

Рис. 6. Коэффициенты n -х гармонических составляющих напряжения (в процентах) в точке питания

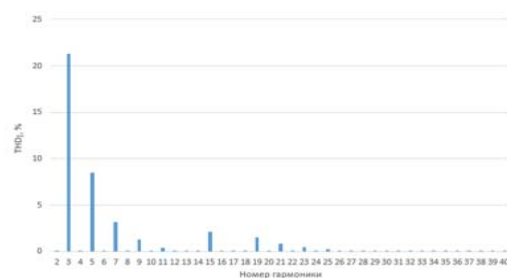


Рис. 7. Спектр высших гармоник тока в точке питания

Выполнено экспериментальное исследование гармоник тока и напряжения для светодиодных ламп. Анализ полученных осциллограмм напряжений и токов показал следующее:

– суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения K_U у всех ламп незначительный: лампа Feron – $K_U = 0,031$ %; лампа Smartbuy – $K_U = 0,042$ %, лампа ETR – $K_U = 0,044$ %, лампа Philips – $K_U = 0,031$ %. Полученные данные не превышают максимальные значения, нормированные в ГОСТ 32144–2013;

– суммарный коэффициент гармонических составляющих тока THD_I у всех ламп следующий: лампа Feron – $THD_I = 68,91$ %; лампа Smartbuy – $THD_I = 70,64$ %; лампа ETR – $THD_I = 74,11$ %; лампа Philips – $THD_I = 68,23$ %. ГОСТ 32144–2013 не нормирует суммарный коэффициент гармонических составляющих тока THD_I в процентном отношении.

Литература

1. Евминов, Л. И. Сравнительный анализ различных источников света и оценка электромагнитной совместимости безэлектродных (индукционных) и светодиодных источников света / Л. И. Евминов, В. С. Кизева // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2013. – № 1. – С. 60–67.
2. Светодиодные лампы. Их преимущества и сфера использования. – Режим доступа: <https://www.maxcom.by/article/2018/05/28/svetodiодные-lampy-ih-preimushchestva-i-sfera-ispol-zovaniya>. – Дата доступа: 15.03.2022 г.
3. Совместимость технических средств электромагнитная. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний : ГОСТ 30804.3.2–2013 (IEC 61000-3-2:2009, MOD). – Введ. 01.01.2014. – М. : Стандартинформ, 2014. – 31 с.

УДК 621.315.1

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОМПАКТНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ СЕТОЧНОГО ТИПА

А. М. Далинчук

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Г. И. Селиверстов

Произведена оценка электрических, технических и конструктивных параметров компактных воздушных линий сеточного типа по сравнению с традиционными линиями электропередачи.

Ключевые слова: компактная воздушная линия, электрические параметры воздушных линий, натуральная мощность воздушных линий.

EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF COMPACT AIR LINES OF THE GRID TYPE

A. M. Dalinchuk

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

Science supervisor G. I. Seliverstov

The electrical, technical and design parameters of compact grid-type overhead lines were evaluated in comparison with traditional power lines.

Keywords: compact overhead line, electrical parameters of overhead lines, natural power of overhead lines.

Известны разные типы воздушных электропередач, при разработке которых прежде всего ставится задача повышения их пропускной способности. Наиболее распространены на практике электропередачи с некомпенсированными воздушными линиями, рост пропускной способности которых при необходимости достигается за счет увеличения номинального напряжения и расщепления фаз.

Известно, что для линий электропередачи при неизменных напряжениях U по концам предельная передаваемая мощность равна:

$$P_{\text{пр}} = \frac{U^2}{Z_{\text{в}} \sin a l} = \frac{P_{\text{нат}}}{\sin a l}, \quad (1)$$

где $Z_{\text{в}}$ – волновое сопротивление линии; a – коэффициент изменения фазы волны; l – длина линии.

Отсюда следует, что повысить пропускную способность линии можно, повышая ее натуральную мощность $P_{\text{нат}}$. Из выражения (1) также следует, что один из путей повышения натуральной мощности заключается в снижении волнового сопротивления линии электропередачи. Для линии без потерь волновое сопротивление равно

$$Z_{\text{в}} = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}, \quad (2)$$

где L_0 , C_0 – индуктивность и емкость единицы длины линии.

Таким образом, для повышения пропускной способности линии необходимо рассматривать следующие задачи:

$$\min \operatorname{Re} L \text{ и } \max \operatorname{Re} C. \quad (3)$$

Из электротехники известно, что скорость распространения электромагнитной волны, зависящая от параметров среды, в которых функционирует линия электропередачи, равна

$$v_{\text{в}} = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}}. \quad (4)$$

Отсюда следует, что при неизменных параметрах и отсутствии на линии каких-либо сосредоточенных устройств, влияющих на параметры линии, соотношения параметров постоянны:

$$L_0 C_0 = \text{const.} \quad (5)$$

Следовательно, при изменении конструкции линии, сопровождающимся, например, снижением индуктивности одновременно будет увеличиваться емкость так, чтобы сохранилась соотношение (5).

Факторы расщепления фаз и уменьшения расстояния между проводами разных фаз в одной конструкции использованы при создании компактных воздушных линий сеточного типа [1].

В сеточной линии, варианты схем расположения проводов которой показаны на рис. 1, a – z , провода закрепляют в вершинах смежных ромбов, причем на большей диагонали каждого из них расположены провода одной фазы, а на меньшей, равной стороне ромба, – провода разноименных расщепленных фаз.

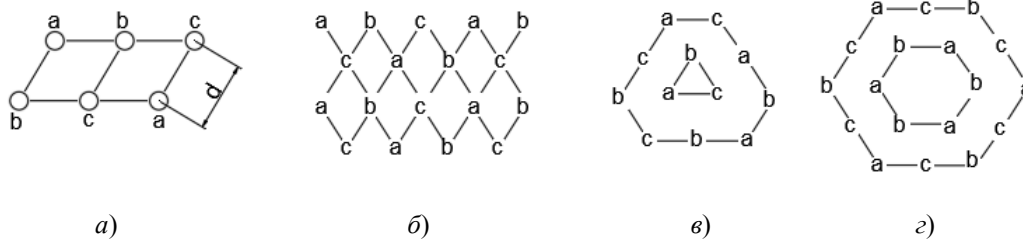


Рис. 1. Варианты одноцепных линий с нетрадиционным расположением проводов расщепленных фаз:
 a – сеточная двухрядная; b – многорядная; v – треугольная;
 z – шестиугольная

Это обеспечивает удаление проводов соседних одноименных на величину $\sqrt{3}d$ при сохранении расстояния между проводами соседних разноименных фаз. Названия вариантов линии приняты исходя из числа в них горизонтальных рядов проводов: при наличии двух рядов – двухрядные, при более двух – многорядные. Сеточная треугольная линия является вариантом многорядной, шестиугольная – двухрядной линией электропередачи.

Приведем оценку электрических, технических и конструктивных параметров компактных воздушных линий сеточного типа напряжением 110 кВ, рассмотренных выше, и сравним их с параметрами традиционных линий (табл. 1, 2).

В табл. 1 x_0 и b_0 – удельные индуктивное сопротивление и емкостная проводимость линии, соответственно

У компактных линий сеточного типа удельная натуральная мощность P_i (на один провод расщепленной фазы) пропорциональна числу составляющих в расщепленной фазе и лежит в диапазоне 14,2–14,6 МВт.

Этот параметр у традиционной линии 110 кВ при расстоянии между проводами разных фаз, равном 5 м, составляет 10 МВт.

Более полное преимущество компактных линий сеточного типа характеризует степень использования ширины трассы и коридора линий при передаче через них максимального потока электрической энергии в натуральном режиме – удельная величина натуральной мощности, рассчитанная $P_{\text{нат}}/\text{м}^2$.

Таблица 1

Параметры сеточных двухрядных линий

Напряжение габариты и марки проводов линии	Число проводов в фазах	Электрические параметры				
		x_0 , Ом/км	$b_0 \cdot 10^{-6}$, Ом · км	$Z_{в}$, Ом	$P_{нат}$, МВт	$P_{в}$, МВт
Сеточная двухрядная линия						
$U = 100$ кВ, $d = 0,8$ м, АС 96/16	2	0,153	7,64	141,4	85	14,2
	3	0,101	11,58	93,4	129	14,4
	4	0,075	15,63	69,2	174	14,6

Таблица 2

Характеристика удельной натуральной мощности традиционных и сеточных линий напряжением 110 кВ

Линия	Натуральная мощность на единицу ширины трассы (числитель) (МВт/м) и площадь поперечного сечения линии (знаменатель) (МВт/м ²)				
	Число составляющих и в расщепленной фазе				
	1	2	3	4	6
Традиционная одноцепная	$\frac{2,3}{0,17}$	–	–	–	–
Традиционная двухцепная	$\frac{4,4}{0,24}$	–	–	–	–
Сеточная двухрядная	–	$\frac{14,2}{0,78}$	$\frac{19,9}{1,09}$	$\frac{25,1}{1,38}$	$\frac{33,0}{1,81}$

Параметры $P_{нат}/м$, $P_{нат}/м^2$ традиционных и сеточных линий приведены в табл. 2. Габариты линий – ширина трассы и высота опор с грозозащитными тросами при расчете значений $P_{нат}/м$, $P_{нат}/м^2$ определены согласно [2, 3] и для линий одного класса напряжения различаются конструктивными параметрами сближенных расщепленных фаз.

Как следует из табл. 2, степень использования ширины трассы и коридора сеточных линий при передаче через них максимального потока электрической энергии в натуральном режиме при $n = 2$ и напряжении $U = 110$ кВ составляет 14,2 МВт/м и 0,78 МВт/м², соответственно, у традиционных двухцепных – 4,4 МВт/м и 0,24 МВт/м².

Проведены также исследования режимов электропередачи напряжением 110 кВ с применением линий сеточного и традиционного типов в широком диапазоне передаваемых мощностей с изменением длины линий до 80 км, которые также подтверждают преимущества линий сеточного типа.

Л и т е р а т у р а

1. Электропередачи переменного тока повышенной мощности / В. Т. Федин [и др.]. – Минск : Наука і тэхніка, 1993. – 224 с.
2. Правила устройства электроустановок / М-во энергетики и электрификации СССР. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.
3. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд. перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с.