

Самиев Шохрух Салим угли,
Ассистент, ТГТУ, Ташкент
Samiev Shohrukh Salim ugli, TSTU

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО САМОНЕСУЩИМ
ИЗОЛИРОВАННЫМ ПРОВОДАМ (СИП) НА НАПРЯЖЕНИЯХ 10-35 КВ
EVALUATION OF THE EFFICIENCY
OF ELECTRIC POWER TRANSMISSION VIA SELF-SUPPORTING
INSULATED WIRES (SIW) AT VOLTAGES OF 10-35 KV**

Аннотация: В данной статье анализируется эффективность передачи электроэнергии по самонесущим изолированным проводам (СИП) на средних напряжениях 10-35 кВ. Применение СИП способствует снижению потерь электроэнергии благодаря высококачественной изоляции и уменьшению утечек тока. Это также приводит к повышению надежности воздушных линий электропередачи, так как изоляция снижает риск коротких замыканий из-за ветровых нагрузок, обледенения и соприкосновения с растительностью.

Технические характеристики СИП включают низкое электрическое сопротивление, устойчивость к термическому нагреву и высокую прочность изоляционного покрытия. Эти факторы позволяют передавать электроэнергию с меньшими потерями и обеспечивать стабильную работу сети даже при неблагоприятных погодных условиях. Дополнительными преимуществами являются уменьшение эксплуатационных расходов за счет снижения необходимости регулярного обслуживания и расчистки трасс ЛЭП, а также возможность прокладки СИП в условиях плотной городской застройки.

Abstract: This article analyzes the efficiency of electric power transmission over self-supporting insulated wires (SIW) at medium voltages of 10-35 kV. The use of SIW helps to reduce power losses due to high-quality insulation and reduce current leakage. This also leads to increased reliability of overhead power lines, as insulation reduces the risk of short circuits due to wind loads, icing and contact with vegetation.

The technical characteristics of the SIW include low electrical resistance, resistance to thermal heating and high strength of the insulating coating. These factors make it possible to transfer electricity with less losses and ensure stable operation of the network even under adverse weather conditions. Additional advantages are the reduction of operating costs by reducing the need for regular maintenance and clearing of power lines, as well as the possibility of laying in dense urban areas.

Ключевые слова: СИП, электропередача, изоляция, надежность, потери, напряжение, устойчивость, эксплуатация, короткое замыкание, эффективность.

Keywords: SIW, power transmission, insulation, reliability, losses, voltage, stability, operation, short circuit, efficiency.

Введение: Эффективная передача электроэнергии является одной из ключевых задач современной электроэнергетики. Постоянное развитие технологий и рост энергопотребления требуют совершенствования систем передачи и распределения электроэнергии. Традиционные воздушные линии электропередачи (ВЛ) с неизолированными проводами, используемые на средних напряжениях 10-35 кВ, имеют ряд значительных недостатков, включая высокие потери электроэнергии, высокий риск коротких замыканий, сложность эксплуатации и необходимость регулярного обслуживания. Эти недостатки негативно влияют на надежность электроснабжения, а также увеличивают эксплуатационные расходы[3].

В качестве решения перечисленных проблем в последние десятилетия активно внедряются самонесущие изолированные провода (СИП). СИП представляют собой провода с прочной изоляцией из устойчивых к внешним воздействиям полимерных материалов, что позволяет значительно улучшить характеристики воздушных линий передачи. Использование СИП на напряжениях 10–35 кВ позволяет минимизировать потери электроэнергии за счет



уменьшения утечек и увеличения устойчивости к внешним воздействиям. Изоляция СИП существенно снижает риск коротких замыканий, вызванных соприкосновением с ветвями деревьев, сильным ветром, обледенением и другими природными факторами. С точки зрения технических характеристик, СИП обладают низким электрическим сопротивлением и высокой токовой нагрузкой, что позволяет эффективно передавать электроэнергию на средние и большие расстояния[1]. Изоляционные материалы, используемые в СИП, устойчивы к ультрафиолетовому излучению, атмосферным осадкам и механическим повреждениям, что обеспечивает длительный срок службы линий. Кроме того, СИП менее подвержены коррозии и механическим повреждениям по сравнению с традиционными неизолированными проводами.

Экономическая эффективность применения СИП также является важным аспектом. Снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт, уменьшение числа аварийных отключений и более длительный срок эксплуатации делают СИП предпочтительным выбором для модернизации существующих распределительных сетей. В условиях плотной городской застройки и сложных природных ландшафтов СИП обеспечивают более гибкие решения благодаря своей компактности и эстетичности. Таким образом, внедрение самонесущих изолированных проводов в распределительные сети на напряжениях 10-35 кВ способствует повышению общей эффективности системы электроснабжения, улучшению ее надежности и снижению эксплуатационных затрат. В данной статье проводится детальный анализ эффективности передачи электроэнергии по СИП, их технических характеристик и преимуществ перед традиционными воздушными линиями передачи[4].

Исследования выполняются для участка воздушной линии без ответвлений длиной 1 км. Принимается, что линия выполнена на промежуточных железобетонных опорах, с подвесными полимерными изоляторами, самонесущими изолированными проводами. По механической прочности на линиях применяются провода сечением не менее 25 мм² и не более 70 мм².

Проводится анализ затрат на передачу электроэнергии по воздушным линиям выполненным проводом СИП 10, 20 и 35 кВ, расчет максимальной длины линий электропередачи по допустимой потере напряжения, потери мощности и электрической энергии в воздушных линиях различных номинальных напряжений. Выбор экономически целесообразного напряжения для передачи определенной мощности производится путем сравнения дисконтированных затрат. Критерием экономичности является минимум дисконтированных затрат на 1 км воздушной линии для передачи энергии потребителю на различных номинальных напряжениях[2]. Для определения экономически целесообразного диапазона передаваемых мощностей на напряжении 10, 20 и 35 кВ на основании расчетов получены зависимости (рис.1, 2). Для определения экономически целесообразного диапазона передаваемых мощностей на напряжении 10, 20 и 35 кВ на основании расчетов получены зависимости.

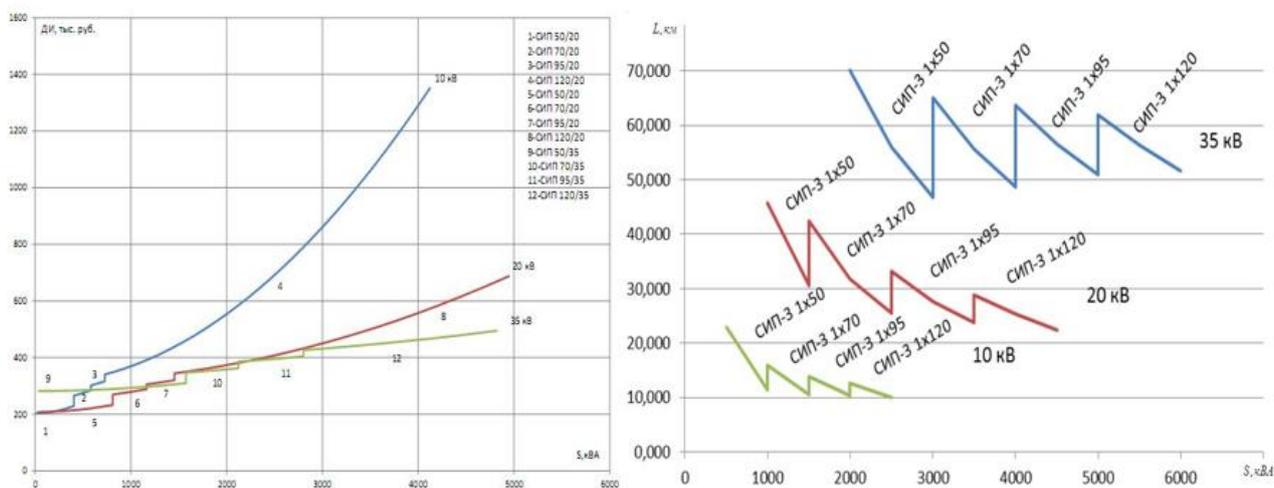


Рис.1. Зависимость дисконтированных затрат воздушной линии, выполненной проводом СИП от передаваемой мощности и напряжения



Анализ зависимостей (рис.1) показывает, что использование СИП 20 кВ по сравнению с 10 кВ экономически целесообразно на всем диапазоне рассматриваемых мощностей. Это обусловлено возможностью применения одинаковых опор для 10 и 20 кВ, но при этом подвешиваются провода меньшего сечения для передачи той же мощности. Увеличение стоимости воздушной линии связано лишь с применением более дорогих изоляторов. Использование СИП 35 кВ экономически целесообразно на всем диапазоне рассматриваемых мощностей. Однако, оборудование на 35 кВ значительно дороже, и его использование для распределительной сети существенно увеличит стоимость схемы электроснабжения[6]. Поэтому окончательные выводы следует делать с учетом стоимости оборудования подстанции. Путем выполнения численных исследований выполнена оценка области применения линий, выполненных проводами СИП 10-35 кВ, и получены номограммы, позволяющие выбрать сечение проводов в зависимости от передаваемой мощности при выполнении технических ограничений по допустимой потере напряжения и мощности. Анализ зависимостей (рис.1) показывает, что используя напряжение 20 кВ взамен 10 кВ, возможно увеличение длины распределительной сети. СН-II в 1,5-2 раза, при этом значительно уменьшится сечение воздушной линии, а потери напряжения сохранятся на прежнем уровне[8]. Таким образом можно увеличить зону обслуживания потребителей, что позволит уменьшить количество понизительных подстанций 110/10, заменив их меньшим количеством 110/20.

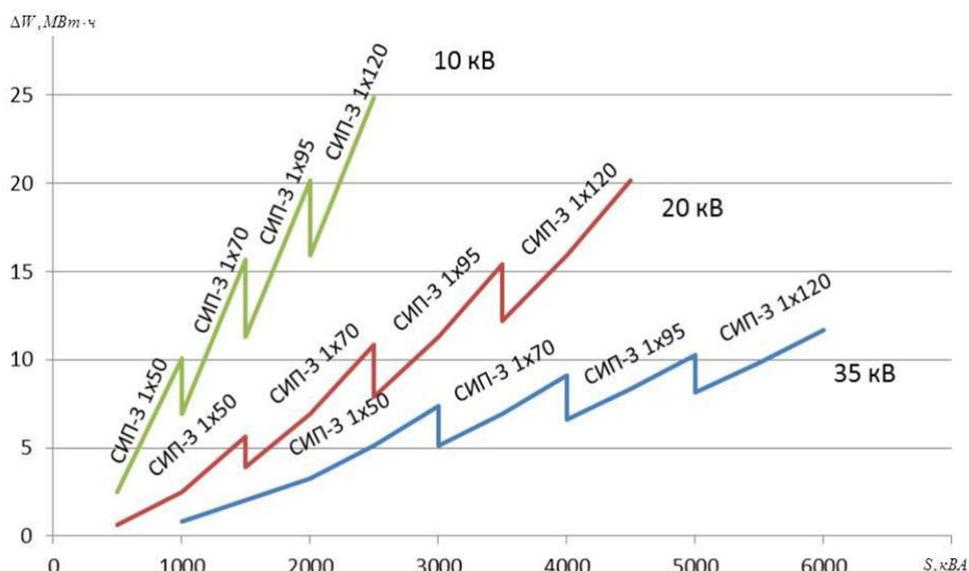


Рис. 2. Зависимость потерь электрической энергии в воздушной линии, выполненной проводом СИП от передаваемой мощности и напряжения

Анализ зависимостей (рис.2) показывает, потери энергии в линиях, выполненных самонесущими изолированными проводами несколько меньше по сравнению с неизолированными проводами одинаковых сечений. Потери энергии уменьшаются при переходе на более высокое номинальное напряжение. Поэтому применение СИП 20 кВ в сельской местности позволит существенно уменьшить потери электрической энергии по сравнению с 10 кВ при передачи одной и той же мощности, но по проводу меньшего сечения. В зависимости от передаваемой мощности потери активной мощности в линиях 20 кВ по сравнению с линиями 10 кВ уменьшаются в 2-3 раза. Таким образом, по линиям можно передать больше мощности потребителю[5].

Заключение: Эффективная передача электроэнергии на средних напряжениях 10–35 кВ является одной из приоритетных задач для современной электроэнергетики. Анализ использования самонесущих изолированных проводов (СИП) показывает их значительные преимущества перед традиционными воздушными линиями с неизолированными проводами.



Применение СИП позволяет значительно сократить потери электроэнергии за счёт уменьшения утечек и повышения устойчивости к внешним воздействиям. Изоляция проводов снижает риск коротких замыканий и продлевает срок службы линий. В условиях роста энергопотребления переход на более высокие номинальные напряжения, такие как 20 кВ вместо 10 кВ, является экономически целесообразным. Это связано с тем, что для передачи одинаковой мощности можно использовать провода меньшего сечения, сохраняя при этом допустимый уровень потерь напряжения и активной мощности.

Анализ дисконтированных затрат показывает, что применение СИП 20 кВ является оптимальным решением на всём диапазоне передаваемых мощностей за счёт возможности использовать одинаковые опоры, как для 10 кВ, но с более дорогими изоляторами. При этом применение СИП 35 кВ целесообразно для передачи больших мощностей на дальние расстояния, несмотря на высокую стоимость оборудования. Сравнение потерь электрической энергии демонстрирует, что линии с СИП 20 кВ обеспечивают снижение потерь активной мощности в 2-3 раза по сравнению с линиями 10 кВ, что особенно актуально для сельской местности с большими расстояниями между потребителями. Переход на напряжение 20 кВ позволяет увеличить зону обслуживания потребителей и сократить количество понизительных подстанций, заменяя их более мощными и экономически выгодными решениями.

Таким образом, использование СИП на напряжениях 10-35 кВ способствует повышению эффективности передачи электроэнергии, снижению эксплуатационных и дисконтированных затрат, уменьшению потерь энергии и повышению надёжности электроснабжения.

Список литературы:

1. Таслимов А.Д. Развитие теории и методов выбора параметров городских распределительных электрических сетей в условиях неопределенности: Монография. Т.: ТашГТУ, 2020. 216 с.
2. Иванов, С. А., & Кузнецов, В. П. (2019). Эффективность систем 20 кВ в распределении электроэнергии: анализ и перспективы. Энергетика и технологии, 34(2), 145–162.
3. Ананичева С.С., Котова Е.Н. Проектирование электрических сетей: учеб. пособие / Екатеринбург: Изд-во «Урал», 2017. 164 с.
4. С.Жулев А.Н., Боков Г.С. Распределительный сетевой комплекс «Новости электротехники» №4 (76), 2012.
5. Зуев Э.Н. Определение экономической плотности тока на базе критерия минимума дисконтированных затрат// Вестник МЭИ.-2010.- №3.
6. Таслимов А.Д., Самиев Ш.С. Инновационные технические решения при проектировании распределительных электрических сетей, Журнал «Наука и образование сегодня» 2022. с. 7.
7. Маслов А.Н., Свистунов А.С. Проблемы и особенности построения распределительных сетей крупных городов и мегаполисов. Энергетик, 2001, №7, 152 с.
8. Катренко Г.Н. Новые подходы к построению распределительных электрических сетей 0,4-35 кВ. Журнал «Электрические сети и системы», 2013. № 5. С. 25-29.

