

К ВОПРОСУ УЧЕТА ПОТЕРЬ НА КОРОНУ В РАСЧЕТАХ ДАЛЬНИХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

А. Г. МИЛЮШКИН

(Представлена научным семинаром кафедры электрических систем и сетей)

Экономически целесообразные конструкции и величины сечений проводов, принятые в настоящее время, не исключают полностью потерь энергии на корону, которые могут достигать значительной величины. Потерям энергии, связанным с появлением короны на проводах воздушных линий, соответствует определенная активная проводимость. Однако величина проводимости (q_o) зависит от очень многих факторов: например, от погодных условий, от состояния поверхности провода, от величины эксплуатационного напряжения и так далее.

Поскольку погодные условия, да и состояние поверхности проводов (наличие царапин, всякого рода повреждений, загрязнения) носят случайный характер, то величина q_o , характеризующая потери на корону, должна определяться статистически, если, конечно, отсутствует возможность определения потерь на корону для данной ЛЭП опытным путем.

Таким образом, налицо необходимость проведения массы расчетов для определения величины активной проводимости, в то же время учет потерь на корону погонной активной проводимостью приводит к довольно сложным итерационным вычислениям. Решение определенного класса задач, в частности оптимизации проектных решений дальних линий электропередач переменного тока, позволяет учитывать приближенно потери на корону аналитической функцией, представляющей собой полином, аппроксимирующей статистическую зависимость среднегодовых потерь на корону (для определенного класса ЛЭП в конкретном климатическом районе) от величины уровня напряжения. Примером может послужить зависимость, полученная в результате расчетов, проведенных согласно методике определения величин погонных потерь мощности на корону, изложенной в [1], [2].

Данные для расчета:

- а) сечение проводов — ЗАСО $\times$ 500;
- б) класс напряжения — 500 кВ;
- в) эквивалентный радиус провода — 13,42 см;
- г) радиус одиночного провода — 1,51 см;
- д) расстояние между проводами в фазе — 40 см;
- е) расстояние между соседними фазами — 11,1 м;
- ж) средняя высота подвеса проводов — 15 м;
- з) погодные условия в [1], соответствующие району г. Новосибирска;

- и) среднегодовая плотность тока 0,5 а/мм²;
к) напряженность, соответствующая началу общей короны — 30,9 кв/см.

Вычисление потерь на корону проводилось по формуле:

$$\Delta P_k = n^2 r^2 [2(f'_x \bar{P}_x + f'_d \bar{P}_d + f'_c \bar{P}_c + f_{изм} \cdot \bar{P}_{изм}) + f_x \bar{P}_x + f_d \bar{P}_d + f_c \bar{P}_c + f_{изм} \cdot \bar{P}_{изм}], \quad (1)$$

здесь f'_i — значение эмпирической функции для данного U_j для пучков проводов крайних фаз, а f_i аналогично для пучка средней фазы. Результаты расчета сведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

$\bar{U}$	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2
$E_1 = E_3 = 19,5 \bar{U}$	14,625	15,6	16,58	17,55	18,53	19,5	20,48	21,45	22,43	23,4
E_1/E_0	0,473	0,505	0,536	0,568	0,6	0,631	0,663	0,694	0,726	0,757
f'_x	0,0055	0,0065	0,0085	0,011	0,015	0,02	0,025	0,036	0,05	0,07
f'_d	0,05	0,08	0,13	0,19	0,3	0,5	0,65	0,9	1,2	1,7
f'_c	0	0	0	0,05	0,06	0,07	0,095	0,11	0,16	0,22
$f_{изм}$	0,2	0,3	0,5	0,65	0,95	1,3	1,9	2,7	3,5	4,5
$E_2 = 21 \bar{U}$	15,75	16	17,85	18,9	19,95	21	22,05	23,1	24,15	25,2
E_2/E_0	0,51	0,544	0,578	0,612	0,646	0,68	0,714	0,748	0,782	0,816
f_x	0,007	0,009	0,012	0,017	0,023	0,032	0,05	0,065	0,085	0,12
f_d	0,085	0,14	0,22	0,35	0,58	0,8	1,1	1,6	2,1	2,7
f_c	0	0	0,055	0,065	0,09	0,12	0,15	0,22	0,3	0,42
$f_{изм}$	0,31	0,55	0,75	1,0	1,6	2,5	3,2	4,5	5,5	7

Таблица 2

$\bar{U}$	$f'_x \bar{P}_x$	$f_x \bar{P}_x$	$f'_d \bar{P}_d$	$f_d \bar{P}_d$	$f'_c \bar{P}_c$	$f_c \bar{P}_c$	$f'_{изм} \bar{P}_{изм}$	$f_{изм} \bar{P}_{изм}$	$\Delta P_{кв}$ квт/км
0,75	0,0042	0,00537	0,00224	0,00381	0	0	0,0082	0,01271	1,05
0,8	0,00499	0,00691	0,00358	0,00628	0	0	0,0123	0,02255	1,59
0,85	0,00652	0,00921	0,00583	0,00986	0	0,00804	0,0205	0,03075	2,37
0,9	0,00844	0,01306	0,00852	0,0157	0,007	0,00951	0,02665	0,041	3,82
0,95	0,01152	0,01766	0,01345	0,02601	0,00878	0,01317	0,03895	0,0656	5,5
1,0	0,01536	0,02457	0,02243	0,03588	0,01024	0,01756	0,0533	0,1025	7,86
1,05	0,0192	0,0384	0,02915	0,04934	0,0139	0,02195	0,0799	0,1312	10,7
1,1	0,02764	0,04992	0,4037	0,07177	0,01609	0,03219	0,1107	0,1845	14,94
1,15	0,0384	0,06528	0,05383	0,0942	0,02341	0,0439	0,1435	0,2255	19,44
1,2	0,05376	0,09216	0,07626	0,12112	0,03219	0,06146	0,1845	0,287	25,76

Аппроксимировать эмпирическую кривую можно различными методами, в данном случае был использован метод наименьших квадратов [3].

В результате расчета выяснилось, что из ряда принятых видов аппроксимирующих функций наилучшей сходимостью с эмпирической обладают

- а) $\Delta P_k = 27,44 U_*^2 - 17,38$;
 б) $\Delta P_k = 8,86 U_*^6 - 0,91$.

Последняя имеет лучшую сходимость, но несколько усложняет расчет при ее применении. Вопрос допустимости величины критерия согласия эмпирической и теоретической функций имеет самостоятельное значение и в данной статье не рассматривается.

Полученные подобным образом зависимости могут применяться при расчетах нормальных режимов ЛЭП, когда задача наивыгоднейшего напряжения в линии не ставится, т. е. в случаях, когда отсутствуют средства согласованного регулирования напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Бабиков, Н. С. Комаров, А. С. Сергеев. Техника высоких напряжений. М.—Л., ГЭИ, 1963.
2. А. И. Долгинов. Техника высоких напряжений в электроэнергетике. М., «Энергия», 1968.
3. Л. З. Румшисский. Математическая обработка результатов эксперимента. М., «Наука», 1971.