

Литература

1. Государственная программа «Энергосбережение» // Главная. Новости. Утверждена Государственная программа «Энергосбережение» на 2021–2025 гг. – Режим доступа: <https://gosstandart.gov.by/approved-state-program-energy-saving-for-2021-2025-years>. – Дата доступа: 16.01.23.
2. Отчет TrendForce. – Режим доступа: https://www.ledinside.com/intelligence/2022/2/lighting_led. – Дата доступа: 18.02.23.
3. Типы светодиодных светильников // Главная. Блог. Типы светодиодных светильников. – Режим доступа: https://interalighting.ru/blog/4294_tipy-svetodiodykh-svetilnikov. – Дата доступа: 05.02.23.
4. Евминов, Л. И. Область применения и экспериментальное исследование электрических и световых характеристик светодиодной матрицы F6040 / Л. И. Евминов, Т. В. Алфёрова, М. Д. Астапенко // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2021. – № 4. – С. 77–89.
5. Технологии повышения эффективности светильников // Главная. Свет. Тенденция рынка светодиодного освещения. – Режим доступа: <https://entherm.ru/svet/stili-osveshcheniya-2.html>. – Дата доступа: 06.02.23.

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

Проведена 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.

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:

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

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

$$v_B = \frac{1}{\sqrt{Z_0 C_0}}. \quad (4)$$

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

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

Следовательно, при изменении конструкции линии, сопровождающемся, например, снижением индуктивности, одновременно будет увеличиваться емкость, так, чтобы сохранилось 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 которых показаны на рис. 1, a – z , провода закрепляют в вершинах смежных ромбов, причем на большой диагонали каждого из них расположены провода одной фазы, а на меньшей, равной стороне ромба, – провода разноименных расщепленных фаз.

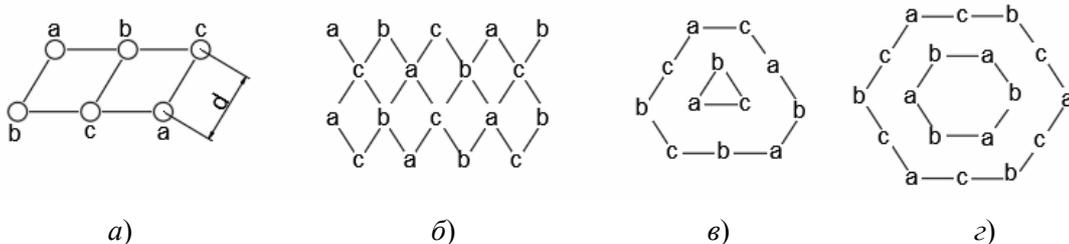


Рис. 1. Варианты одноцепных линий с нетрадиционным расположением проводов расщепленных фаз: сеточная двухрядная (a); многорядная (b); треугольная (v) и шестиугольная (z)

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 двух рядах – двухрядные, при более двух – многорядные. Сеточная треугольная линия является вариантом многорядной, шестиугольная – двухрядной электропередачи.

На рис. 2 изображена порталная опора сеточной двухрядной линии. Провода к стойке опоры прикреплены вертикальными 1 и горизонтальными 2 гирляндами изоляторов. Для подвески и взаимной фиксации проводов нижнего ряда используют

V-образную гирлянду изоляторов. При трех и более рядах применяют также A-образные гирлянды.

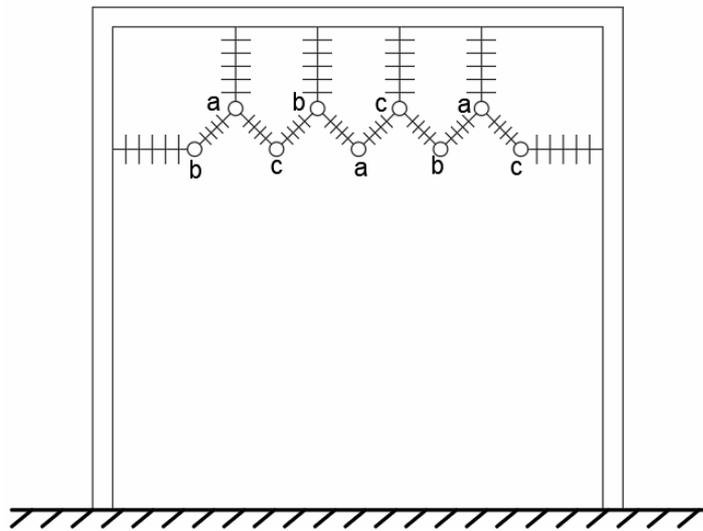


Рис. 2. Схема подвески проводов сеточной линии

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 и 2).

В табл. 1 обозначено: 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 (табл. 1).

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

Более полно преимущества 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_B , Ом	$P_{\text{нат}}$, МВт	P_i , МВт
<i>Сеточная двухрядная линия</i>						
$U = 100$ 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	5
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 $P_{\text{нат}}/\text{м}$, $P_{\text{нат}}/\text{м}^2$ традиционных и сеточных линий приведены в табл. 2. Габариты линий – ширина трассы и высота опор с грозозащитными тросами при расчете значений $P_{\text{нат}}/\text{м}$, $P_{\text{нат}}/\text{м}^2$ 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 и 0,78 МВт/м² соответственно, у традиционных двухцепных – 4,4 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 / Минэнерго 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.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ЧЕРЕЗ СИЛОВЫЕ КАБЕЛИ ПОД АТМОСФЕРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

М. Д. Астапенко

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

Научный руководитель Н. В. Грунтович

Исследована возможность протекания трансформаторного масла через силовой кабель под атмосферным давлением. Представлены результаты эксперимента и сделан вывод, что