

# ПРИМЕНЕНИЕ САМОНЕСУЩИХ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ ЛЭП 35кВ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**С. А. Рожко**

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

Научный руководитель А. Г. Ус

На ВЛЭП распределительных сетей 6–35 кВ в Республике Беларусь уже долгое время традиционно применяются неизолированные провода, имеющие множество недостатков. Однако и для этого класса напряжения созданы защищенные провода. За короткое время защищенные провода зарекомендовали себя как качественные, повышающие надежность электроснабжения электрические проводники. Во многих странах для линий электропередач напряжением до 35 кВ используются изолированные провода, которые подвешиваются на опорах, в однопроводном варианте – на подвесках. Масштабы сооружения ВЛ 35 кВ с использованием защищенного провода с каждым днем все увеличиваются.

Объектом изучения являются воздушные линии электропередач классом напряжения 35 кВ. Основные проблемы в распределительных электрических сетях:

- недостаточный уровень надежности ВЛ 6–35 кВ, достигающий 15–20 отключений в год на 100 км;
- высокий уровень потерь электроэнергии в сетях напряжением 35–110 кВ – 1,5 %, в сетях напряжением 0,4–35 кВ – 7,8 %;
- невыполнение требований по качеству электроэнергии;
- низкий уровень автоматизации.

Необходимость развития электрических сетей доказывает устойчивый рост электрических нагрузок. Ужесточаются требования к надежности электроснабжения и качеству электрической энергии. Нарастает объем электрических сетей, отработавших нормативный срок. Для обеспечения надежного и качественного электроснабжения потребителей необходимо определение оптимальных условий и основных технических направлений.

Самонесущие изолированные провода (СИП) предназначены для воздушных линий электропередач в районах с умеренным, холодным и тропическим климатом.

После выдержки в воде при температуре  $(20 \pm 10)$  °С не менее 10 мин провод испытывают переменным напряжением 4 кВ частотой 50 Гц в течение 5 мин. СИП-3 с изоляцией из сшитого полиэтилена стоек к изгибу при  $-40$  °С.

Минимальный радиус изгиба провода при монтаже на опорах должен быть не менее  $10D$ , где  $D$  – номинальный диаметр провода. Прокладка и монтаж провода должны проводиться при температуре окружающей среды не ниже  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Допустимый нагрев токопроводящей жилы провода СИП-3  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  при нормальном режиме эксплуатации и  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  – при коротком замыкании.

Схематический разрез провода показан на рис. 1.



Рис. 1. Схематический разрез провода:

1 – стальной сердечник; 2 – повив из алюминиевых проволок; 3 – изоляция жилы

Поставка провода осуществляется на барабанах заводами и основными потребителями. Стандарт устанавливает общие требования к проводам на напряжение 0,6/1 кВ с нулевой несущей жилой и проводом, защищенным на напряжение 10, 20 и 35 кВ. В качестве изоляции должны использоваться только сшиваемые композиции светостабилизированного полиэтилена. Использование термопластичного полиэтилена в качестве изоляции не рекомендуется. Предусмотрено также применение алюминиевых жил, упрочненных сталью в качестве несущего элемента провода. Для повышения устойчивости провода к проникновению воды в случае локального повреждения изоляции введены требования по продольной герметизации проводов. На рынке представлен широкий перечень изолированных проводов АМКА, SАХ-NK Energy (Финляндия), Торсада (Франция), отечественных марок «Аврора» и «Заря» – продукция ОАО «Севкабель», ОАО «Иркутсккабель». ОАО «Севкабель» освоено серийное производство самонесущих изолированных и защищенных проводов по типу АМКА, Торсада, SАХ.

Использование СИП существенно сокращает затраты на эксплуатацию энергосистемы: численность обслуживающего персонала уменьшается в несколько раз, а ремонтно-восстановительные работы идут без отключения сети. Гарантия бесперебойной службы арматуры и СИПов – 25 лет. Снижение падения напряжения благодаря значительно меньшему реактивному сопротивлению (в среднем 0,1 Ом/км вместо 0,35 Ом/км) увеличивает нагрузку в киловаттах при аналогичной линии и таком же падении напряжения или повышает качество переданной энергии при той же нагрузке. С 1986 г. строительство распределительных сетей ведется со стойками, имеющими несущую способность 3,5 тм (СВ110-3.5, СВ6105-3.5), 5 тм (СВ105), 7 тм (СНВ-7-13) и 9,3 тм (СВ164-2) для ВЛ 10 кВ. Их применение повысило надежность ВЛ. Однако при этом значительно увеличился расход металла и железобетона. Одновременно начали выявляться недостатки распределительных сетей на железобетонных опорах. Прежде всего, это низкая грозоупорность и необходимость заземления опор ВЛ 6–35 кВ, ограниченная гибкость конструкции, а также деформирование конструкций при транспортировке по трассе и увеличение веса конструкций. В целях повышения эксплуатационной надежности и долговечности ВЛ 6–20 кВ разработаны проекты новых железобетонных стоек марки С112 (С112-1, С112-2 и С112-3) и опор ВЛ 10 кВ с этими стойками. Применение стоек марки С112 в соот-

ветствии с указанными рекомендациями обеспечит нормальную работу ВЛ 35 кВ при воздействии гололедно-ветровых нагрузок с повторяемостью не чаще одного раза в 50 лет, что для принятого расчетного срока службы линий (45 лет) соответствует риску ее разрушения менее 60 %. Такой уровень риска близок к принимаемому для ВЛ за рубежом. Это приведет к экономии, связанной с вырубкой более узкой просеки в лесной местности, возможностью использования более коротких опор. (Допустимое расстояние до поверхности земли для изолированных проводов составляет 4 м, для неизолированных – 8 м).

Преимущества СИП следующие:

1) упрощение процесса прокладки новой линии, возможность переоборудования существующих линии с неизолированными проводами на линии с самонесущими изолированными проводами;

2) возможность установки дополнительных СИП параллельно существующим для удвоения мощности сети (что недопустимо при использовании неизолированных проводов);

3) возможность совместной прокладки на одних и тех же опорах одновременно СИП и высоковольтных воздушных линий 35 кВ с неизолированными или защищенными проводами;

4) возможность одновременного монтажа на одних и тех же опорах телефонных линий (на 0,5 м ниже линии с СИП);

5) резкое снижение (до 80 %) эксплуатационных затрат, обусловленное высокой надежностью и бесперебойностью энергообеспечения потребителей, а также отсутствием необходимости расчистки просек в процессе эксплуатации линии, замены поврежденных изоляторов;

6) простота монтажных работ, возможность подключения новых абонентов под напряжением, без отключения остальных от энергоснабжения и как следствие сокращение сроков ремонта и монтажа;

7) снижение риска возникновения пожаров в лесистой или покрытой кустарником местности при падении провода на землю;

8) уменьшение безопасных расстояний до зданий и инженерных сооружений (электрических, телефонных, воздушных линий), что обеспечивает большую гибкость при прокладке;

9) высокая безопасность обслуживания – отсутствие риска поражения при касании фазных проводов, находящихся под напряжением;

10) незначительное обрастание гололедом и мокрым снегом изолированной поверхности проводов. ПЭ не образует ни электрических, ни химических связей с контактирующими с ним веществами, поэтому мокрый снег легко стекает с круглой поверхности изолированных проводов. В проводах марки А и АС мокрый снег может удерживаться в канавках между проволоками и приводить к обрастанию;

11) повышенная надежность в зонах интенсивного гололедообразования, уменьшение гололедно-ветровых нагрузок на опоры;

12) бесперебойное электроснабжение в случае срыва СИП с опор. На воздушных линиях с такими проводами можно сооружать опоры меньшей высоты, чем те, которые применяются для линий с неизолированными проводами, и менее металлоемкие траверсы. Кроме того, отпадает необходимость в раскаточных роликах при монтаже проводов вследствие использования изоляторов с канавкой. Это снижает расход металла, бетона и сокращает трудоемкость при монтаже.

При проектировании ВЛЗ и ВЛИ вместо электромеханических и аналоговых устройств защиты и автоматики используются цифровые программируемые микропроцессорные реле-терминалы. Эти устройства обеспечивают дистанционное управление защищаемого объекта, передачу информации о текущих электрических параметрах, значениях входных и выходных сигналов, а также позволяют изменять уставки цифровых реле.

Изолированные провода нуждаются в защите от грозовых перенапряжений. При возникновении грозового перенапряжения пробивается воздушный промежуток на поверхности изолятора и достаточно долго горит питаемая сетью дуга – в сетях среднего напряжения однофазный пробой не регистрируется релейной защитой и линия не отключается.

Существуют различные способы защиты от грозовых перенапряжений. Одним из первых появился метод защиты искровым промежутком. Широко применяется, но остается довольно дорогим способ с использованием ограничителей перенапряжения. Эти методы описаны во многих изданиях и статьях. Достаточно давно используется в Европе способ перевода пробоя из однофазного в межфазный. Устройство конструктивно достаточно простое, но необходимо учитывать достаточно малое межфазное расстояние. Устанавливается на достаточном удалении от изолятора (длина вязки спиральной + 5 см), причем рог направлен от опоры, но в сторону траверсы. Само устройство имеет прокалывающие изоляцию контактные зубья, которые при монтаже выводят потенциал провода на рог и поверхность провода. С помощью алюминиевой проволоки этот потенциал выведен на поверхность провода вплоть до изолятора. При возникновении грозового перенапряжения пробивается промежуток у изолятора между проводом и траверсой, но дуга горит не на самом проводе, а на той проволоке, которая выводит потенциал на поверхность. Далее дуга перемещается по проволоке в сторону рогов и за счет ионизации воздуха и относительно небольшого межфазного расстояния переходит в межфазное состояние. Пробой становится видимым для релейной защиты, которая отключает линию.