

УДК621.311

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ 0,4 КВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ САМОНЕСУЩИХ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ

Ковтун Г.К.

Научный руководитель – старший преподаватель Попкова Н.А.

Современный этап развития электроэнергетической отрасли Беларуси характеризуется динамичным строительством новых и модернизацией имеющихся объектов сферы.

Обширную часть в рамках этой работы занимает модернизация электрических сетей. Так согласована инвестиционная программа по ремонту электрических сетей на 2021-2025 годы в Беларуси, в рамках которой планируется в два раза увеличить за это время объем средств, направляемых на модернизацию электрических сетей, что было отмечено министром энергетики на заседании Совета Республики в апреле этого года [1].

При модернизации и строительстве электрических сетей широкое распространение получили изолированные воздушные линии (ВЛИ) с применением самонесущего изолированного провода (СИП). Особенно это характерно для сетей до 1 кВ, которые согласно действующему ТКП [14] рекомендуется выполнять именно с применением СИП технологии. Однако на современном этапе развития данной технологии её применяют и в сетях значительно более высокого класса напряжения. Примером можно назвать реконструкцию воздушной линии 35 кВ Митьки-Рудня в РУП «Гомельэнерго»[2]. Реконструкция выполнена с использованием провода СИП-3.

В своё время появление и применение данного типа проводов (СИП) широко обсуждалась, оценивалась эффективность их применения, опыт применения в зарубежных странах[3], а также проводился сравнительный анализ с существующими линиями с использованием “голых” проводов. В работе [13] проводится анализ альтернативных исполнений распределительных сетей, в том числе и с использованием СИП. Рассчитана механическая часть СИП при их применении на имеющихся типах опор. В работах [9], [1] и [10] рассматривается опыт применения технологии СИП в различных условиях при различных способах реализации воздушных линий с изолированными проводами (ВЛИ). В работе [9] - Крымский опыт эксплуатации СИП, в [6] – Воронежский опыт применения. Работа [10] содержит описание успешных примеров применения технологии СИП в различных географических условиях.

Первое очевидное преимущество СИП – электробезопасность. Обслуживание ВЛЭП стало более безопасным, т.к. СИП-ы позволяют вести обслуживание линий под напряжением. В СИП-ах исключена возможность коротких замыканий между проводами и землей, что повышает пожаробезопасность линии, а также обеспечивает бесперебойность электроснабжения. Исходя из опыта эксплуатации модернизированных с

использованием СИП линий объём работ оперативно-выездной бригады сократился в разы [11], что говорит о надёжности данной технологии. В результате повышения надёжности происходит резкое снижение (более 80%) эксплуатационных затрат.

При обосновании применения СИП при проектировании линии помимо описанных выше свойств технологии СИП необходимо учесть, что существуют различные варианты исполнения СИП, которые в сетях до 1 кВ обычно отличаются наличием или отсутствием отдельно выделенного несущего элемента.

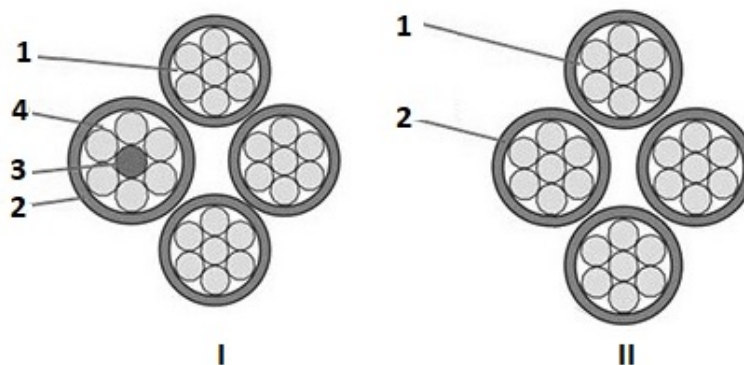


Рисунок 1 – варианты исполнения СИП

I – СИП с отдельно-выделенным несущим элементом, II – СИП без отдельно-выделенного несущего элемента, 1 – фазная токопроводящая жила, 2 – изоляция, 3 – стальной сердечник, 4а – нулевая жила, несущая, неизолированная, 4б – нулевая жила, несущая, изолированная

Первый вариант исполнения – четырехжильный провод, три из них предназначены для трех фаз и оснащены термопластичной изоляцией или изоляцией из сшитого полиэтилена, а четвертая для нулевого вывода, также изолированная. В нулевом проводнике центральная проволока выполнена из стали и является несущей.

Второй вариант исполнения – представляет собой парную систему, в которой каждая жила имеет свою пару, но, в отличие от предыдущих, у нее отсутствует отдельный несущий элемент, подвеска провода осуществляется за все 4 жилы. В качестве изоляции здесь также применяется термопластичный полиэтилен или сшитый полиэтилен.

На начальных этапах применения СИП и до сих пор в пособиях и рекомендациях по проектированию и применению СИП [5], [7] отмечается возможность применения второго варианта исполнения СИП в отходящих от магистрали воздушной линии ответвлениях, в то время как в самих магистралях рекомендуется применять первый вариант исполнения СИП. Согласно этим материалам второй вариант исполнения не удовлетворяет условиям применения по несущей способности. Также предполагается возможным механическое разрушение провода в результате несимметричности электрической нагрузки по фазам. Так как в анкерном зажиме для второго варианта СИП все четыре жилы принимают высокую механическую нагрузку, то та жила, которая греется больше, чем другие, будет вытягиваться. Поэтому нагрузка четырех проводов

распространится на три или на два провода, что приведет к разрушению нулевой или токопроводящей жилы.

В работах [12], [13] проводится сравнение свойств и описание возможности применения двух вариантов исполнения СИП проводов в магистралях воздушных линий. Так в результате расчётов проведенных в работе [10] отмечается, что даже при увеличении в 2 раза тока в одной из жил удлинение составляет не более 0,01 % от первоначальной длины провода в пределах одного анкерного пролета длиной 500 м, что является незначительным. Также по результатам работ делается вывод, что механическая прочность на разрыву провода, у которого все жилы несущие выше, чем у аналогичного провода с несущей нулевой жилой. Данные проведенного в работах анализа позволяют сделать вывод о возможности применения СИП без отдельного несущего элемента в магистрали воздушной линии.

Однако данные выводы справедливы в рамках технической возможности применения. Отдельного изучения требует вопрос об экономической целесообразности применения данного типа провода.

Сам по себе провод без отдельно выделенного элемента стоит дешевле в связи с тем, что имеет меньшую материалоемкость. Несущий элемент имеет дополнительный стальной сердечник в несущей жиле или несущую жилу выполненную из более прочного по сравнению с материалом фазной жилы алюминиевого сплава. Всё это в сочетании с тем фактором, что несущая жила в любом варианте исполнения имеет большее сечение нежели фазная и приводит к увеличению материалоемкости.

Однако следует отметить, что СИП у которого всежилы являются несущими предусматривает большие затраты на элементы арматуры и на монтаж вследствие усложненной конструкции арматуры, специализированный под данный тип провода [11].

В работах, в рамках которых бы происходило сравнение капитальных затрат на строительство линии с применением разных типов СИП [8] учитывается разница в стоимости провода, однако не учитывается различная стоимость арматуры, также приведенные там данные нуждаются в актуализации. Это обуславливает необходимость проведения сравнительного анализа капитальных вложений при строительстве воздушной линии с применением двух различных вариантов исполнения СИП.

Для сравнения был принят участок линии длиной два километра, имеющий 58 промежуточных опор и 6 опор сложной конструкции. При проведении сравнения использовалась продукция российских производителей, следовательно все расчёты проводились в российских рублях. В качестве представителей двух вариантов исполнения СИП, описанных выше были приняты следующие провода:

- СИП-2 3x70+1x95 – в качестве представителя первого варианта исполнения
- СИП-4 4x70 – в качестве представителя второго варианта исполнения

Данные провода производства ООО «ЭлектроКомплект-Сервис» ввиду распространённости на рынке и наличия в открытом доступе цен на продукцию.

Таблица 1 – Капитальные затраты на арматуру для линии с СИП-2

Наименование	Количество (сложные опоры)	Количество (промежуточные опоры)	Суммарное количество	Цена, руб	Сумма, руб
Зажим анкерный (РА1500)	8	-	8	614,52	4916,16
Комплект промежуточной подвески (ES 1500 С)	-	58	58	579,34	33599,40
Кронштейн анкерный (CS 1500)	8	-	-	350,48	2803,84
Общая сумма:					41319,40

Таблица 2 – Капитальные затраты на арматуру для линии с СИП-4

Наименование	Количество (сложные опоры)	Количество (промежуточные опоры)	Суммарное количество	Цена, руб	Сумма, руб
Анкерный зажим (RPA 450/120.S)	8	-	8	1330,11	10640,88
Поддерживающий зажим (PSP 25/120.M)	-	58	58	603,87	35024,46
Крюк универсальный (CS 16)	-	58	58	259,31	15039,98
Кронштейн анкерный (CS 1500)	8	-	-	350,48	2803,84
Общая сумма					63509,16

Линейная арматура была выбрана согласно каталогу ООО "НИЛЕД-ТД" [4], цены на элементы которой можно найти в свободном доступе. Результаты расчёта капитальных затрат на линейную арматуру для линии, выполняемой проводом СИП-2 и СИП-4 представлены в таблице 1 и 2 соответственно.

Итоговые данные сравнения сведены в таблицу 3, данные пунктов , 4-6 рассчитаны с учётом повышающего коэффициента ($k_{пов} = 2,8$) используя данные из работы [8].

Таблица 3 – Сравнение вариантов

Затраты, руб	СИП-2 3x70+1x95	СИП-4 4x70
Провод (2 км)	528140,0	486380,0
Линейная арматура	41319,4	63509,2
Опоры	322650,0	322650,0
Подготовка трассы	13340,0	13340,0
Строительно-монтажные работы	266800,0	266800,0
Прочие затраты	106720,0	106720,0
Всего	1278969,4	1259399,2

Как видно из расчётов в линии, на которой применяется СИП-4 стоимость арматуры выше, однако значительно ниже стоимость провода. В итоге линия с применением СИП-4 оказалась дешевле на 19507,2 руб. (1,5%), что кажется незначительным. Однако следует учесть, что данные расчёты проводились для линии длиной 2 километра. При расчёте на 100 км экономия будет составлять уже 978510 руб.

Исходя из результатов расчёта можно сделать вывод, что помимо технических преимуществ использования СИП-4 и подобных, описанных в приводившихся выше работах, выполнение линии с использованием данного типа провода является еще и более экономичным. Таким образом выбор варианта исполнения СИП, у которого все четыре жилы являются несущими является оптимальным.

Литература

1. В Беларуси намерены удвоить вложения в модернизацию сетей для перевода домов на электроотопление// Сайт Белорусского телеграфного агентства [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://www.belta.by/society/view/v-belarusi-namereny-udvoit-vlozhenija-v-modernizatsiju-setej-dlja-perevoda-domov-na-elektrootoplenie-388245-2020/>. – Дата доступа: 04.10.2020
2. В филиале «Мозырские электрические сети» РУП «Гомельэнерго» выполнена реконструкция ВЛ-35 кВ Митьки-Рудня// Сайт Гомельского республиканского унитарного предприятия электроэнергетики «Гомельэнерго» [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: https://www.gomelenergo.by/index.php?option=com_k2&view=item&id=372:v-f-le-mozyrskie-elektricheskie-seti-rup-gomelenergo-vypolnena-rekonstruktsiya-vl-35-kv-mitki-rudnya&Itemid=102&lang=ru. – Дата доступа: 05.10.2020
3. Гафуров А.М. Основные особенности при выборе экономически выгодных сечений проводов / А.М. Гафуров, Р.М. Калимуллина, Л.И. Гимадеева // Инновационная наука. – 2016. – № 1-2 (13). – С. 31-33.
4. Линейная арматура для самонесущих изолированных проводов на воздушных линиях 0,4 и 6-20 кВ// ООО "НИЛЕД-ТД" – Подольск: 2011 г. — 89 с.
5. Логинова, С.Е. Пособие по проектированию воздушных линий электропередачи напряжением 0,38–20 кВ с самонесущими изолированными и защищёнными проводами. Книга 1. Система самонесущих изолированных проводов напряжением до 1 кВ без отдельного несущего элемента/ С. Е. Логинова, А.В. Логинов Ред. 5, доп. С-Пб: ENSTO - ОАО «НТЦ Электроэнергетики» (РОСЭП), 2017 г. — 331 с.
6. Опыт применения технологии СИП в г.Воронеже / ЗАО «Воронежпроект»// Сайт компании "Сикам Украина"[Электронный ресурс]. – 2004. – Режим доступа:<http://www.nbu.gov.ua/articles>. – Дата доступа: 28.09.2020
7. Рекомендации по применению самонесущих изолированных проводов и линейной арматуры на воздушных линиях 0,4 кВ// ООО "НИЛЕД-ТД" – Подольск: 2009 г. — 93 с.
8. Скородумов О.П. Самонесущие изолированные провода. Новое пособие для проектировщиков //Новости ЭлектроТехники. – 2005. – № 4 (34). – С. 56-57.
9. Следы СИП на западном побережье Крыма есть!/Староверов В.Ю. // Сайт о технологии применения самонесущих изолированных проводов [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: http://www.starinfo-nic.ru/si/analytic/an_21.html. – Дата доступа: 28.09.2020
10. Удачные решения//Сайт о технологии применения самонесущих изолированных проводов [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: http://www.starinfo-nic.ru/si/resh_vli/resh_udacha.html. – Дата доступа: 28.09.2020

11. Цурак С. М. Рекомендации по модернизации городских распределительных линий электропередач // Сборник научных трудов ДонИЖТ [Электронный ресурс]. – 2012. №29. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rekomendatsii-po-modernizatsii-gorodskih-raspre-delitelnyh-linij-elektroperedach>. – Дата доступа: 29.09.2020
12. Четырехпроводной системе сип без предубеждений / Е. Лютик // Новости электротехники [Электронный ресурс]. – 2006. - № 3(39). – Режим доступа.: <http://www.nbu.gov.ua/articles>. – Дата доступа: 29.09.2020
13. Шевченко В.В. Перспективы внедрения и особенности проектирования ВЛЭП с изолированными проводами / В.В. Шевченко, С. М. Цурак, И. Я. Лизан // Сборник научных трудов Харьковский национальный университет Воздушных Сил. - Вып. 4(62), 2007, с. 127-134.
14. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы прямо-сдаточных испытаний: ТКП 339-2011 (02230). – Введ. 01.12.11 – Минск : Минэнерго, 2011. – 593 с.