315	260	612	555	490	415	720
М 70	515	455	395	322	745	680	600	510	815
М 95	650	575	500	410	925	840	740	630	1085
М 120	755	670	580	475	1060	960	850	720	1245
М 150	890	790	685	560	1230	1115	990	840	1440
М 185	1030	920	795	655	1410	1280	1135	960	1655

Таблица 9

сталеалюминиевых и медных проводов,
ветре, направленном перпендикулярно проводу

провода 90°С

при скорости ветра, м/с

4			6				8			
воздуха, °С										
0	20	40	-20	0	20	40	-20	0	20	40
340	300	250	415	375	330	280	445	400	355	300
435	385	325	530	485	425	360	570	515	455	390
520	455	385	630	570	505	425	675	610	440	455
645	570	480	815	710	625	530	835	760	670	565
800	705	595	970	875	725	655	1035	940	830	700
915	805	685	1110	1005	885	750	1185	1075	950	800
1050	930	785	1275	1155	1020	860	1360	1235	1090	925
1565	935	790	1280	1160	1025	865	1370	1240	1100	925
1220	1080	915	1475	1340	1185	955	1580	1435	1265	1080
1200	1060	900	1455	1320	1165	985	1560	1415	1275	1055
1295	1145	970	1570	1425	1255	1065	1680	1520	1345	1135
1440	1275	1080	1745	1580	1395	1185	1870	1690	1495	1260
1425	1260	1065	1725	1565	1380	1170	1845	1670	1475	1250
1650	1465	1490	1870	1815	1610	1360	2145	1945	1720	1450
1640	1450	1280	1985	1800	1595	1350	2125	1920	1705	1440
1755	1550	1315	2125	1925	1705	1440	2270	2060	1820	1540
1755	1550	1310	2120	1920	1700	1435	2270	2055	1815	1537
1955	1730	1465	2365	2145	1895	1605	2525	2290	2025	1715
2080	1840	1560	2365	2280	2020	1705	2690	2460	2155	1825
2210	1855	1655	2670	2425	2140	1840	2857	2590	2290	1935
2250	1995	1690	2722	2440	2185	1960	2905	2635	2330	1975
2500	2210	1870	3015	2750	2420	2050	3225	2925	2585	2185
655	575	485	795	720	635	535	850	770	680	575
795	705	595	1015	875	775	650	1035	940	827	700
985	870	735	1195	1085	950	810	1280	1160	1025	865
1130	1000	845	1370	1240	1095	925	1465	1330	1175	990
1310	1135	935	1585	1490	1270	1075	1700	1540	1360	1150
1500	1325	1120	1820	1650	1455	1230	1945	1765	1555	1315

Допустимые токовые нагрузки для
выполненных по ГОСТ 839-80, при ветре,

Температура

Марка провода	Токовая нагрузка, А,								
	0				2				
	Температура								
	-20	0	20	40	-20	0	20	40	-20
АС 25/4,2	200	175	145	115	310	275	240	200	365
АС 35/6,2	260	230	195	150	400	355	310	255	470
АС 50/8	315	275	235	185	470	425	370	300	555
АС 70/11	400	350	295	235	585	525	455	375	690
АС 95/16	505	445	375	295	725	650	565	465	855
АС 120/19	589	520	440	345	830	745	650	535	975
АС 150/19	685	605	510	400	955	860	745	615	1120
АС 150/24	690	610	515	405	960	865	755	620	1130
АС 185/24	810	710	600	475	1110	990	870	715	1300
АС 185/29	795	700	595	470	1095	985	855	705	1280
АС 205/27	865	760	640	510	1180	1060	925	760	1380
АС 240/32	970	855	725	570	1310	1180	1020	845	1535
АС 240/39	960	845	715	565	1295	1165	1015	835	1520
АС 300/39	1130	995	845	665	1510	1355	1180	970	1765
АС 300/48	1120	985	835	660	1495	1345	1170	965	1750
АС 330/30	1205	1060	900	710	1600	1440	1255	1030	1870
АС 330/43	1205	1060	900	710	1595	1435	1250	1030	1870
АС 400/64	1350	1190	1010	800	1775	1500	1390	1145	2070
АС 450/56	1455	1280	1085	860	1895	1705	1485	1220	2215
АС 500/27	1550	1365	1155	915	2015	1810	1580	1300	2350
АС 500/64	1585	1395	1185	940	2055	1850	1610	1325	2400
АС 600/72	1775	1565	1330	1050	1280	2050	1790	1470	2660
М 50	395	345	290	230	595	530	460	380	700
М 70	490	430	365	285	725	650	565	465	850
М 95	620	545	460	360	895	805	700	575	1050
М 120	720	635	535	420	1025	920	800	660	1205
М 150	850	745	630	495	1190	1070	930	765	1395
М 185	985	865	730	580	1365	1225	1070	875	1600

Таблица I0

сталеалюминиевых и медных проводов,
направленном перпендикулярно проводу

провода 80°С

при скорости ветра, м/с										
4			6				8			
воздуха, °С										
0	20	40	-20	0	20	40	-20	0	20	40
325	285	230	400	360	3I5	255	430	385	335	275
420	365	300	5I5	465	400	330	555	495	430	350
500	430	355	6I0	550	475	390	655	585	5I0	4I5
620	535	440	760	680	590	485	8I0	730	630	5I5
765	665	545	940	840	730	600	I005	900	780	640
875	760	625	I075	960	835	685	II50	I030	895	730
I005	875	7I5	I235	II05	960	785	I320	II85	I030	840
I0I5	880	720	I240	III5	965	790	I330	II90	I035	845
II70	I0I5	835	I430	I285	III5	9I5	I530	I375	II95	995
II50	I000	820	I4I0	I265	II00	900	I5I0	I355	II75	960
I240	I080	885	I520	I365	II85	970	I625	I460	I265	I035
I380	I200	985	I690	I5I5	I3I5	I080	I8I0	I620	I4I0	II50
I365	II85	970	I670	I500	I300	I065	I785	I600	I390	II40
I585	I380	II30	I940	I740	I5I5	I240	2075	I865	I620	I325
I570	I365	II20	I925	I725	I500	I230	2060	I845	I605	I3I5
I680	I460	I200	2055	I845	I600	I3I5	2200	I975	I7I5	I405
I680	I460	II95	2055	I840	I600	I3I0	2I95	I970	I7I0	I400
I865	I620	I330	2280	2040	I775	I455	2435	2I85	I900	I560
I990	I730	I420	2435	2I85	I900	I555	2605	2335	2030	I665
2II5	I840	I5I0	2585	2320	20I5	I665	2765	2480	2I55	I765
2I55	I875	I540	2635	2365	2055	I685	28I5	2525	2I95	I800
2390	2080	I705	2920	I620	2280	I870	3I20	2800	2435	I995
630	545	445	770	690	600	490	825	740	640	525
765	665	545	935	840	730	595	I005	900	780	640
945	820	670	II60	I040	900	740	I240	III0	965	790
I080	940	770	I325	II90	I035	845	I420	I275	II05	905
I255	I090	895	I535	I380	II95	980	I645	I475	I280	I050
I435	I250	I025	I760	I580	I370	II25	I885	I690	I465	I200

Допустимые токовые нагрузки для выполненных по ГОСТ 839-80, при ветре,

Температура

Марка провода	Токовая нагрузка,А,								
	0				2				
	Температура								
	-20	0	20	40	-20	0	20	40	-20
АС 25/4,2	175	150	115	75	285	245	205	145	335
АС 35/6,2	235	195	155	100	365	320	260	185	430
АС 50/8	280	235	185	125	435	375	310	220	510
АС 70/11	355	300	235	155	540	470	385	275	635
АС 95/16	450	380	300	200	665	580	475	340	785
АС 120/19	525	440	350	230	765	665	545	385	900
АС 150/19	610	515	405	270	880	765	625	445	1030
АС 150/24	615	520	410	270	885	770	630	450	1040
АС 185/24	720	610	480	320	1020	890	730	520	1200
АС 185/29	710	600	470	315	1005	875	715	510	1180
АС 205/27	770	650	510	340	1085	940	775	550	1270
АС 240/32	865	730	575	385	1205	1050	860	610	1415
АС 240/39	855	720	570	380	1190	1035	850	605	1395
АС 300/39	1005	850	670	445	1385	1205	990	705	1625
АС 300/48	1000	845	665	447	1375	1195	980	700	1610
АС 330/30	1070	905	715	475	1470	1280	1050	745	1720
АС 330/43	1070	905	715	475	1465	1275	1050	745	1720
АС 400/64	1205	1020	805	535	1625	1415	1165	830	1905
АС 450/56	1295	1095	865	575	1740	1515	1245	885	2035
АС 500/27	1375	1165	920	610	1850	1610	1320	940	2165
АС 500/64	1410	1195	940	630	1885	1640	1350	960	2205
АС 600/72	1580	1340	1055	705	2090	1820	1495	1065	2445
М 50	350	295	230	155	545	475	390	275	640
М 70	435	370	290	190	665	580	475	335	785
М 95	550	465	365	240	825	715	585	415	970
М 120	640	540	425	280	945	820	675	480	1110
М 150	755	635	500	330	1095	950	780	555	1285
М 185	875	740	585	385	1255	1090	895	635	1470

Таблица II

сталеалюминиевых и медных проводов,
направленном перпендикулярно проводу
провода 60°С

при скорости ветра, м/с										
4			6				8			
воздуха, °С										
0	20	40	-20	0	20	40	-20	0	20	40
290	240	170	370	320	265	185	400	345	280	200
375	305	215	475	415	340	240	510	440	360	255
445	365	260	565	490	400	285	605	525	430	305
550	450	320	700	605	495	350	748	650	530	375
680	560	400	865	750	615	435	925	805	655	465
780	640	455	990	860	705	500	1060	920	750	535
895	735	520	1135	985	805	570	1215	1055	865	610
900	740	525	1145	995	810	575	1225	1060	870	615
1040	855	605	1320	1145	935	665	1410	1225	1005	710
1025	840	595	1295	1125	920	655	1390	1205	985	700
1105	905	645	1400	1215	995	705	1495	1300	1065	755
1230	1005	715	1555	1350	1105	785	1665	1445	1185	840
1215	995	705	1535	1335	1095	775	1645	1426	1170	830
1410	1155	820	1785	1550	1270	900	1910	1660	1360	965
1400	1145	815	1770	1535	1260	895	1895	1645	1345	955
1495	1225	870	1890	1640	1345	955	2025	1755	1440	1020
1495	1225	870	1890	1640	1345	955	2020	1755	1435	1020
1655	1360	965	2095	1820	1490	1060	2240	1950	1595	1130
1770	1455	1030	2240	1945	1595	1130	2395	2080	1705	1210
1880	1540	1095	2375	2065	1690	1200	2540	2210	1810	1285
1915	1570	1115	2420	2105	1725	1225	2590	2250	1845	1310
2125	1745	1240	2685	2335	1910	1360	2870	2495	2045	1450
560	455	325	710	615	505	355	760	660	540	380
680	555	395	865	750	615	435	925	800	655	465
840	690	490	1065	925	755	535	1140	990	810	575
965	790	560	1220	1060	870	615	1310	1135	930	660
1115	915	650	1415	1230	1005	715	1515	1315	1075	765
1280	1050	745	1620	1405	1150	815	1735	1505	1235	875

Допустимые токовые нагрузки для
выполненных по ГОСТ 839-80, при ветре,

Марка провода	Температура провода 40°С											
	Токовая нагрузка, А,											
	0			2			4			6		
	Температура											
	-20	0	20	-20	0	20	-20	0	20	-20	0	20
АС 25/4,2	150	120	90	255	210	150	300	245	175	330	270	190
АС 35/6,2	200	165	130	325	270	190	385	315	225	425	350	245
АС 50/8	240	200	125	385	315	225	455	375	265	505	410	290
АС 70/11	305	240	160	480	395	280	565	465	330	625	510	360
АС 95/16	385	305	200	590	490	345	700	575	405	770	630	450
АС 120/19	400	300	230	680	560	395	800	655	465	885	720	510
АС 150/19	520	410	270	785	640	455	920	755	535	1015	830	590
АС 150/24	525	415	275	790	645	460	925	760	540	1020	835	590
АС 185/24	615	485	320	910	745	530	1070	875	620	1175	965	685
АС 185/29	605	475	315	895	735	520	1050	860	610	1160	950	670
АС 205/27	660	515	340	965	790	560	1135	930	660	1250	1020	725
АС 240/32	740	580	385	1075	880	625	1260	1035	735	1390	1135	805
АС 240/39	730	575	380	1060	870	620	1245	1020	725	1370	1125	795
АС 300/39	860	680	450	1235	1015	720	1450	1190	845	1595	1305	925
АС 300/48	855	670	445	1225	1005	715	1435	1175	835	1580	1295	915
АС 330/30	915	720	475	1310	1075	765	1535	1260	895	1690	1380	980
АС 330/43	920	720	480	1305	1070	760	1530	1255	890	1685	1380	980
АС 400/22	1030	810	535	1450	1190	850	1700	1395	990	1870	1530	1085
АС 450/56	1105	870	580	1550	1270	905	1815	1490	1055	1200	1635	1160
АС 500/27	1180	925	615	1645	1350	960	1930	1580	1122	2120	1735	1235
АС 500/64	1210	950	630	1680	1375	980	1965	1610	1145	2160	1770	1255
АС 600/72	1350	1065	705	1860	1530	1085	2180	1785	1270	2395	1960	1395
М 50	300	235	155	435	400	285	574	470	335	635	520	365
М 70	375	295	195	595	485	345	700	570	405	770	630	445
М 95	470	370	245	735	600	425	865	710	500	950	780	550
М 120	550	430	285	840	690	490	990	810	575	1090	895	635
М 150	645	505	335	975	800	570	1145	940	665	1265	1035	735
М 185	750	590	390	1120	915	650	1315	1075	765	1450	1185	840

Таблица I2

сталеалюминиевых и медных проводов,
направленном перпендикулярно проводу

	Температура провода 20°С											
при скорости ветра, м/с												
8			0		2		4		6		8	
воздуха, °С												
-20	0	20	-20	0	-20	0	-20	0	-20	0	-20	0
355	290	205	I20	80	2I5	I50	255	I80	280	200	300	2I0
455	375	265	I60	I05	275	I95	325	230	360	255	385	275
540	440	3I5	I90	I25	325	230	385	275	425	300	455	325
670	545	390	245	I60	405	290	478	340	525	375	565	400
825	675	480	3I0	200	500	355	590	420	650	460	700	495
945	775	550	360	235	575	4I0	675	480	745	530	800	565
I085	890	630	4I5	275	660	470	775	550	855	605	9I5	650
I095	895	635	420	275	665	470	780	555	860	6I0	925	655
I260	I030	730	490	325	765	545	900	640	995	705	I065	755
I240	I0I5	720	485	320	755	535	890	630	980	695	I050	740
I335	I095	775	525	345	8I5	580	955	680	I055	745	II30	800
I485	I2I5	865	590	390	905	645	I065	755	II70	830	I255	890
I470	I200	850	585	385	895	635	I050	745	II55	820	I240	880
I705	I995	990	690	455	I040	740	I220	865	I345	955	I440	I020
I690	I385	980	680	450	I030	730	I2I0	860	I335	945	I425	I0I0
I805	I450	I080	730	480	II00	785	I295	920	I425	I0I0	I525	I080
I805	I475	I050	730	480	II00	780	I290	9I5	I420	I0I0	I520	I080
2005	I635	II65	825	540	I220	870	I435	I020	I575	II20	I690	I200
2I40	I750	I240	885	580	I305	925	I530	I085	I685	II95	I805	I280
2270	I860	I320	940	620	I385	985	I620	II55	I790	I270	I9I5	I360
23I5	I895	I345	960	435	I4I0	I005	I655	II75	I825	I295	I950	I385
2565	2I00	I490	I080	7I5	I565	III5	I835	I305	2020	I435	2I65	I535
680	555	395	239	I55	4I0	290	485	345	535	380	575	405
825	675	480	300	I95	500	355	590	420	650	460	700	495
I020	835	590	375	245	620	440	730	5I5	805	570	860	6I0
II70	955	680	440	285	7I0	505	835	595	920	655	990	700
I355	III0	785	5I5	340	820	585	970	685	I065	755	II45	8I0
I550	I270	900	600	395	940	670	III0	735	I220	865	I3I0	930

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение 3
I. Определение допустимой температуры нагрева провода 4
2. Рекомендации по определению допустимой температуры нагрева провода..... 6
3. Расчет предельных токовых нагрузок 9
П р и л о ж е н и е I. Пример расчета допустимой температуры нагрева провода для ВЛ II0 кВ..... II
П р и л о ж е н и е 2. Пример расчета допустимой температуры нагрева провода для ВЛ 330 кВ I7
П р и л о ж е н и е 3. Допустимые токовые нагрузки проводов 20

Ответственный редактор Р.П.Васнева
Литературный редактор Н.А.Тихоновская
Технический редактор Б.М.Подяхова
Корректор В.Д.Алексеева

Подписано к печати I0.I2.87 Формат 60x84 I/I6
Печать офсетная Усл.печ.л. 2,09 Уч.-изд.л. 2,0 Тираж I950 экз.
Заказ № 564/87 Издат.№87798 Цена 30 коп.

Производственная служба передового опыта эксплуатации энергопредприятий Союзтехэнерго
I05023, Москва, Семеновский пер., д. I5

Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
I09432, Москва, 2-й Кожуховский проезд, д.29, строение 6

gost.e-ecolog.ru