

**VI Международная молодежная научно-практическая
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
208-1
17-23 ноября 2023 года**

УДК 621.315.14

А.К. КАЧЕНКОВ, студент гр. ЭПб-221 (КузГТУ)
Научный руководитель: Т.Л. ДОЛГОПОЛ, доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

**Z-ПРОВОДА ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ**

Передача электроэнергии на большие расстояния производится преимущественно по воздушным линиям. В настоящее время в качестве проводов для воздушных линий электропередач используется провод марки АС - стальноеалюминиевый провод. Увеличение нагрузки приводит к необходимости повышения пропускной способности существующих линий электропередач. Если для этой цели использовать традиционные провода марки АС, то эту проблему можно решить либо за счет строительства и ввода в эксплуатацию новых параллельных ЛЭП, либо за счет увеличения сечения проводов существующих ЛЭП. Но увеличение сечения провода может привести к необходимости замены опор или увеличении их числа из-за увеличения веса провода на ширине пролета ЛЭП. Строительство новых ЛЭП требует значительных финансовых вложений и достаточно большого промежутка времени для согласования проекта и ввода линии в эксплуатацию.

Еще одной из проблем линий электропередач является их износ, что влияет на надежность снабжения потребителей электроэнергией. Повысить пропускную способность ЛЭП и их надежность возможно за счет использования нового поколения проводов при реконструкции и модернизации линий без необходимости замены опор, что обуславливает значительное снижение инвестиционных вложений и уменьшение сроков ввода ЛЭП в эксплуатацию.

К проводам нового поколения относятся компактированные и высокотемпературные провода. Компактированными называются провода, у которых коэффициент заполнения токоведущей части более 0,9. Рассмотрим компактированные провода, токоведущая часть которых собирается из проволочек Z - образной формы. В проводах марки АС проволочки круглые.

Первая линия электропередачи с использованием Z – проводников была построена в Бельгии в 1974 году. Причиной использования Z – проводников стала необходимость передачи на большие расстояния большого количества электроэнергии с меньшими потерями. Но линия

VI Международная молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

208-2

17-23 ноября 2023 года

испытывала сильную нагрузку от ветра, характерного для Бельгии, поэтому в начале 1990-х годов французская компания Nexans по производству кабельно-проводниковой продукции изменила продукт, модернизировав технологию производства и учла все отзывы, полученные в ходе эксплуатации Z-проводников, и создала современные проводники AERO-Z. [1]

Z - провода появились в СНГ примерно 15 лет назад, когда в Краснодарском крае в 2007 году проложили первую ВЛ на 110 кВ с использованием Z – проводников (Шепси-Туапсе). Позже такие ВЛ были построены на о. Сахалин, в Хабаровском крае, Тольятти и на полуострове Крым. По отзывам заказчиков, такие ВЛ оказались выгодными не только по экономическим показателям (снижение высоты и количества столбов ВЛ, экономия на станциях плавки гололеда), но и по надежности самих проводников. В Бельгии и Франции ВЛ с Z – проводниками уже стали стандартами, в России же пока происходит медленный переход от традиционных проводов к проводам нового поколения.

Причины, которые обусловили необходимость усовершенствования конструкции провода, следующие:

- необходимость увеличения пропускной способности существующих линий;
- снижение механических нагрузок, прикладываемых к опорам ЛЭП, из-за пляски проводов;
- повышение коррозионной стойкости проводов и тросов;
- снижение риска обрыва провода при частичном повреждении нескольких внешних проволок из-за внешних воздействий, в том числе в результате удара молнии;
- обеспечение повышенных механических свойств проводов при налипании снега или образовании наледи.

В настоящее время российская компания ООО «Ламифил» выпускает две марки проводов с проволочками Z-образного сечения - это AAAC- Z и AACSRZ. Конструктивное отличие данных марок проводов заключается в том, что в проводе марки AAAC- Z отсутствует сердечник, а в проводе марки AACSRZ сердечник имеется, он выполнен из стальной оцинкованной проволоки, По заказу он может быть выполнен из высокопрочной или сверхпрочной стали.

VI Международная молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

208-3

17-23 ноября 2023 года

Z-образное сечение провода дает возможность получить наружный слой практически идеально гладким. Плотная компоновка (заполнение до 98,5 %) позволяет значительно снизить коэффициент аэродинамического сопротивления, поэтому провода типа Z испытывают меньшие механические напряжения.

Кроме этого, благодаря такой конструкции провода снижаются потери на корону из-за выравнивания электрического поля вокруг проводника (напряженность электрического поля, при которой формируется коронный разряд выше на 15%, чем у провода марки АС). Это приводит к существенному снижению климатических потерь при передаче электрической энергии по высоковольтным ЛЭП.

Еще одним преимуществом более гладкой структуры поверхности провода является то, что аэродинамическое сопротивление ветровой нагрузке проводов Z меньше примерно на 30-35%, чем у провода АС. Это приводит к значительному снижению так называемой «пляски» проводов и в вертикальном, и в горизонтальном направлении, что в значительной мере уменьшает нагрузку на гирлянды изоляторов и на опоры при больших ветровых нагрузках.

Кроме того, провода с Z - образной проволокой и провода марки АС имеют разные схемы налипания снега на них в холодное время года. У Z - проводов происходит самосбрасывание снега в силу их конструктивных особенностей. Эта особенность данных проводов исключает необходимость плавки гололеда на них, что значительно уменьшает эксплуатационные затраты на обслуживание ЛЭП.

Провод марки AAAC- Z выпускается сечением от 148 до 928 мм², провод со стальным сердечником AACSRZ - от 251 до 1055 мм². Произведем сравнение характеристик проводов АС-240/39, AERO-Z 301-2Z, AAAC-Z 242-2Z и AACSRZ251 практически одинакового сечения.

Сравнительные характеристики указанных проводов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика проводов AAAC-Z 242-2Z и АС -240/39

Тип провода	Удельное сопротивление, Ом/км	Удельная масса, кг/км	Токовая нагрузка, А	Диаметр, мм ²	Усилие на разрыв, кН
AC -240/39	0,1222	952	610	21,6	80,895
AERO-Z 242-2Z	0,1359	671	610	18,5	77,93
AAAC-Z 242-2Z	0,1279	687	692	18,9	79,96
AACSRZ251	0,1234	875	651	19,1	124,3

Как следует из табл. 1 провода Z российского завода изготовителя по своим характеристикам не уступают проводам зарубежных фирм.

VI Международная молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

208-4

17-23 ноября 2023 года

Отечественные провода имеют большую массу, но меньшее погонное активное сопротивление и большую пропускную способность при одинаковых сечениях проводов. Провода марки AACSRZ251 имеют в 1,5 раза большое разрывное усилие, чем провод марки AERO-Z.

По сравнению с проводом марки АС российские Z провода имеют большие значения допустимых токов и меньший вес. Следовательно, используя данные марки проводов при реконструкции ЛЭП, можно увеличивать их пропускную способность, не меняя опоры и не уменьшая ширину пролетов.

Меньший диаметр Z – проводников, по сравнению с обычными проводниками, позволяет снизить нагрузку на опоры ВЛ и провисание этих проводников.

Использование нового типа проводников Z, позволит значительно повысить энергоэффективность и надежность линий электропередач, снизить потери электрической энергии в сетях и решить задачу по модернизации всей российской энергосистемы. [5]

Список литературы:

1. АО «Кабельный альянс (холдинг)» «Каталог проводов с Z-образным сечением проволок верхних повивов» [Электронный ресурс] – Режим доступа:

https://avatok.ru/images/download/provoda_A3F.pdf?ysclid=ln359n4rwv27416 (дата обращения 28.09.2023)

2. ООО Ламифил «Провода для высоковольтных воздушных линий электропередачи компактированные типа Z марки AAAC-Z» [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://ламифил.рф/image/data/file/AAAC-Z.pdf?ysclid=ln357t4i34320031594> (дата обращения 29.09.23)

3. ООО «НПК Сим-Росс» «Провода для высоковольтных воздушных линий электропередачи» [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://www.simross.ru/files/33417/каталог%20Lamifil.pdf?ysclid=ln35d56i9w> (дата обращения 30.09.2023)

4. В.Н. Курьянов, М.М. Султанов, Национальный Исследовательский Университет «Московский Энергетический Институт»; В.А. Фокин, генеральный директор ООО «Энергосервис» «Инновационные высокоэффективные провода для линий электропередачи» [Электронный ресурс] – Режим доступа:

[\(дата обращения 01.10.23\)](http://energoservice.com/files/Jurnal_energy_statya_Kyryanov_13.07.pdf)

**VI Международная молодежная научно-практическая
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

208-5

17-23 ноября 2023 года

5. Роберт Г. Олсен, профессор электротехнической школы электротехники и компьютерных наук Вашингтонского государственного университета, Пуллман, «Электромагнетизм воздушных линий электропередачи высокого напряжения» [Электронный ресурс] – Режим доступа:

https://eecs.wsu.edu/~olsen/Book_Files/R_G_Olsen_HVOTL_EM_Vol_1_Final_with_links.pdf (дата обращения 01.10.23)

6. СТО 56947007-29.060.50.268-2019. Указания по проектированию ВЛ 220 кВ и выше с неизолированными проводами нового поколения. - ПАО ФСК ЕЭС, 2019 - 98 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа:

https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-29.060.50.268-2019.pdf (дата обращения 01.10.2023)

Информация об авторах:

Каченков Алексей Константинович, студент гр. ЭПб-221, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, alekseykachenkov@gmail.com

Долгопол Татьяна Леонидовна, доцент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, dtl.egpp@kuzstu.ru