

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОМПАКТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Кулаков Алексей Александрович a.kulakov@azpi.ru

Полищук Владимир Иосифович polischuk_vi@mail.ru

Аннотация:

В данной статье производится анализ исследований и разработок компактных линий электропередач, проведённых «Лабораторией управляемых электропередач академии наук Молдовы». Рассмотрены основные принципы и конструктивные особенности устройства компактных воздушных линий электропередач. Представлены наиболее перспективные конструкционные решения. Рассмотрены свойства опор УСВЛ и их отличия от опор традиционных конструкций. Основной целью исследования является анализ перспективности применения компактных ВЛ и УСВЛ для решения задач развития интегрированных электроэнергетических систем и совершенствования электрических распределительных сетей. Актуальность исследования обусловлена необходимостью решения проблем: обеспечения управляемости электропередач; регулирования режимных параметров; исполнения ограничений по наименьшему отчуждению земельных угодий под строительство; строительства электропередач с наименьшими капиталовложениями и минимальными расходами в ходе эксплуатации.

Ключевые слова: Воздушные линии электропередач, повышение пропускной способности, сближение фаз, компактные ВЛ, УСВЛ.

На сегодняшний день развитие интегрированных электроэнергетических систем и совершенствование электрических распределительных сетей играют значительную роль. Для решения данных вопросов необходимо рассмотреть следующие проблемы [1]:

- разработка электропередач в согласовании с установленными параметрами, а также пропускной способностью;
- обеспечение управляемости электропередач, регулирование режимных параметров, величины и направления потоков мощности;
- исполнение всех технических условий и природоохранных ограничений по наименьшему отчуждению земельных угодий под строительство;
- строительство электропередач с наименьшими капиталовложениями и минимальными расходами в ходе эксплуатации.

Классическая конструкция линий электропередачи и регулирующего оборудования не в полной мере отвечает предъявляемым к ним требованиям по ряду признаков. В частности, увеличение пропускной способности ЛЭП достигается с помощью непрерывной модернизации существующих сетей. С этой целью используют следующие методы [2]:

- замена существующих проводов на провода с большими сечениями;
- сооружение дополнительных воздушных линий;
- увеличение класса напряжения;

- расщепление фаз;
- использование различных способов регулирования.

Приведенные методы обладают некоторыми значительными недостатками. Одна из возможных модификаций заключается в замене имеющихся проводов на провода с более крупным сечением. Однако, это приводит к увеличению веса проводов, что в свою очередь создает дополнительные нагрузки на опорные элементы, появляется потребность в дополнительной установке опор. Возведение дополнительных ЛЭП требует существенных инвестиций, времени, а также получения разрешений на строительство [2]. Существование зон с запретом на строительство также влечет свои проблемы. Переход на другой класс напряжения или расщепление фаз тоже требует полной перестройки линии.

Еще один метод увеличить пропускную способность линий электропередач - использовать различные регулирующие средства, такие как FACTS.

Большинство эксплуатируемых воздушных линий электропередачи не имеют достаточных первичных параметров, поэтому использование регулирующих устройств в таких линиях сопряжено с низкой эффективностью и высокими расходами. В настоящее время разработаны новые типы воздушных линий переменного тока, имеющие значительно более высокие технические и экономические характеристики. Одним из таких типов являются компактные управляемые воздушные линии переменного тока. Основная идея создания таких линий заключается в использовании дополнительных технических возможностей в конструкции линий переменного тока, которые до этого не были замечены и реализованы.

Компактные управляемые линии электропередач включают в себя комплекс технических решений, представленных одноцепными и многоцепными воздушными линиями в новом схемно-конструктивном исполнении с использованием современных регулирующих средств, таких как FACTS – технологии.

Устройство компактных воздушных линий электропередачи основано на следующем конструктивном решении: между проводами устанавливаются жёсткие распорки, что позволяет исключить влияние ветра на провода и исключить их раскачивание. Благодаря этому, фазы линии можно существенно сблизить, без опасности появления электрического пробоя или механического повреждения в результате столкновения проводов в неблагоприятных погодных условиях [3]. Сближение фазных проводов и формирование компактных конфигураций их взаиморасположения в одноцепных и многоцепных воздушных линиях электропередачи даёт возможность оказывать воздействие на характеристики электромагнитного поля в промежуточном и окружающем пространстве линии. Усиление поля внутри линии улучшает электрические параметры, повышает пропускную способность и технические характеристики линии, а ослабление поля во внешнем пространстве повышает экологические характеристики линии [3].

Компактное расположение фаз возможно благодаря изменению их количества и конфигурации их расположения, а также конструкцией разделения фаз.

В компактных ВЛ фаза может иметь следующую конструкцию: плоскую, эллиптическую или параболическую (рисунки 1) [4].

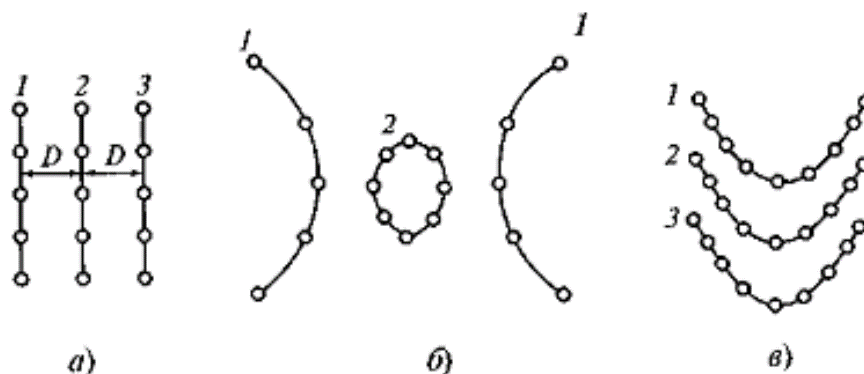


Рисунок 1 – Возможные конструкции фаз для компактных линий:
а – плоские; б – эллиптические; в – параболические

Отличительной чертой этих конструкций является значительно увеличенное расстояние между отдельными фазными проводниками, оно способно достигать до 1 м [4]. Это сокращает взаимное влияние электрических полей на каждом проводе и обеспечивает однородное расположение зарядов по поверхности каждого провода. Зависимость пропускной способности линии от количества проводов в фазе становится линейной, и пропускная способность линии может быть увеличена за счет увеличения количества фазных проводов.

Значительным техническим и экономическим преимуществом компактных воздушных линий считается возможность постепенного монтажа расщепленных фазных проводников, возможность доводить их количество до проектного в следствии повышения фактических нагрузок.

Если в качестве главного изоляционного элемента воздушных линий электропередачи используется воздух, то сокращение изоляционного расстояния между проводом и землей, т.е. уменьшение размеров линии электропередачи, может быть достигнуто следующими способами [3]:

- применение изолированных проводов и проводов большего сечения;
- использование современных высокопрочных полимерных изоляторов;
- монтаж столбовых ограничителей перенапряжений;
- использование многогранных и конических металлических опор;

На сегодняшний день компактные воздушные линии электропередач включают в себя [5]:

- комбинированные управляемые воздушные линии, включающие компактные воздушные линии;
- УСВЛ - управляемые двухцепные и многоцепные самокомпенсирующиеся воздушные линии;
- ОКВЛ - компактные трехфазные одноцепные воздушные линии;
- МКВЛ - компактные многоцепные трехфазные воздушные линии.

Для одноцепных и двухцепных компактных ВЛ регулирование режимных параметров производится благодаря регулирующим устройствам типа FACTS, расположенным в отдельных узлах электропередачи.

Для реализации компактного расположения фаз следует применять специальные опорные конструкции, исключающие наличие заземленных опорных элементов между фазами, используются специальные типы подвесок проводов на опорах, например, с использованием V-образных гирлянд из изоляторов или изолирующих траверс и других изолирующих конструкций, ограничивающих смещение сближенных фаз между собой [12].

В одноцепных компактных трехфазных воздушных линиях минимально допустимыми должны быть промежутки между всеми тремя фазами. Значения минимально допустимых промежутков между сближенными фазами должны составлять [6]:

$$D' = (0,3 \div 0,4) * D, \quad (1)$$

где D' – межфазное расстояние на ВЛ компактной конструкции, м, D – межфазное расстояние на ВЛ обычной конструкции, м.

На рисунке 2 представлена конструкция опоры для одноцепной компактной ВЛ-220 кВ [5].

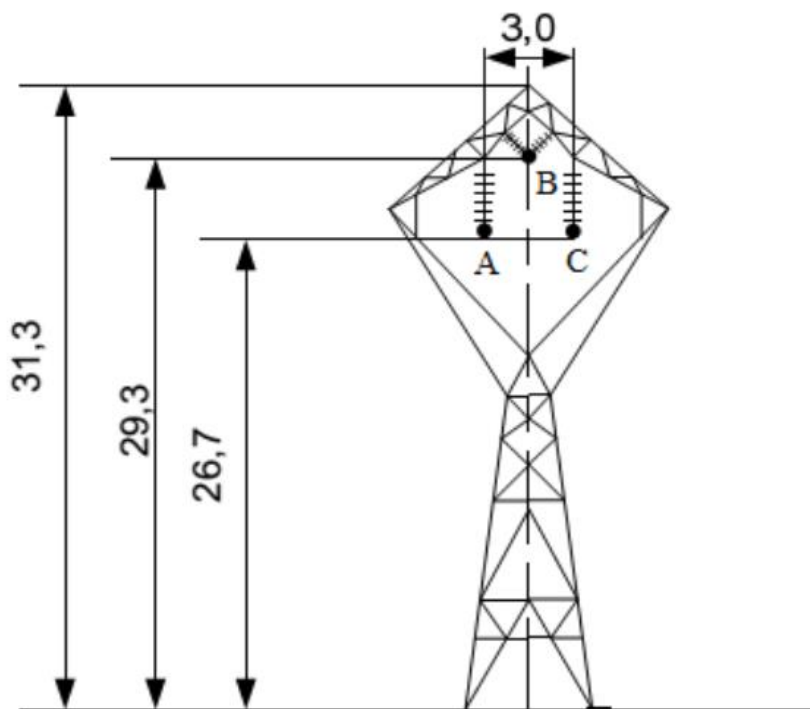


Рисунок 2 – Одноцепная компактная ВЛ-220 кВ

Двухцепные и многоцепные компактные ВЛ отличаются вышеописанных конструкций одноцепной трехфазной ВЛ тем, что включают две или более одноцепных ВЛ, находящихся на одной опоре, каждая из которых расположена по одну сторону стойки опоры или конструктивных элементов опоры.

В компактных двухцепных ВЛ межфазные расстояния каждой цепи выбираются как минимально допустимые, а промежутки между цепями из-за наличия

опорной стойки (или других элементов) между ними можно считать такими же, как и на обычных линиях (рисунок 3) [6].

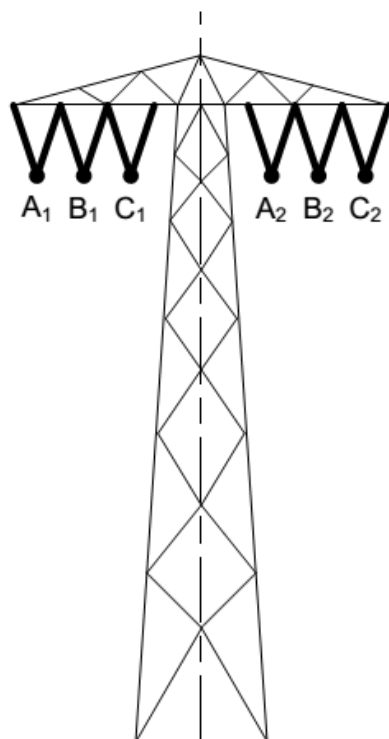


Рисунок 3 – Двухцепная компактная воздушная линия электропередачи на опоре башенного типа

В вышеуказанных компактных ВЛ, сближенными выполняются фазы только своих цепей. Это означает, что каждая трехфазная цепь имеет свою автономную конструкцию и не связана с какой-либо другой цепью. Такое чередование фаз называется симметричным. Использование различных поперечных и продольных компенсаторов в таких линиях изменяет эквивалентные параметры передачи электроэнергии в целом, но на собственные параметры линии (индуктивное сопротивление, емкостная проводимость и волновое сопротивление) не влияет [6].

В поисках новых возможностей для увеличения пропускной способности и управляемости ВЛ были разработаны двухцепные воздушные линии электропередачи на основе компактных ЛЭП, которые регулируют внешние и внутренние параметры ВЛ. Линии электропередачи с такими характеристиками называются управляемыми самокомпенсирующимися воздушными линиями.

Основное различие между УСВЛ и компактными воздушными линиями заключается в том, что фазы разных цепей выполняются попарно сближенными. Такое расположение фаз называется транспонированным. Сближенные фазы в пролетах фиксируются относительно друг друга с использованием изолирующих элементов (гирлянд изоляторов (стяжек) или изоляционных распорок), что практически исключает проблему пляски и вибрации проводов линии, при влиянии неблагоприятного атмосферного воздействия[1]. Цепи УСВЛ расположены на

общих опорах (одно-, двух-, четырехстоечных), возможно размещение пар сближенных фаз на отдельных опорах. Существуют варианты нетрадиционных подвесок фаз на опорах, которые при определенных конструктивных условиях могут обеспечить работоспособность конструкций соседних фаз без установки изоляционных элементов между ними в пролетах [1].

На рисунке 4 представлен один из возможных вариантов конструкции опор УСВЛ [1].

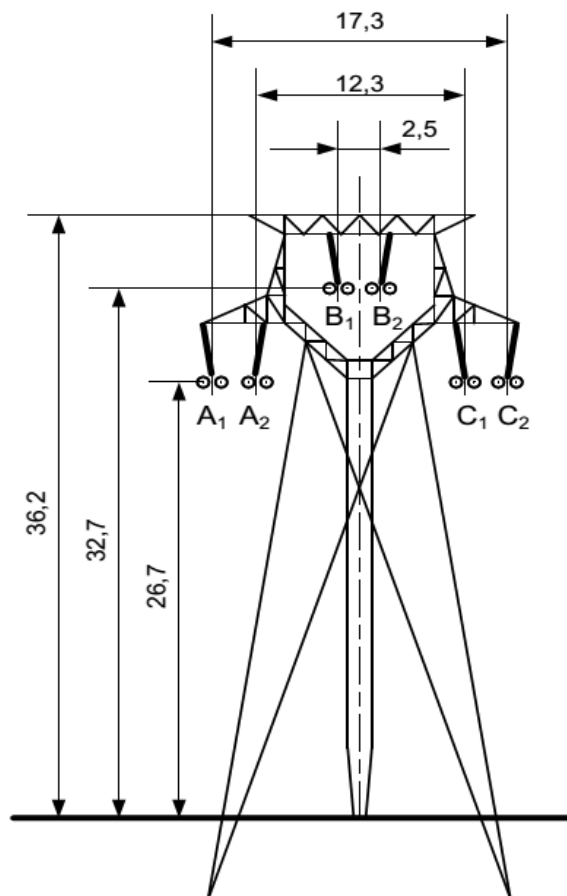


Рисунок 4 – Опора двухцепной УСВЛ-220 кВ типа «Чайка»

В отличие от ВЛ, имеющих традиционную конструкцию, применение компактных ВЛ позволяет [7]:

- снизить стоимость электроэнергии и передачи энергоресурсов за счет снижения удельных затрат на 10-20%,
- выполнять принудительное перераспределение потоков активной и реактивной мощности,
- уменьшить в 1,5-2 раза площадь земельных угодий для строительства линий, уменьшить суммарные потери электроэнергии в энергосистеме,
- улучшить механическую устойчивость ВЛ при влиянии неблагоприятного атмосферного воздействия,
- Эффективно применять устройства регулирования реактивной мощности.

Список используемой литературы

1. Эффективность компактных управляемых высоковольтных линий электропередачи / В. М. Постолатий, Е. В. Быкова, В. М. Суслов, Ю. Г. Шакарян, Л. В. Тимашова, С. Н. Карева. – Текст : непосредственный. // Problemele Energeticii Regionale, Chişinău, 2015, №3(29), С. 1-17.
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. Т. В. Копейкина. Технические аспекты применения компактных управляемых воздушных линий электропередачи / Т. В. Копейкина – Текст : непосредственный. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2015, № 12, стр. 581-584.
4. 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.
5. 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.
6. Основные принципы организации ремонтных работ на линиях электропередачи нового поколения напряжением 220 кв и выше / В. М. Постолатий, Е. В. Быкова, В. М. Суслов, Ю. Г. Шакарян, Л. В. Тимашова, С. Н. Карева – Текст : непосредственный. // Problemele Energeticii Regionale, Chişinău, 2011, №2(16), С. 1-9.
7. 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.

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. Конструктивные особенности компактных линий электропередачи переменного тока городе / А. А. Кулаков, В. И. Полищук // Энерджинет. 2024. № 1. URL: <http://nopak.ru/241-316> (дата обращения: 09.06.2024).

