

УДК 338.001.36+621.3.051.2

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТОВ
ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА
ПОСТОЯННОМ И ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ**

Сеглин Н.А., Лашин К.С.

студенты гр. НЭБ-241, I курс

Научный руководитель: Котляров Р.В., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово

В современном мире повсеместно используются линии электропередачи (ЛЭП), которые, в свою очередь, классифицируют на высоковольтные линии электропередачи переменного тока и высоковольтные линии электропередачи постоянного тока [5].

У каждого класса сетей есть свои плюсы и недостатки, но стоит упомянуть главное преимущество высоковольтных ЛЭП постоянного тока – возможность передачи больших объемов электроэнергии на большие расстояния с меньшими потерями, чем ЛЭП переменного тока.

Стоимостные характеристики каждой ЛЭП отличаются. Цена за единицу длины линии постоянного тока ниже, чем за линию переменного тока при той же мощности и надежности. Однако цена терминального оборудования линий постоянного тока значительно выше, чем линий переменного тока. Это обусловлено тем, что на ЛЭП переменного тока в качестве основного оборудования на подстанции выступает трансформатор, который преобразует напряжение, а на подстанции постоянного тока требуются уже преобразователи, цена которых значительно выше обычного трансформатора. Наибольшее ценовое преимущество у линий постоянного тока достигается на расстоянии свыше от 500 до 800 км.

Площадь, занимаемая линией постоянного тока, оптимальна и составляет около одной трети площади линии переменного тока [2, 4].

Также стоит уточнить, что линии постоянного тока – это два проводника, т.е. плюс и минус, а линии переменного тока – это три проводника, т.е. три фазы и нейтраль. В результате установочная цена на 1 км для линии постоянного тока ниже.

В результате расчетов установлено, что для строительства воздушной линии передачи переменного тока длиной 500 км потребуется приблизительно 1 миллиарда долларов или 85 миллиардов рублей. Затраты на оборудование подстанций переменного тока составляют от 2 до 4 миллиардов рублей или от 30 до 50 миллионов долларов. Для линий постоянного тока той же длины затраты составят около 2 миллиардов долларов или 170 миллиардов

рублей. Затраты на подстанции постоянного тока, в свою очередь, составляют от 5 до 8 миллиардов рублей или от 60 до 100 миллионов долларов [1, 4, 9].

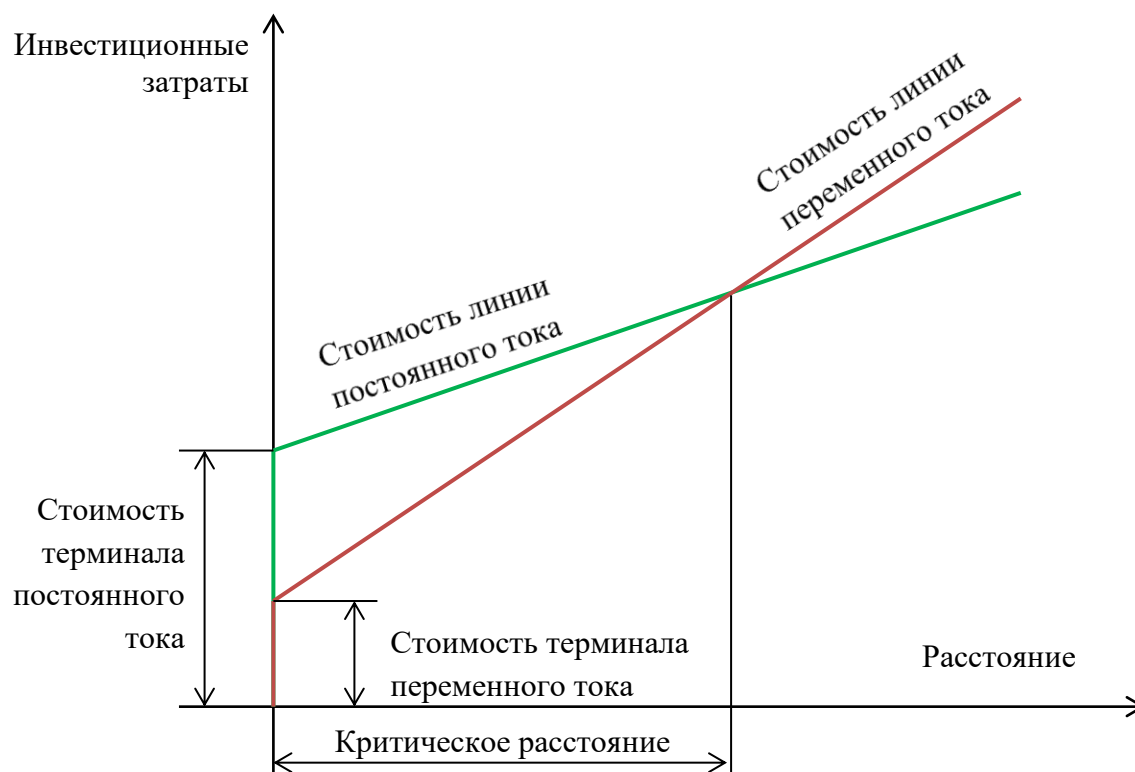


Рисунок 1 – Сравнительные затраты на построение ЛЭП переменного и постоянного тока

От затрат перейдем к области применения линий электропередач постоянного тока (ПТ). ЛЭП ПТ наиболее эффективны для передачи электроэнергии на расстояния более 600 км. При больших расстояниях потери мощности в линиях переменного тока значительно возрастают из-за реактивных потерь и ограничений на максимальный ток.

ЛЭП ПТ могут быть использованы в условиях сложного рельефа, где прокладка линий переменного тока может быть затруднена (например, через горы или водоемы). Они способны передавать большие мощности (более 1 ГВт) с минимальными потерями. Это делает их подходящими для соединения крупных энергетических систем, например, между регионами с избытком и дефицитом электроэнергии [7].

ЛЭП ПТ придают гибкости управлению мощностью. Они позволяют более точно управлять потоками мощности и обеспечивают возможность интеграции возобновляемых источников энергии (например, ветряных и солнечных электростанций).

Рассмотрим проблемы технической реализации ЛЭП ПТ.

1. Отсутствие отечественного производства оборудования [3].

В настоящее время в России отсутствует массовое производство специализированного оборудования для передачи постоянного тока, что приводит к

зависимости от импорта. Это может увеличивать сроки реализации проектов и их стоимость.

2. Недостаток опыта в реализации крупных проектов [3, 6]. Наблюдается кадровый дефицит: недостаток специалистов и инженеров, обладающих опытом работы с технологиями передачи постоянного тока, может затруднять проектирование и строительство.

3. Отсутствие успешных примеров реализации ЛЭП ПТ.

В России еще не было реализовано крупных проектов ЛЭП ПТ, что создает неопределенность для инвесторов и генерирует риски.

4. Технические и технологические ограничения [8].

Отсутствие развитой инфраструктуры (дороги, подъездные пути) в отдаленных и труднодоступных районах может увеличить стоимость и время строительства.

К техническим рискам относится то, что технологии передачи постоянного тока могут быть чувствительны к перегрузкам и коротким замыканиям, что требует дополнительных мер по обеспечению надежности, такое оборудование значительно повышает стоимость.

Проанализировав все данные, факты и расчеты, наша команда пришла к простому выводу, что ЛЭП ПТ выгодный способ передачи электроэнергии на большие расстояния. Но главная проблема – это отсутствие образованных кадров и достаточного оборудования, из-за чего стоимость таких ЛЭП сильно выше ЛЭП переменного тока.

Из этого следует, что необходимо интенсифицировать подготовку высококвалифицированных инженерных кадров электроэнергетической направленности и начать развивать собственное производство техники и электронного оборудования для передачи постоянного тока.

Стоит упомянуть и ценностные характеристики каждой линии. Цена за единицу длины линии постоянного тока ниже, чем за линию переменного тока при той же мощности и надежности.

Список литературы:

1. Алексеева, С. Ф. Оценка экономической целесообразности перехода от традиционной HVAC к HVDC / С. Ф. Алексеева, К. Ю. Кутюмова // Инновационная наука. – 2017. – № 2-1. – С. 144-146.

2. Барданов, А. И. Экспериментальное исследование передачи электроэнергии постоянным током по трехпроводной линии / А. И. Барданов, А. А. Выдрова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 3. – С. 309-318.

3. Вафин, Ш. И. Повышение пропускной способности и надежности существующих воздушных ЛЭП переменного тока путем их перевода на постоянный ток / Ш. И. Вафин, А. В. Видинеев // Энергетика Татарстана. – 2015. – № 1(37). – С. 24-30.

4. Дадажонов, Т. Моделирование системы высоковольтной линии электропередачи постоянного тока / Т. Дадажонов // Экономика и социум. – 2024. – № 6-1(121). – С. 1075-1079.

5. История и перспективы технологического развития систем передачи электроэнергии / Н. В. Арефьев, А. С. Сигов, В. Э. Воротницкий [и др.] // Вести в электроэнергетике. – 2025. – № 1(135). – С. 44-60.

6. Ковалев, В. Д. Перспективные направления развития электроэнергетики и высоковольтного электротехнического оборудования / В. Д. Ковалев // Электротехника. – 2017. – № 4. – С. 58-64.

7. Плесконос, Л. В. Электрическое поле линий электропередач постоянного тока / Л. В. Плесконос, М. Ю. Ефремов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2019. – Т. 9, № 2(31). – С. 35-46.

8. Шульга, Р. Н. Кабельные линии постоянного и переменного тока / Р. Н. Шульга // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2022. – № 3. – С. 40-50.

9. Шульга, Р. Н. Стоимостные затраты на ППТ и ЛЭП УВН / Р. Н. Шульга // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2022. – № 2. – С. 47-56.