

УДК 621.3

DOI 10.57112/E241-317

ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Кулаков Алексей Александрович a.kulakov@azpi.ru

Полищук Владимир Иосифович polischuk_vi@mail.ru

Аннотация:

В данной статье производится анализ исследования многоцепных воздушных линий, проведённого «Лабораторией управляемых электропередач академии наук Молдовы». Рассмотрена одна из наиболее перспективных методик повышения пропускной способности энергетических систем. Рассматривается возможность создания одноцепных и многоцепных ВЛ повышенной пропускной способности с изолированными проводами для воздушных электрических сетей высокого напряжения. Представлены наиболее перспективные изоляционные материалы. Рассмотрены основные принципы и свойства опор УСВЛ, предъявляемые требования. Основной целью исследования является анализ перспективности применения УСВЛ для повышения пропускной способности питающих линий. Актуальность исследования обусловлена тем, что развитие промышленности и рост производственных мощностей влечет за собой значительное увеличение электрических нагрузок, для закрытия этих потребностей необходимо соответственно увеличивать пропускную способность питающих сетей.

Ключевые слова: Воздушные линии электропередач, повышение пропускной способности, изоляция фазных проводов, сближение фаз, УСВЛ.

В настоящее время можно наблюдать активное развитие городов и производственных мощностей и как следствие - рост мощности генерирующих источников. Соответственно, возникает необходимость повышать пропускную способность энергетических систем.

Существует немало традиционных способов и методик повышения пропускной способности энергетических систем, таких как возведение дополнительных ЛЭП, увеличение сечений проводов, повышение класса напряжения и расщепление фазы. Однако, эти методы обладают рядом недостатков, при их применении возникает необходимость в замене опор, изоляторов, трансформаторного оборудования, а также в усилении фундаментов и расширении коридора.

Одним из способов совершенствования технических характеристик и надежности работы распределительных электрических сетей является создание ЛЭП напряжением до 110 кВ с применением изолированных проводов.

Применение современных изоляционных материалов, а в частности трекингоустойчивого светостабилизированного сшитого полиэтилена даёт возможность создания изолированных проводов различных сечений на разные классы напряжения [1]. Их использование позволит создать линии электропередач нового типа для распределительных электрических сетей в одноцепном и многоцепном исполнении.

Использование данных технических решений открывает перспективу строительства ЛЭП компактной конструкции, имеющих повышенную

пропускную способность и обладающую улучшенными показателями надежности и безопасности. Применение изолированных проводов позволяет сократить расстояния между фазами 3-4 раза, по сравнению с обычными линиями с голыми проводами. Что, в свою очередь, даёт возможность повысить пропускную способность ЛЭП и другие электрические параметры. Помимо этого, использование изолированных проводов уменьшает опасность гололедообразования и позволяет снизить аварийность от возможных кратковременных соприкосновений проводов при их пляске и качаниях.

Из опыта строительства ЛЭП с изолированными проводами напряжением 0,4-10 кВ, а также из опыта исследований в области управляемых самокомпенсирующихся воздушных линий, наиболее рациональной оказалась возможность строительства таких ЛЭП на напряжение 110 кВ [2]. Особенности линий электропередачи с изолированными проводами на напряжение 110 кВ являются наличие сближенных фаз, принадлежащих разным цепям, и установка фиксированного или регулируемого углового сдвига (θ) между трехфазными системами векторов напряжений цепей, в зависимости от режимов работы. Ввиду указанных особенностей многоцепные трехфазные УСВЛ имеют следующие достоинства по сравнению с традиционными ЛЭП: увеличенная на 10-50% пропускная способность (в зависимости от классов напряжения), улучшенные эксплуатационные характеристики и уменьшенные капитальные вложения и эксплуатационные затраты.

Рядом исследований института энергетики Молдовы выявлено, что промежуток между сближаемыми фазами разных цепей может быть установлен в 2-3 раза меньше, чем используемый при проектировании и строительстве традиционных ЛЭП. «Например, для линий 10 кВ расстояние между сближенными фазами может составлять 0,3 - 0,4 м, для 35 кВ – 0,4 - 0,6 м, для 110 кВ - 0,7 - 1,1 м, для линий класса 330 кВ – 3,0 - 3,5 м, для 500 кВ – 4,0 - 4,5. [4]»

Минимально возможный промежуток между фазами из голых одиночных или расщепленных проводов обуславливается диэлектрическими свойствами межфазного воздушного зазора. Вышеуказанные межфазные промежутки не являются предельными.

При использовании изолированных проводов межфазный промежуток может быть ещё меньше, что даёт ещё большее повышение пропускной способности линий и дальнейшее улучшение их характеристик [5].

К собственной изоляции фазных проводов могут предъявляться облегченные требования, поскольку, при использовании изолированного провода учитывается его изоляция в совокупности с изоляцией гирлянд изоляторов. Выбор длины межфазных воздушных промежутков должен осуществляться с учетом разности рабочих напряжений сближаемых фаз и воздействия внутренних и грозных перенапряжений.

Вышеописанные принципы легли в основу выбора конструкции ВЛИ-110 кВ. Рассматриваются 4 варианта межфазных промежутков различных цепей ВЛИ-110 кВ: от 0,4 до 0,7 м. Исследование и сравнение параметров и характеристик ВЛИ 110 кВ проделаны по отношению к традиционным двухцепным ВЛ-110 кВ с конфигурацией расположения фаз по типу «бочка» [3]. (рисунок 1).

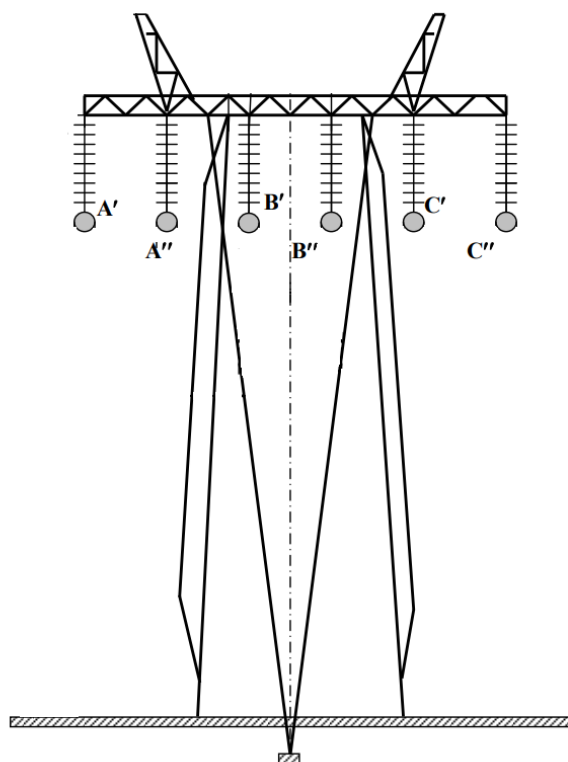


Рисунок 1 – промежуточная опора УСВЛ для классов напряжений 110, 220, 330 и 500 кВ

В случае попарного сближения фаз двухцепных УСВЛ, угловой сдвиг (θ) приложенных к ним напряжений в нормальном режиме при передаче расчетных величин мощности будет равен 120° (180°). При этом линия имеет максимальную величину натуральной мощности и пропускной способности, ввиду уменьшенного значения продольного индуктивного сопротивления и наибольшему значению рабочей емкостной проводимости.

При $\theta = 0^\circ$ линия будет обладать минимальной величиной зарядной мощности, в отличие от режима при $\theta = 120^\circ$ (180°), когда величина зарядной мощности имеет свое максимальное значение.

Для расчетов основных параметров ВЛИ–110 кВ со сближенными фазами использованы ранее полученные аналитические выражения для двухцепных и многоцепных УСВЛ, выведенные на основании уравнений этих линий. [3].

Результаты расчетов значений натуральной мощности и удельной рабочей емкости для данных вариантов ВЛИ-110 кВ указаны в таблице 1. Для традиционной двухцепной ВЛ110 кВ получены следующие значения: величина натуральной мощности на обе цепи равна 55,43 МВт, (27,71 МВт на одну цепь), а рабочая удельная емкость фаз $1,64 \cdot 10^{-8}$ Ф/км.

Проанализировав полученные значения, можно прийти к выводу, что многоцепные линии электропередачи с изолированными проводами при сближении фаз повышают величину натуральной мощности в 1,45 - 1,6 раз, в сравнении с обычными двухцепными ВЛ-110 кВ. Этот фактор способствует существенно большей пропускной способности ВЛИ-110 кВ и улучшению их режимных характеристик по сравнению с традиционными ВЛ-110 кВ.

Таблица 1 - Значения натуральной мощности и удельной рабочей емкости фаз многоцепных линий 110 кВ со сближенными фазами (при $d=0,4-0,7$ м), МВт

Расчётные параметры	Единицы изменения	Расстояния между фазами цепей ВЛИ-110 кВ, м			
		0,4	0,5	0,6	0,7
Значения для двухцепной ВЛИ-110 кВ: - натуральная мощность - рабочая емкость фаз	МВт Ф/км	88,88 $2,94 \cdot 10^{-8}$	85,79 $2,8 \cdot 10^{-8}$	82,99 $2,7 \cdot 10^{-8}$	80,55 $2,6 \cdot 10^{-8}$
Значения для трехцепной ВЛИ-110 кВ: - натуральная мощность - рабочая емкость фаз	МВт Ф/км	133,79 $4,46 \cdot 10^{-8}$	129,12 $4,3 \cdot 10^{-8}$	124,8 $4,1 \cdot 10^{-8}$	121,04 $3,9 \cdot 10^{-8}$

Сравнение значений натуральной мощности многоцепных ВЛИ-110 кВ и двухцепных обычных ВЛ-110 кВ в расчете на одну цепь представлено в таблице 2.

Таблица 2 - Отношение величин натуральной мощности многоцепных ВЛИ-110 кВ и обычных двухцепных ВЛ-110 кВ (на одну цепь)

Параметры	Размерность	Расстояния между фазами цепей ВЛИ-110 кВ, м			
		0,4	0,5	0,6	0,7
Значения натуральной мощности ВЛИ-110 кВ на одну цепь: - двухцепной - трехцепной	МВт МВт	44,44 44,59	42,89 43,04	41,49 41,6	40,27 40,34
Отношение значений натуральной мощности на одну цепь ВЛИ-110 кВ и традиционной ВЛ-110 кВ: при 2-х цепном исполнении ВЛИ-110 при 3-х цепном исполнении ВЛИ-110	Отн. ед. Отн. ед.	1,6 1,6	1,54 1,55	1,49 1,49	1,45 1,45

Таким образом:

- двухцепные и трехцепные ВЛИ-110 кВ сеточного типа обладают значениями натуральной мощности в 1,4 - 1,6 раза большими, чем обычные ВЛ-110 кВ, в расчете на одну цепь;
- внедрение каждой новой цепи ВЛИ-110 кВ даёт возможность повысить передаваемую мощность на 40 - 45 МВт;
- трехцепная ВЛИ сеточного типа по передаваемой мощности может заменить одноцепную ВЛ-220 кВ;
- передаваемая мощность на единицу площади поперечного сечения ВЛИ-110 кВ более, чем в 3 раза выше, чем у обычной ВЛ-110 кВ;

– целесообразная сфера использования двухцепных и трехцепных ВЛИ сеточного типа при напряжении 110 кВ лежит в интервале передаваемых мощностей 60 - 200 МВт.

Полученные данные доказывают необходимость налаживания работ по проектированию и строительству ВЛ-110 кВ с изолированными проводами, последующих исследований и комплексных разработок опытно-экспериментального и практического характера.

Список используемой литературы

1. Воробьева В. В. Перспектива применения управляемых самокомпенсирующихся высоковольтных линий для регулирования перетока мощности / Воробьева В. В. [Текст] // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. Сборник научных статей по итогам одиннадцатой международной научной конференции. Часть 1. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «КОНВЕРТ», 2020. – С. 48-50.

2. Якубова Е. Е., Тимохин Р. В., Султанов Р. А., Пак В. Е., Лавренчук О. Э. Применение управляемых самокомпенсирующихся линий электропередач для повышения пропускной способности воздушных линий типовой конструкции [Текст] / Якубова Е. Е., Тимохин Р. В., Султанов Р. А., Пак В. Е., Лавренчук О. Э. // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва. – 2019. – № 7(41). – С. 65-68.

3. Гайдей, К. В., Зайцев, Д. А. Исследование эффективности применения ЛЭП повышенной пропускной способности сети молдавской энергосистемы [Текст] / К. В. Гайдей, Д. А. Зайцев // Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. Экономика и управление – 2023. – № 3 (75). – С. 135-143.

4. Эффективность передачи электрической энергии при применении компактных управляемых ВЛ. / Ю. Г. Шакарян, Л. В. Тимашова, С. Н. Карева, В. М. Постолатий. – Текст: непосредственный // Энергия единой сети, 2014, № 3(14), С. 4-15.

5. Т. В. Копейкина. Технические аспекты применения компактных управляемых воздушных линий электропередачи / Т. В. Копейкина – Текст: непосредственный. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2015, № 12, С. 581-584.

Информация об авторах

Кулаков А. А. - студент группы 8Э-21, Полищук В. И. - д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», РФ, Алтайский край, г. Барнаул.

Ссылка для цитирования

Кулаков, А. А. Повышение пропускной способности воздушных линий электропередачи переменного тока / А. А. Кулаков, В. И. Полищук // Энерджинет. 2024. № 1. URL: <http://nopak.ru/241-317> (дата обращения: 09.06.2024).

