

УДК 621.3

Разновидности и особенности конструкций самонесущих изолированных проводов для воздушных линий электропередач

Вараксин Э.В., Щигло Е.В., Окуленко А.Р.

Научный руководитель – м.т.н., ст. препод. ПЕТРАШЕВИЧ Н.С.

Первые воздушные линии с изолированными проводами (ВЛИ) появились во Франции в 1955 году. Из-за ограниченности выбора материалов в то время жилы были медными, а изоляция – из искусственной резины с неопреновой оболочкой для защиты от атмосферных воздействий.

Новая технология оказалась привлекательной и энергосистема Франции совместно с производителями кабеля и арматуры продолжила её развитие и улучшение.

На сегодняшний день проектируются и строятся линии электропередачи напряжением 0,38 - 35 кВ. Применение самонесущих изолированных и защищённых проводов является наиболее прогрессивным и перспективным путём развития электрических распределительных сетей.

Основными конструктивными особенностями воздушных линий с изолированными проводами ВЛИ по сравнению с традиционными ВЛ с применением неизолированных проводов являются:

- наличие изоляции на токоведущих жилах;
- отсутствие траверс и изоляторов;
- минимальное расстояние между токоведущими жилами, которое ограничивается только толщиной изоляции и обуславливает малое реактивное сопротивление ВЛИ.

Основными преимуществами воздушных линий с изолированными проводами ВЛИ являются значительное повышение надёжности распределительных электрических сетей и, как следствие этого, снижение эксплуатационных затрат. Все преимущества воздушных линий с изолированными проводами ВЛИ можно объединить в три группы.

Первая группа – преимущества, которые сказываются при проектировании и монтаже воздушных линий с изолированными проводами ВЛИ:

- простота конструктивного исполнения опор (отсутствие траверс и изоляторов);
- простота исполнения нескольких ответвлений от одной опоры;
- простота исполнения многоцепных линий электропередачи, возможность исполнения четырёх- и более цепных линий;
- возможность совместной подвески нескольких цепей ВЛИ с ВЛ 6-10 кВ и линиями связи;
- уменьшение безопасных расстояний от зданий и инженерных сооружений;
- возможность применения для опор ВЛИ стоек меньшей длины;
- увеличение длины пролётов (это преимущество не распространяется на систему СИП с изолированным нулевым несущим проводом);
- возможность прокладки СИП по стенам зданий и сооружений;
- эстетичность конструктивного исполнения воздушных линий с изолированными проводами ВЛИ в условиях жилой застройки при отказе от опор на тротуарах и монтаже линии по фасадам зданий;
- эстетичность исполнения воздушных линий уличного освещения;
- отсутствие необходимости в вырубке просеки перед монтажом;
- простота монтажных работ и, соответственно, уменьшение сроков строительства.

Вторая группа – преимущества эксплуатации и безопасность:

- высокая надёжность в обеспечении электрической энергией в связи с низкой удельной повреждаемостью;
- отсутствие многочисленных замен повреждённых изоляторов, дефектного провода, выправки или замены дефектных траверс;
- сокращение объёмов и времени аварийно-восстановительных работ;

- резкое снижение (более 80 %) эксплуатационных затрат по сравнению с традиционными воздушными линиями электропередачи. Это обуславливается высокой надёжностью и бесперебойностью электроснабжения потребителей, а также отсутствием необходимости в расчистке просек в процессе эксплуатации линии;
- практическое исключение коротких междуфазных замыканий и замыканий на землю;
- практическое отсутствие гололёда и налипания мокрого снега. Полиэтилен изоляционной оболочки проводников является неполярным диэлектриком и не образует ни электрических, ни химических связей с контактирующим с ним веществом;
- высокая механическая прочность проводов и, соответственно, меньшая вероятность их обрыва;
- пожаробезопасность, обусловленная исключением коротких замыканий при схлёстывании проводов или перекрытии их посторонними предметами;
- адаптация к изменению режима и развитию сети;
- уменьшение безопасных расстояний до зданий и инженерных сооружений;
- возможность выполнения работ на воздушных линиях с изолированными проводами ВЛИ под напряжением без отключения потребителей (подключение абонентов, присоединение новых ответвлений);
- значительное уменьшение случаев электротравматизма при эксплуатации линии;
- обеспечение безопасности работ вблизи воздушных линий с изолированными проводами ВЛИ.

Третья группа – преимущества, влияющие на качество электрической энергии, снижение технических и коммерческих потерь в воздушных распределительных сетях напряжением до 1 кВ:

- снижение потерь напряжения как основного показателя качества электрической энергии вследствие малого реактивного сопротивления СИП по сравнению с традиционными воздушными линиями;
- снижение технических потерь электрической энергии вследствие малого реактивного сопротивления СИП;
- снижение коммерческих потерь электрической энергии. Существенно ограничен несанкционированный отбор электроэнергии, так как изолированные, скрученные между собой жилы исключают самовольное подключение к воздушным линиям с изолированными проводами ВЛИ путём набросов на провода;
- значительное снижение случаев вандализма и воровства. Температура плавления изоляции жил близка к температуре плавления алюминия. СИП не пригодны для вторичной переработки с целью получения цветного металла.

За рубежом линии с применением СИП называют необслуживаемыми.

Самонесущие изолированные провода представляют собой провод с алюминиевыми токопроводящими жилами, с изоляцией из светостабилизированного сшитого или термопластичного полиэтилена, скрученными с нулевым несущим проводом из алюминиевого сплава, причём несущий провод может быть изолирован или не изолирован.

Новый европейский стандарт HD626 описывает все типы самонесущих изолированных проводов (СИП).

В мире распространены три основные системы СИП, рис. 1.

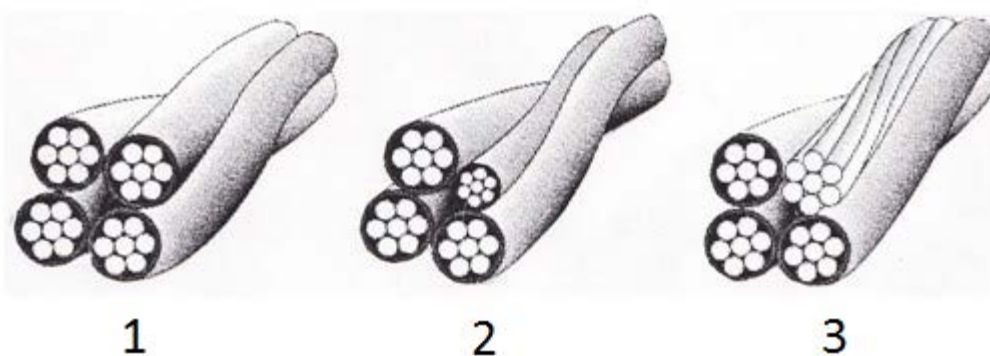


Рисунок 1 – Основные типы СИП до 1 кВ в соответствии с Европейским стандартом HD 626:

- 1) – самонесущая система проводов СИП; 2) – СИП с изолированной несущей нейтралью; 3) – СИП с голой несущей нейтралью

Самонесущая система СИП представляет собой 4 изолированные алюминиевые жилы. Механическая прочность и сечение всех жил одинаковы. При натяжении линии все жилы несут одинаковую нагрузку (рисунок 1.1). Система СИП с изолированной несущей нейтралью, называемая также «Французской системой», состоит из 3-х изолированных алюминиевых жил и одной изолированной несущей нейтрали из алюминиевого сплава «Альмелек». Механическая прочность и сечение трёх фаз одинаковы. Проводник нейтрали предназначен для подвешивания СИП и имеет высокую механическую прочность. При натяжении линии только нейтраль несёт всю растягивающую нагрузку (рисунок 1.2).

Система СИП с голой несущей нейтралью, называемая также «Финской системой», состоит из 3-х изолированных алюминиевых жил и одной несущей нейтрали из алюминиевого сплава без изоляции. Механическая прочность и сечение трёх фаз одинаковы. Проводник нейтрали предназначен для подвешивания СИП и имеет высокую механическую прочность. При натяжении линии только нейтраль несёт всю растягивающую нагрузку (рисунок 1.3).

В каждую из трёх систем могут быть включены 1 или 2 добавочных изолированных алюминиевых проводника сечением 16 или 25 мм² в качестве дополнительных жил или жил для уличного освещения.

Провода марок СИП-1, СИП-1А, СИП-2, СИП-2А предназначены для сетей напряжением до 1 кВ частотой 50 Гц. Сечение проводов от 16 до 120 мм². Районы по гололёду и ветровым нагрузкам с I по УП и особый.

ВЛИ напряжением до 1 кВ представляют собой воздушные линии электропередачи, выполненные на опорах с применением железобетонных, деревянных или металлических стоек. К опорам посредством специальной арматуры подвешены самонесущие изолированные провода. Крепление СИП к опорам осуществляется в основном с помощью металлоконструкций (крюков, бандажных лент и др.), поддерживающих и натяжных зажимов. Соединения и ответвления проводов осуществляются с помощью соединительных и ответвительных зажимов. Помимо линейной арматуры на ВЛИ могут устанавливаться сопутствующие элементы: устройства для подключения переносных заземлений, мачтовые рубильники с предохранителями, ограничители перенапряжения, патроны для плавких предохранителей и др.

Разработаны и испытаны для применения на СИП системы соединителей с прокалыванием изоляции. Технология прокалывания повысила безопасность работы под напряжением, исключив снятие изоляции с провода, при этом упростив и ускорив монтаж соединителя. Одним из главных преимуществ технологии прокалывания является то, что

алюминий не подвергается окислению перед монтажом контакта. Соприкасающаяся с соединителем поверхность не нуждается в предварительной зачистке. Благодаря большому контактному давлению и отличному внедрению в контактной точке технология прокола оказалась инновационным решением.

Таблица 1 – Техничко-экономическое сравнение показателей использования ВЛ и ВЛЗ

Показатель	Неизолированный провод	СИП	Экономический результат
Капитальные вложения на 1 км ВЛ (в ценах 2007 г.), в тыс. руб ВЛ-0,4 кВ ВЛ-10 кВ	144 132	169,8 160,2	Стоимость линий с использованием СИП увеличивается на 30%
Эксплуатационные расходы на 1 км ВЛ (в ценах 2007 г.), в тыс. руб. ВЛ- 0,4 кВ ВЛ-10 кВ	99 59,4	14,58 8,91	Сокращаются на 80-85 % при использовании СИП
Возникновение механических повреждений, %: - в случае обрыва проводов - в случае схлестывания проводов - в случае обрыва вязки проводов	24,4 17 9,8	0 0 0	Практически устраняются
Реактивное сопротивление проводника	0,35 Ом/км	0,1 Ом/км	Энергосбережение составляет 6,5 %
Отключение абонентов, %: - из-за аварий на линиях - при проведении ремонтных работ	40-90 100	0 0	Устраняется
Срок службы линий при частом воздействии выбросов вредных производств	4 года	25-30 лет	Увеличивается срок службы в 6-8 раз
Необходимость подрезки зелёных насаждения при прохождении вблизи них линий	1 раз в год	1 раз в 5 лет	Сокращаются затраты на содержание трасс линий
Возможность совместной подвески линий связи, электроснабжения, электроосвещения	Нет	Есть	Сокращается количество опор линий. Каждая опора – 0,17 м ³ железобетона и 13 кг металлоконструкций

Герметичные соединители проходят испытания для проверки надёжной работоспособности в самых тяжёлых условиях окружающей среды:

- монтаж и эксплуатация при низких температурах;
- гарантированная герметичность при испытании напряжением 6 кВ при погружении в воду на глубину 30 см в течение 30 мин.;

- коррозионная стойкость металлических деталей;
- неизменная температура и сопротивление контакта при циклических нагрузках и перегрузках.

Воздушные линии с СИП получают всё большее распространение. Их использование даёт возможность для сравнения некоторых технико-экономических показателей использования изолированного и голого провода, табл. 1.

Провода марки СИП-3 – высоковольтные самонесущие изолированные провода, рассчитанные на рабочее напряжение до 20 кВ частотой 50 Гц, и предназначены для воздушных линий электропередачи.

Поводом для разработки этих проводов послужила возможность уменьшить ширину просеки при прохождении лесных массивов. Конструкция самонесущих изолированных проводов позволяет обеспечить бесперебойную работу линии даже в случае падения деревьев на провода или их схлёстывания, что совершенно невозможно для аналогичных линий с голыми проводами марок А и АС,

Это одножильный провод, в котором уплотнённая сталеалюминиевая жила имеет изоляционный покров из сшитого светостабилизированного полиэтилена (XLPE), рис. 2. Сечение проводов от 50 до 120 мм². Районы по гололёду и ветровым нагрузкам с I по IV.

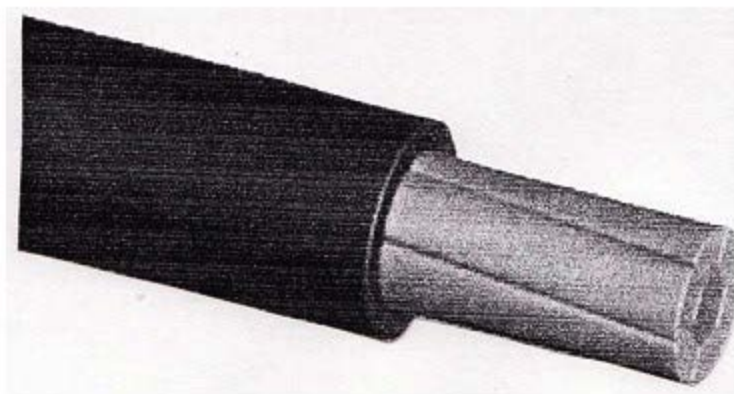


Рисунок 2 – Конструкция СИП-3

Существует модифицированный провод для ЛЭП напряжением до 35 кВ частотой 50 Гц марок ЗАЛП и ЗАЛП-В. Уникальность этих проводов заключается в обеспечении повышенной гибкости провода при его монтаже. Наличие водоблокирующих элементов в конструкции провода ЗАЛП-В препятствует продольному распространению влаги по токопроводящей жиле, что позволяет продолжить работы по монтажу линии в случае возникновения повышенной влажности (дождь).

Провод ЗАЛП представляет собой многопроволочную уплотнённую токопроводящую жилу из алюминиевого сплава, с защитной оболочкой из сшитого светостабилизированного полиэтилена. Конструкция ЗАЛП-В дополнена водоблокирующими элементами в виде нитей и лент.

Литература:

- 1) Кабель и провод. ЭлектроТехИнфо [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eti.su/articles/kabel-i-provod/kabel-i-provod_583.html