

* * *

Электричество, 2016, № 2, с. 11–18.

Оценка влияния метеоусловий на годовые нагрузочные потери электроэнергии в проводах воздушных линий

ШВЕДОВ Г.В., АЗАРОВ А.Н.

Проанализирована необходимость учета фактических изменяющихся метеорологических факторов при расчете нагрузочных потерь электроэнергии в проводах воздушных линий электропередачи за календарный год. Проанализирована возможность принятия температуры провода равной фактической или усредненной за расчетный период температуре воздуха. Представлена методика и результаты исследований влияния способов учета температуры провода на погрешность расчета годовых нагрузочных потерь электроэнергии в воздушной линии, расположенной в московском регионе и выполненной проводами марки АС 240/32, методами оперативных расчетов и средних нагрузок. На основе анализа полученных результатов рекомендуется принимать температуру провода равной либо среднегодовой температуре воздуха, если расчет проводится методом оперативных расчетов, либо среднемесячной температуре воздуха, если — методом средних нагрузок.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, потери электроэнергии, активные сопротивления, температура провода, метеорологические условия

Нагрузочные потери активной мощности и электроэнергии в проводах воздушных линий электропередачи определяются как ее конструктивными параметрами, так и режимными параметрами узлов сети, которыми она ограничена. Как показано в [1], для относительно коротких линий электропередачи (как правило, это линии напряжением до 110 кВ) правомерно считать, что значения нагрузочных потерь пропорциональны квадрату действующего значения тока в начале или конце линии и ее активному сопротивлению. Активное сопротивление провода определяется характери-

сти металлов-проводников, из которых изготовлен провод, конструкцией и сечением его токопроводящей части, а также температурой провода.

Зависимость удельного активного сопротивления провода от его температуры может быть представлена выражением

$$R_t = R_{20}[1 + a_t(t_{\text{пр}} - 20)], \quad (1)$$

где R_t — удельное активное сопротивление провода при температуре провода, равной $t_{\text{пр}}$, Ом/км; R_{20} — удельное активное сопротивление провода при

температуре провода, равной 20 °С, Ом/км; α_t – температурный коэффициент, 1/град, равный 0,00403 для электротехнического алюминия.

Температура провода зависит:
от температуры окружающего воздуха;
скорости и направления ветра;
интенсивности солнечной радиации;
плотности тока, протекающего по проводу.

В большинстве проведенных исследований [2–5 и др.], как правило, принимается, что либо влияние скорости и направления ветра и солнечной радиации намного меньше, чем температура воздуха и протекающего тока, либо с учетом противоположного воздействия этих факторов на температуру провода в практических расчетах ими можно пренебречь, т.е. не учитывается совместное влияние всех приведенных факторов на температуру проводов воздушных линий электропередачи. В практических расчетах нагрузочных потерь электроэнергии, как правило, принимается температура провода равной +20 °С либо, в редких случаях, – температуре воздуха [6].

Как показано в [7], принимать температуру провода равной температуре воздуха можно в основном только в условиях отсутствия солнечной радиации и при фактической плотности тока ниже экономических значений либо в условиях больших скоростей ветра, поперечного к проводам. При других сочетаниях этих факторов неучет реальной интенсивности солнечной радиации, скорости и направления (по отношению к проводам воздушной линии) ветра может приводить к перегреву провода по сравнению с воздухом до 50 °С, что эквивалентно увеличению сопротивления провода и росту потерь активной мощности в нем до 20%.

Таким образом, при расчете потерь активной мощности обязателен учет влияния не только температуры окружающего воздуха и плотности тока, протекающего по проводу, но и интенсивности солнечной радиации, скорости и направления ветра.

Постановка задачи. Необходимо учитывать, что максимальные суточные нагрузка, температура воздуха и интенсивность солнечной радиации во времени не совпадают. В зимний период наблюдается годовой максимум нагрузки, но при этом и самая низкая температура воздуха, и отсутствие солнечной радиации (зимой максимум нагрузки наблюдается в темное время суток). Наоборот, в летний период при меньших, чем в зимний период, нагрузках будут наблюдаться самая высокая температура воздуха и максимальное воздействие солнечной радиации. В результате в разрезе года влияние всех этих факторов на годовые потери электроэнергии может быть взаимоскомпенсировано.

В статье предпринята попытка оценить, во-первых, необходимость учета фактических изменяющихся метеорологических условий, а во-вторых, можно ли принимать температуру провода равной фактической или усредненной за сутки (месяц; год) температуре воздуха при расчете нагрузочных потерь электроэнергии в проводах воздушных линий за календарный год.

Исходные данные. Для решения поставленных задач были приняты следующие исходные данные и допущения.

1. Рассматривается тупиковая воздушная линия напряжением 110 кВ, расположенная в московском регионе и выполненная проводами марки АС 240/32. Направление трассы воздушной линии – с севера на юг.

2. Суточный график нагрузки линии (в отн. ед.) представлен на рис. 1, годовой (среднемесячных значений) – на рис. 2. Отношение нагрузки линии в субботу к нагрузке в рабочий день составляет 0,75; в воскресенье и праздничные дни – 0,65.

3. Максимальная нагрузка линии в году равна 250 А.

4. Нагрузка по фазам линии принимается симметричной.

5. В расчетах используется архив фактических значений метеорологических параметров (температура воздуха, скорость и направление ветра, облачность) московского региона за 2005–2011 гг., изме-

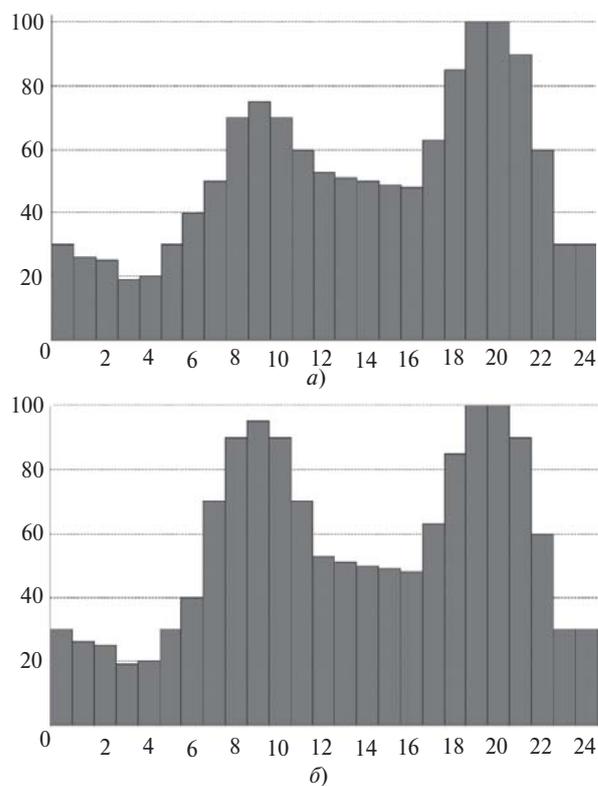


Рис. 1. Суточный график нагрузки линии (отн. ед.): а – в зимний период; б – в летний

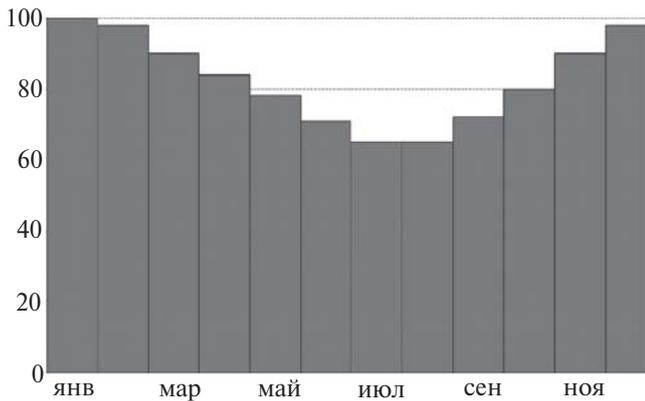


Рис. 2. Годовой (среднемесячные значения) график нагрузки линии

ренных каждые три часа каждых суток. Данные о температуре воздуха в другие часы определяются методом линейной интерполяции; скорость, направление ветра и облачность принимаются неизменными в течение 3 ч.

Методика расчета. Для расчета нагрузочных потерь активной мощности и электроэнергии с учетом фактических метеорологических условий необходимо для каждого часа определить температуру провода. Для аналитического определения температуры провода необходимо найти решение уравнения теплового баланса (в установившемся тепловом режиме):

$$W_R + W_c = q_{\text{изл}} + q_k, \quad (2)$$

где W_R – нагрев провода от протекания тока нагрузки, Вт/м; W_c – поглощенная проводом теплота солнечного излучения, Вт/м; $q_{\text{изл}}$ – тепловой поток излучения провода на 1 м его длины, Вт/м; q_k – тепловой поток конвективного теплообмена между проводом и воздухом на 1 м длины провода, Вт/м.

Из (2) по алгоритму, изложенному в [8, 9], с достаточной точностью определяется перегрев проводов (относительно температуры воздуха) $Dt_{\text{пр}}$ в зависимости от значения протекающего по проводу воздушной линии тока, интенсивности солнечной радиации, направления и скорости ветра.

Фактическая нагрузка линии в конкретный час определяется произведением максимальной нагрузки (250 А) на относительное потребление в данный час (по рис. 1) данного месяца (по рис. 2) и коэффициент относительного потребления в зависимости от дня недели (в рабочий день 1,0; в субботу 0,75; в воскресенье и праздничные дни 0,65).

По рассчитанной температуре провода и фактической токовой нагрузке линии методом оперативных расчетов [6] с учетом (1) определяются нагрузочные потери электроэнергии за расчетный час (потери активной мощности), суммированием которых за каждый час каждых суток определяются

нагрузочные потери электроэнергии за расчетный период (как правило, месяц):

$$DW = 3R_{20} \sum_{j=1}^m I_j^2 [1 - a_t(t_{\text{пр}j} - 20)] DT_j, \quad (3)$$

где DT_j – интервал времени, в течение которого токовую нагрузку I_j и температуру провода $t_{\text{пр}j}$ рассматриваемой линии принимают неизменными, $DT_j = 1$ ч; m – число интервалов времени за расчетный период (от 672 до 744 интервалов за расчетный месяц).

Для анализа влияния метеорологических факторов на потери электроэнергии необходимо определить потери электроэнергии, используя метод оперативных расчетов, для случаев, когда температура провода:

равна фактической температуре воздуха за расчетный час;

постоянна и равна 20 °С в течение расчетного периода;

постоянна и равна фактической среднесуточной температуре воздуха в течение каждых суток расчетного периода;

постоянна и равна фактической среднемесячной температуре воздуха в течение каждого месяца расчетного периода;

постоянна и равна фактической среднегодовой температуре воздуха в течение расчетного периода.

Как правило, для распределительных сетей известны отпуск электроэнергии по головным участкам линий за расчетный период (обычно, месяц) и конфигурации суточных графиков нагрузки головных участков линий только за два режимных дня в году. Поэтому для таких сетей при вычислении нагрузочных потерь электроэнергии используют метод средних нагрузок [6], основное расчетное выражение которого для решения поставленной задачи можно записать в виде

$$DW = 3I_{\text{ср.м}}^2 R_{20} \sum_{j=1}^m I_j^2 [1 - a_t(t_{\text{ср.м}} - 20)] T_j k_{\Phi}^2, \quad (4)$$

где $I_{\text{ср.м}}$ – средний за расчетный месяц ток в рассматриваемой воздушной линии, определяемый по известным значениям отпуска электроэнергии за месяц и коэффициента мощности; $t_{\text{ср.м}}$ – средняя за расчетный месяц температура воздуха; T_j – расчетный интервал времени (месяц); k_{Φ}^2 – коэффициент формы графика нагрузки.

Коэффициент формы графика нагрузки сети за расчетный интервал k_{Φ}^2 определяют по формулам (32), (34), (35) из [6].

Результаты расчета и их анализ. В табл. 1 в качестве примера приведены результаты расчета потерь электроэнергии методом оперативных расчетов за одни сутки (15 февраля 2011 г.).

Таблица 1

Час суток	Ток, протекающий по линии, А	Фактическая температура воздуха, °С	Удельные потери активной мощности (кВт/км) при температуре провода, равной			
			расчетной температуре провода	фактической температуре воздуха	20 °С	среднесуточной температуре воздуха (-18,8 °С)
0	75,0	-18,2	1,69	1,68	1,99	1,68
1	65,0	-18,2	1,27	1,27	1,50	1,26
2	62,5	-18,9	1,17	1,17	1,38	1,17
3	47,5	-19,5	0,67	0,67	0,80	0,67
4	50,0	-20,2	0,74	0,74	0,89	0,75
5	75,0	-20,6	1,67	1,67	1,99	1,68
6	100,0	-20,9	2,97	2,96	3,54	2,99
7	125,0	-21,3	4,63	4,61	5,53	4,67
8	175,0	-21,5	9,09	9,03	10,84	9,15
9	187,5	-21,8	10,43	10,35	12,45	10,50
10	175,0	-22,0	9,13	9,01	10,84	9,15
11	150,0	-20,7	6,74	6,66	7,97	6,72
12	132,5	-19,5	5,29	5,23	6,21	5,24
13	127,5	-18,2	4,93	4,87	5,75	4,86
14	125,0	-17,4	4,76	4,70	5,53	4,67
15	122,5	-16,5	4,58	4,53	5,31	4,48
16	120,0	-15,7	4,40	4,36	5,10	4,30
17	157,5	-15,9	7,58	7,51	8,78	7,41
18	212,5	-16,2	13,88	13,66	15,99	13,49
19	250,0	-16,4	19,32	18,88	22,13	18,67
20	250,0	-17,0	19,26	18,82	22,13	18,67
21	225,0	-17,7	15,49	15,20	17,92	15,12
22	150,0	-18,3	6,79	6,74	7,97	6,72
23	75,0	-18,3	1,69	1,68	1,99	1,68
Удельные потери электроэнергии за сутки, кВт·ч/км			158,15	155,98	184,51	155,67

Из табл. 1 видно, что при расчете потерь активной мощности по температуре провода 20 °С при низких температурах воздуха наблюдается завышение расчетных потерь электроэнергии (при высоких температурах воздуха будет наблюдаться занижение расчетных потерь электроэнергии).

При расчете потерь активной мощности по фактической и среднесуточной температуре воздуха наблюдается недоучет потерь электроэнергии, который увеличивается с ростом температуры воздуха, но в отличие от фактических потерь электроэнергии за сутки не превышает 2%. Фактическая

температура провода всегда не меньше фактической температуры воздуха за счет дополнительного нагрева провода протекающим по нему током и солнечной радиацией.

В табл. 2 в качестве примера приведены результаты расчета потерь электроэнергии методом оперативных расчетов за один месяц (январь 2011 г.).

Из табл. 2 видно, что погрешность расчета потерь электроэнергии за месяц по температуре 20 °С превышает 10% (за эталонное значение потерь здесь и далее принимаются потери, определенные по расчетной температуре провода). Погрешность

Таблица 2

День месяца	Удельные потери электроэнергии (кВт·ч/км) при температуре провода, равной				
	расчетной температуре провода	20 °С	температуре воздуха		
			фактической	среднесуточной	среднемесячной
1	70,07	77,96	69,60	69,51	69,33
2	71,26	77,96	70, 90	70,62	69,33
3	69,81	77,96	69,25	69,60	69,33
4	165,34	184,51	161,87	162,34	164,08
5	164,03	184,51	162,56	162,02	164,08
6	166,03	184,51	164,28	164,32	164,08
7	69,00	77,96	68,71	68,68	69,33
8	93,33	103,79	92,71	92,27	92,30
9	71,44	77,96	71,15	70,95	69,33
10	172,15	184,51	170,20	170,10	164,08
11	170,82	184,51	169,16	169,35	164,08
12	170,74	184,51	168,65	168,18	164,08
13	169,68	184,51	168,04	167,96	164,08
14	170,32	184,51	168,66	168,95	164,08
15	94,22	103,79	93,29	93,46	92,30
16	68,34	77,96	67,90	68,33	69,33
17	161,52	184,51	157,75	158,18	164,08
18	161,54	184,51	159,77	159,70	164,08
19	161,07	184,51	159,18	158,98	164,08
20	163,63	184,51	161,62	160,99	164,08
21	163,12	184,51	161,02	161,02	164,08
22	92,35	103,79	91,77	91,51	92,30
23	69,77	77,96	69,24	69,01	69,33
24	167,37	184,51	164,98	165,25	164,08
25	164,09	184,51	162,55	162,52	164,08
26	164,63	184,51	162,09	161,86	164,08
27	163,65	184,51	161,05	160,65	164,08
28	163,50	184,51	162,21	161,68	164,08
29	94,03	103,79	93,58	93,26	92,30
30	70,88	77,96	70,68	70,55	69,33
31	166,87	184,51	163,79	164,93	164,08
S	4084,57	4544,57	4038,24	4036,73	4041,38

расчета по фактической температуре воздуха и усредненным значениям температуры воздуха за сутки и за месяц составила около 1,15%.

Потери электроэнергии, вычисленные за январь 2011 г. методом средних нагрузок по среднемесяч-

ной температуре и отпуску электроэнергии за месяц, составили 4068,27 кВт·ч/км, что наиболее близко к эталонному значению потерь (см. табл. 2). Это объясняется взаимокompенсацией недоучета потерь электроэнергии (вследствие пренебрежения

перегревом провода относительно воздуха) и перерасчета электроэнергии (вследствие расчета коэффициента формы по эмпирическим формулам).

В табл. 3 в качестве примера приведены результаты расчета потерь электроэнергии за 2011 г. Соотношение погрешностей расчетов потерь электроэнергии за год для различных случаев представлены на рис. 3.

Анализируя рис. 3 и табл. 3, можно сделать следующие выводы.

1. Погрешность расчета потерь электроэнергии за год по температуре провода, равной 20 °С, высока и составляет около 5%.

2. Точность расчета потерь электроэнергии за год при допущении о равенстве температуры провода среднесуточной или среднемесячной температуре воздуха примерно одинакова и незначительно меньше, чем при фактической температуре воздуха. При расчете потерь электроэнергии по средней за сутки или за месяц температуре значения потерь завышаются в часы наименьшей температуры (как правило, это ночь) и занижаются в часы наибольшей температуры (день и вечер). А поскольку нагрузка в дневные и вечерние часы существенно больше, чем в ночные, то в целом за сутки по абсолютному значению завышение потерь в ночные часы будет меньше, чем занижение в дневные и вечерние часы. В результате расчет потерь по температуре провода, равной фактической температуре воздуха, будет приводить к несколько меньшей по-

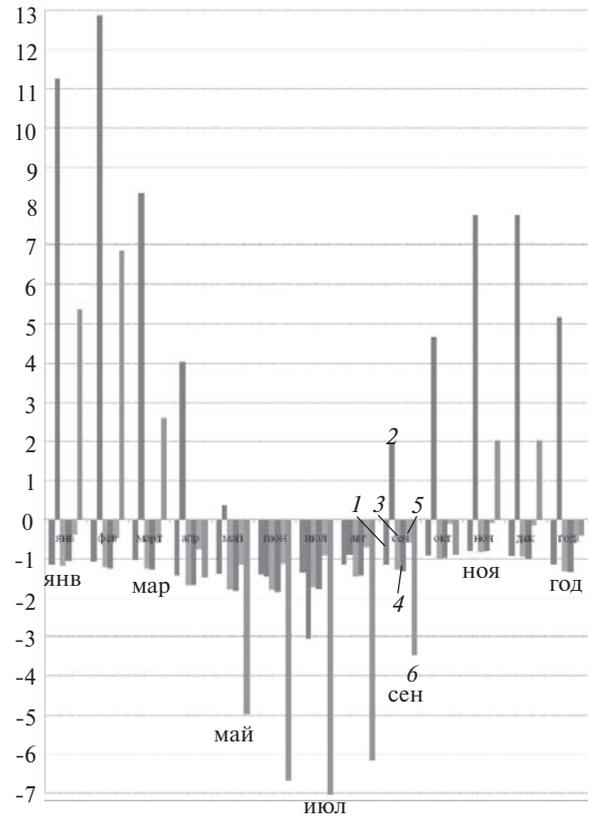


Рис. 3. Относительная погрешность расчета потерь электроэнергии, %, при температуре провода, равной: 1 – фактической температуре воздуха; 2 – 20 °С; 3 – среднесуточной температуре воздуха; 4 – среднемесячной температуре воздуха методом оперативных расчетов; 5 – среднемесячной температуре воздуха методом средних нагрузок; 6 – среднегодовой температуре воздуха (в каждом месяце последовательность 1–6 одинакова)

Таблица 3

Месяц года	Удельные потери электроэнергии, кВт·ч/км, при температуре провода, равной						
	фактической температуре провода	фактической температуре воздуха	20 °С	среднесуточной температуре воздуха	среднемесячной температуре воздуха по методу		среднегодовой температуре воздуха
					оперативных расчетов	средних нагрузок	
1	4084,57	4038,24	4544,57	4036,73	4041,38	4068,27	4302,98
2	3668,13	3628,81	4140,00	3623,84	3622,91	3650,83	3919,91
3	3636,77	3599,16	3940,04	3591,70	3590,31	3615,72	3730,58
4	3743,35	3690,10	3894,54	3680,52	3681,24	3714,78	3687,51
5	3307,31	3261,66	3319,21	3248,28	3247,08	3269,19	3142,76
6	2807,87	2768,48	2767,10	2757,16	2756,06	2776,11	2620,00
7	2445,35	2412,57	2370,61	2403,24	2402,16	2423,07	2244,59
8	2485,66	2457,36	2463,43	2449,74	2450,48	2468,10	2332,47
9	2854,78	2822,20	2910,38	2818,44	2817,32	2838,17	2755,67
10	2925,14	2898,37	3061,45	2896,10	2896,49	2921,70	2898,70
11	3517,76	3489,47	3790,58	3488,33	3488,71	3514,09	3589,07
12	4263,64	4223,67	4594,09	4222,73	4221,11	4257,84	4349,87
Год	39740,31	39290,10	41795,99	39216,83	39215,27	39517,85	39574,12

Таблица 4

Год	Относительная погрешность расчета потерь электроэнергии, %, при температуре провода, равной					
	фактической температуре воздуха	20 °С	среднесуточной температуре воздуха	среднемесячной температуре воздуха по методу		среднегодовой температуре воздуха
				оперативных расчетов	средних нагрузок	
2005	-1,42	4,61	-1,62	-1,63	-0,85	-0,83
2006	-1,4	5,41	-1,6	-1,57	-0,81	-0,69
2007	-1,38	4,55	-1,58	-1,63	-0,87	-0,84
2008	-1,33	4,53	-1,5	-1,5	-0,74	-0,80
2009	-1,59	4,79	-1,77	-1,83	-1,07	-1,03
2010	-1,4	5,15	-1,61	-1,6	-0,85	-0,53
2011	-1,14	5,17	-1,32	-1,33	-0,56	-0,42

грешности, чем расчет по среднесуточной или среднемесячной температуре воздуха.

3. Значение потерь электроэнергии, определенных по среднегодовой температуре, больше (а погрешность меньше), чем значения потерь электроэнергии, определенных по среднемесячным, среднесуточным и фактическим температурам воздуха. В зимний период, когда фактическая температура воздуха меньше, чем среднегодовая, расчет потерь электроэнергии по среднегодовой температуре приводит к завышению их значения в сравнении с потерями, определенными по расчетной температуре провода. В летний период наблюдается обратная ситуация. Поскольку в зимний период нагрузка выше, чем в летний, то значение суммарных потерь электроэнергии за год, рассчитанных по среднегодовой температуре воздуха, больше, чем значение потерь, рассчитанных по фактической температуре воздуха. В результате в годовом разрезе при допущении о равенстве температуры провода среднегодовой температуре воздуха компенсируется недоучет потерь электроэнергии, вызванный неучетом перегрева провода относительно воздуха.

4. Точность расчета потерь электроэнергии методом оперативных расчетов при допущении о равенстве температуры провода среднегодовой температуре воздуха и методом средних нагрузок по среднемесячной температуре воздуха практически сопоставима.

В 2011 г. могли наблюдаться нехарактерные погодные условия (слишком теплая/холодная зима или лето и т.п.). Чтобы подтвердить корректность полученных выводов, в табл. 4 приведены результаты расчетов за 2005–2011 гг.

Результаты расчетов за 2005–2011 гг. демонстрируют относительную стабильность значений погрешностей.

Заключение. Для определения годовых нагрузочных потерь электроэнергии в проводах воздушных линий электропередачи напряжением до 110 кВ московского региона с нагрузкой, не превышающей экономически целесообразные значения (с плотностью тока не более 1 А/мм²), при отсутствии данных о фактической температуре проводов или невозможности ее расчета рекомендуется принимать температуру провода равной либо среднегодовой температуре воздуха, если расчет проводится методом оперативных расчетов, либо среднемесячной температуре воздуха, если – методом средних нагрузок. Данное допущение приводит к погрешности расчета потерь, не превышающей 1%, что позволяет рекомендовать не учитывать фактически изменяющиеся метеорологические факторы при определении годовых нагрузочных потерь электроэнергии в проводах распределительных воздушных линий электропередачи напряжением до 110 кВ. Рассчитывать потери электроэнергии в проводах воздушных линий электропередачи по температуре провода, равной 20 °С, недопустимо, так как это приводит к значительной погрешности (около 5%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанова А.А., Маругин В.И., Степанов А.С. О составляющих потерь мощности в линиях электропередач. – Вестник СевКавГТУ, 2010, № 3 (24), с. 105–108.
2. Вырва А.А., Горюнов В.Н., Гиршин С.С., Бубенчиков А.А., Петров А.С., Петрова Е.В., Тевс В.В. Уточнение формул для анализа температуры проводов в задачах расчета потерь электроэнергии. – Омский научный вестник, 2010, № 1, с. 120–126.
3. Воротицкий В.Э., Туркина О.В. Оценка погрешностей расчета переменных потерь электроэнергии в ВЛ из-за неучета метеоусловий. – Электрические станции 2008, № 10, с. 42–49.
4. Герасименко А.А., Тимофеев Г.С., Тихонович А.В. Учет схемно-режимных и атмосферных факторов при расчете технических потерь в распределительных сетях. – Журнал сибирского федерального университета. Серия техника и технологии, 2008, № 6, с. 188–205.

5. Герасименко А.А., Тимофеев Г.С., Шульгин И.В. Комплексный учёт режимно-атмосферных факторов в расчёте активного сопротивления и потерь электроэнергии в ЛЭП. Межвуз. сб. науч. тр. «Оптимизация режимов работы электротехнических систем» / Отв. ред. А.Н. Пахомов. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2008, с. 232–245.

6. Методика расчета технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям в базовом периоде. — Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. № 326 «Об организации в Министерстве энергетики РФ работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям».

7. Зарудский Г.К., Шведов Г.В., Азаров А.Н., Самалюк Ю.С. Оценка влияния метеорологических условий на активное сопротивление проводов воздушных линий электропередачи. — Вестник МЭИ, 2014, № 3, с. 35–39.

8. Зарудский Г.К., Зиннер Л.Э., Сыромятников С.Ю. Расчет температуры проводов воздушных линий передачи СВН на основе метода критериального планирования эксперимента. — Вестник МЭИ, 1997, № 1, с. 85–90.

9. Зарудский Г.К., Сыромятников С.Ю. Уточнение выражений для расчета температуры проводов воздушных линий электропередачи сверхвысокого напряжения. — Вестник МЭИ, 2008, № 2, с. 37–42.

[21.09.15]

Авторы: Шведов Галактион Владимирович окончил в 2003 г. Институт электроэнергетики Московского энергетического института (ныне — Национальный исследовательский университет «МЭИ» — НИУ «МЭИ»). В 2005 г. защитил кандидатскую диссертацию «Разработка методики многокритериального выбора параметров глубоких вводов в системах электроснабжения городов с учетом неопределенности развития электрических нагрузок» в МЭИ. Доцент кафедры электроэнергетических систем НИУ «МЭИ».

Азаров Алексей Николаевич окончил магистратуру кафедры электроэнергетических систем НИУ «МЭИ» в 2013 г.

Elektrichestvo (Electricity), 2016, No. 2, pp. 11–18.

Estimating the Need to Consider the Actual Meteorological Conditions in Calculating Annual Load Losses of Electric Energy in the Wires of Overhead Power Lines

SHVEDOV Galaktion Vladimirovich (National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (NRU «MPEI»), Moscow, Russia) — Associate Professor, Cand. Sci. (Eng.)

AZAROV Aleksei Nikolayevich (NRU «MPEI», Moscow, Russia) — Masters degree

The need to consider the actual varying meteorological factors in calculating the load losses of electric energy in the wires of overhead power lines for a calendar year is analyzed. The possibility to take the wire temperature equal to the actual air temperature or to its value averaged over the calculated period is analyzed. A study procedure is presented together with the results from investigating the effect of methods used for taking into account the wire temperature on the accuracy of calculating the annual load losses of electric energy in an overhead power line located in the Moscow region and made using type AS 240/32 wires obtained by applying the methods of operating calculations and average loads. Based on an analysis of the obtained results, it is recommended to take the wire temperature equal to either the annual average air temperature if the calculation is carried out using the method of operating calculations or to the monthly average air temperature if the calculation is carried out using the method of average loads.

Key words: overhead power line, electric energy losses, resistances, wire temperature, meteorological conditions

REFERENCES

1. Stepanova A.A., Marugin V.I., Stepanov A.S. *Vestnik Severo-Kavkazskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta — in Russ. (Bulletin of the North-Caucasian State Technical University)*, 2010, No. 3 (24), pp. 105–108.

2. Vyrva A.A., Goryunov V.N., Girshin S.S., Bubenichikov A.A., Petrov A.S., Petrova Ye.V., Tevs V.V. *Omskii nauchnyi vestnik — in Russ. (Omsk Scientific Bulletin)*, 2010, No. 1, pp. 120–126.

3. Vorotnitskii V.E., Turkina O.V. *Elektricheskiye stantsii — in Russ. (Power stations)*, 2008, No. 10, pp. 42–49.

4. Gerasimenko A.A., Timofeyev G.S., Tekhnovich A.V. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya «Tekhnika i Tekhnologii» — in Russ. (Journal of Siberian Federal University. A series of «Engineering and Technology»)*, 2008, No. 6, pp. 188–205.

5. Gerasimenko A.A., Timofeyev G.S., Shul'gin I.V. *Mezhvuzovskii Sbornik nauchnykh trudov «Optimizatsiya rezhimov raboty elektrotekhnicheskikh sistem — in Russ. (Interuniversity collection of scientific papers «Optimization of modes of electrical systems» (Krasnoyarsk)*, 2008, pp. 232–245.

6. *Metodika rascheta tekhnologicheskikh poter' elektroenergii pri yeye peredache po elektricheskim setyam v bazovom rezhime. — Prikaz Ministerstva energetiki RF ot 30 dekabrya 2008, No. 326 (The Procedure for Calculating Process Losses of Electric Energy during Its Transmission via Electric Networks in the Basic Period. — The Order of the RF Ministry for Power No. 326 dated December 30, 2008 «About Setting Up Work at the RF Ministry for Power on Approving the Standards for Process Loss of Electric Energy during Its Transmission via Electric Networks».)*

7. Zaruskii G.K., Shvedov G.V., Azarov A.N., Samalyuk Yu.S. *Vestnik VEI — in Russ. (Bulletin of Moscow Power Engineering Institute)*, 2014, No. 1, pp. 35–39.

8. Zaruskii G.K., Zinner L.E., Syromyatnikov S.Yu. *Vestnik MEI — in Russ. (Bulletin of Moscow Power Engineering Institute)*, 1997, No. 1, pp. 85–90.

9. Zaruskii G.K., Syromyatnikov S.Yu. *Vestnik MEI — in Russ. (Bulletin of Moscow Power Engineering Institute)*, 2008, No. 2, pp. 37–42.

