

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

К. А. ГАМБУРЯН, Г. О. МКРТЧЯՆ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ
НА КОРОНУ

Большой опыт эксплуатации длинных линий электропередач (ЛЭП) переменного тока напряжением 500 кВ дает предпосылки строительства ЛЭП напряжением 750 и 1150 кВ. Эффективность увеличения номинального напряжения ЛЭП общеизвестна. Известно также, что с увеличением напряжения ЛЭП увеличиваются потери на корону. Поэтому при исследованиях режимов энергосистем, содержащих ЛЭП высокого и сверхвысокого напряжения, необходимо учитывать потери мощности на корону.

Потери на корону являются функцией многих параметров: диаметра r_0 и количества проводов n в расщепленной фазе, шага расщепления a , состояния поверхности проводов m , расстояния между фазами D , высоты подвеса проводов ЛЭП H (эти параметры условно будем называть конструктивными), рабочего напряжения U и метеорологических условий на трассе линии. Таким образом, при заданных конструктивных параметрах линии потери мощности на корону принимаются зависящими от приложенного напряжения и метеорологических условий на трассе.

Для определения потерь мощности на корону в [1] приведены обобщенные характеристики для 4-х погодных условий: 1 — хорошая погода; 2 — сухой снег; 3 — дождь; 4 — изморозь.

Обобщенные характеристики построены в зависимости от отношения напряженности электрического поля поверхности проводов E_0 и начальной напряженности короны E_c . Отношение $E_0/E_c = \alpha$ является основным из параметров, определяющих потери на корону. При заданных конструктивных параметрах напряженность электрического поля E_0 пропорциональна напряжению U линии. Начальная напряженность E_c , в основном, зависит от относительной плотности воздуха δ .

Непосредственное использование обобщенных характеристик в программе расчета установившегося режима представляется нецелесообразным из-за необходимости пересчета по ним значений потерь на корону в зависимости от полученных в данном шаге итерации значения напряжения в узле. В отличие от такого подхода предлагается забла-

новременное определение зависимости потерь мощности на корону от напряжения $P_{\text{кор}}(U)$ и представление ее в виде стандартной статической характеристики нагрузки, используемой в программе установившегося режима. При этом никаких изменений в последней вводить не приходится.

В АрмНИИЭ разработана программа расчета потерь мощности на корону на языке «Фортран-4» по предлагаемому методу.

В основу этой программы заложено применение обобщенных характеристик $\Theta(\Theta)$, аппроксимированных многочленами. Расчеты показали, что для получения необходимой точности в зависимости от погодных условий указанные многочлены должны быть различной степени: второй или третьей. Например, для «хорошей» погоды — второй степени, для погоды «изморозь» — третьей. Поэтому с целью унификации многочлена $\Theta(\Theta)$ он принят третьего порядка и имеет вид:

$$\Theta(\Theta) = \sum_{k=0}^3 \beta_k \cdot \Theta^k \quad (1)$$

Коэффициенты многочлена β_k определены методом наименьших квадратов [2] и приведены в табл. 1 для 4-х погодных условий. Определение Θ по указанной выше формуле удовлетворяет требуемой точности при изменении Θ в пределах от 0,6 до 1.

Таблица 1

<i>i</i>	Погода	β_0	β_1	β_2	β_3
1	Хорошая погода	- 5,197	25,059	-40,092	21,514
2	Сухой снег	11,76	58,252	-96,084	53,425
3	Дождь	5,184	-18,225	12,948	6,7
4	Изморозь	6,292	-22,281	10,109	22,416

В виде формулы представлены также коэффициенты функции $\chi(\bar{I})$, учитывающие среднегодовую интенсивность дождя \bar{I} , поскольку обобщенные характеристики для этой погоды построены с учетом интенсивности дождя, равной $\bar{I} = 1$ мм/ч. Формула функции $\chi(\bar{I})$ имеет следующий вид:

$$\chi(\bar{I}) = 0,483 + 0,363 \cdot \bar{I} - 0,244 \cdot \bar{I}^2 + 0,93 \bar{I}^3 \quad (2)$$

Зависимости потерь мощности на корону от напряжения в программе реализуются в следующей последовательности путем использования ряда формул, приведенных в [1]. При заданных конструктивных параметрах вычисляются:

- радиус расщепления проводов r_n ;
- эквивалентный радиус провода $r_{\text{эк}}$;
- емкости средней c_n и крайней c_n фаз;

г) начальная напряженность электрического поля E_{0i} (δ_i) в общем случае для 4-х значений относительной плотности воздуха δ_i , соответствующая каждому из 4-х погодных условий ($i = 1, 2, 3, 4$);

д) эквивалентная напряженность поля на поверхностях крайних E_{31} и среднего E_{32} проводов при заданных значениях напряжения U , т. е. $E_{31}(U)$ и $E_{32}(U)$;

е) $\Theta_{ij} = \sum_{k=0}^3 \xi_{ki} \cdot \mathcal{E}_{ji}^k$ при известном отношении \mathcal{E}_{ji} , $i = 1, 2$; $i = 1, 2, 3, 4$;

ж) потери мощности на корону

$$P_i = n \cdot r_0^2 \cdot (2 \cdot \Theta_{i1} + \Theta_{i2}) \cdot \gamma(I_i) \text{ квт/км},$$

причем, для погодных условий $i = 1, 2, 4$ среднегодовая интенсивность \bar{I}_i принимается равной единице ($x(\bar{I}_{i-1}) = 1$), а для дождливой погоды ($i=3$) значение $x(\bar{I}_3)$ вычисляется по формуле (2) при заданной интенсивности \bar{I}_3 .

В указанной последовательности определяются потери мощности на корону при заданном значении напряжения. Задавая несколько различных значений для напряжения и выполняя расчеты по пунктам д) ÷ ж), определяется зависимость P_i от U . Зависимость $P_i = (U)$ представляется формулой — многочленом второго порядка

$$P_i(U) = a_{0i} + a_{1i} \cdot U + a_{2i} \cdot U^2. \quad (3)$$

Для определения коэффициентов многочлена a_{0i} , a_{1i} , a_{2i} при различных погодных условиях применен метод наименьших квадратов.

Целесообразно коэффициенты многочлена (3) представить в относительных единицах, имея в виду возможность учета в расчете режимов энергосистем нагрузки по их статическим характеристикам, в виде

$$P_i(U) = P_{ном,i} \cdot \left[a_{0i} + \alpha_{1i} \frac{U}{U_{ном}} + \alpha_{2i} \left(\frac{U}{U_{ном}} \right)^2 \right]. \quad (4)$$

При этом коэффициенты α_{0i} , α_{1i} и α_{2i} определяются с помощью a_{0i} , a_{1i} и a_{2i} по формулам:

$$\alpha_{0i} = a_{0i} / P_{ном,i}; \quad \alpha_{1i} = a_{1i} \cdot U_{ном} / P_{ном,i} \quad \text{и} \quad \alpha_{2i} = a_{2i} \cdot U_{ном}^2 / P_{ном,i},$$

где $P_{ном,i}$ — значение потерь активной мощности на корону при напряжении, равном номинальному $U_{ном}$ для i -ого погодного условия.

Пример. Определить характеристики потерь мощности на корону $P_i(U)$ при различных погодных условиях для ЛЭП с проводами 8XACO—300, с номинальным напряжением 1150 кВ. Ориентировочный район работы ЛЭП—Средняя Сибирь. При этом заданными являются: $r_0 = 1.175$ см; $n = 8$; $a = 40$ см; $\bar{D} = 27$ м; $H = 20$ м. Принимается $m = 0.82$; напряжение линии меняется в пределах 1000 ÷ 1300 кВ с интервалом 25 кВ.

При выборе значения относительной плотности воздуха предполагалось, что зимой могут быть следующие погодные условия: изморозь, сухой снег и хорошая погода; а летом — дождь и хорошая погода. В расчетах режимов энергосистем, с учетом потерь на корону, принято минимальное значение δ_r для каждого из погодных условий. Для рассматриваемого района принято, что зимой $\delta_{\min} = 0.98$, а летом — 0.92 [3].

Таблица 2

l	Погода	δ_{\min}	$P_{\text{к}} [квт.к.в.]$	$\alpha_{\text{к}}$	$\alpha_{1\text{к}}$	$\alpha_{2\text{к}}$
1	Хорошая	0,92	17,6	18,3	-42,9	25,6
2	Сухой снег	0,98	34,6	18,9	-44,2	26,3
3	Дождь	0,92	122	2,54	-7,79	6,25
4	Изморози	0,98	267	2,44	-7,32	5,88

В табл. 2 приведены характеристики, полученные по формуле (4), которые использованы при исследовании установившегося и предельных режимов электрической системы, содержащей ЛЭП 1150 кВ, длиной 1200 км. При этом линии электропередачи замещены рядом эквивалентных цепочек по П-образной схеме замещения, на концах которых подключаются потери мощности на корону в виде эквивалентных нагрузок.

ԱրմՈՒՄԷ

Поступило 14.11.1979

Կ. Հ. ՉԱՄՐՈՒԹՅԱՆ, Գ. Հ. ՍԿԵՏՅԱՆ

ՀԶՈՐՈՒԹՅԱՆ ՊՍԱԿԱՅԻՆ ԿՈՐՈՒՍՏՆԵՐԻ
ԲՆՈՒԹԱԿՐՆԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Ո Վ Փ Ո Փ Ո Վ

Բարձր ու զերբարձր լարման էլեկտրաճաղորդման գծեր ունեցող էներգահամակարգերում ուժիմների ճաշվարկների կատարելիս անհրաժեշտ է հաշվի առնել հոսրության պսակային կորուստները: Վերջիններս տրված են քննարկային բնութագրերով՝ շորս սլաքանական հղանակների համար, որոնց անմիջապես օգտագործելը համակարգերի ուժիմների ճաշվարկներում կապված է որոշ դժվարությունների հետ: Հողվածում առաջարկվում է նախապես որոշել հոսրության պսակային կորուստները, կախված էլեկտրաճաղորդման ցածր լարումից ու աչք ներկայացնել վերլուծական տեսքով:

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководящие указания по учету потерь на корону и помех от короны при выборе проводов воздушных линии электропередачи переменного тока 330—750 кВ и постоянного тока 800—1500 кВ. М., СЦНТИ, 1975.
2. Демидович Б. П., Марон Н. А., Шувалова Э. Э. Численные методы анализа. М., «Наука», 1967.
3. Тыскава Ю. И., Мельзак И. Я. О статистико-вероятностной оценке атмосферного давления и относительной плотности воздуха. «Электричество», 1972, № 10, с. 16—20.