

**СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ДАЛЬНИЕ РАССТОЯНИЯ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО  
ТОКА**

**Погонин И.С., Якубханов В.Т., студенты 1 курса факультета  
энергетики и систем управления**

**Научный руководитель – Черных Т.Е., старший преподаватель  
ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический  
университет**

***Ключевые слова:*** Постоянный ток, переменный ток, передача электроэнергии, потери энергии.

*В статье проводится сравнительный анализ передачи электроэнергии на дальние расстояния с использованием постоянного и переменного тока. Рассмотрены основные характеристики, преимущества и недостатки каждого типа тока, а также их применение в современных энергосистемах.*

**Введение.** Передача электроэнергии на дальние расстояния является одной из ключевых задач современной энергетики [1]. Эффективность передачи энергии напрямую влияет на экономическую целесообразность использования различных источников энергии, включая возобновляемые [2]. В настоящее время для передачи электроэнергии широко используется переменный ток, однако постоянный ток также имеет свои преимущества, особенно в контексте минимизации потерь энергии. В статье рассматриваются основные характеристики постоянного и переменного тока, их преимущества и недостатки, а также сравниваются затраты на передачу электроэнергии с использованием обоих типов тока.

**Целью работы** является сравнение эффективности передачи электроэнергии на дальние расстояния с использованием постоянного и переменного тока, а также определение перспектив применения каждого типа тока в современных энергосистемах.

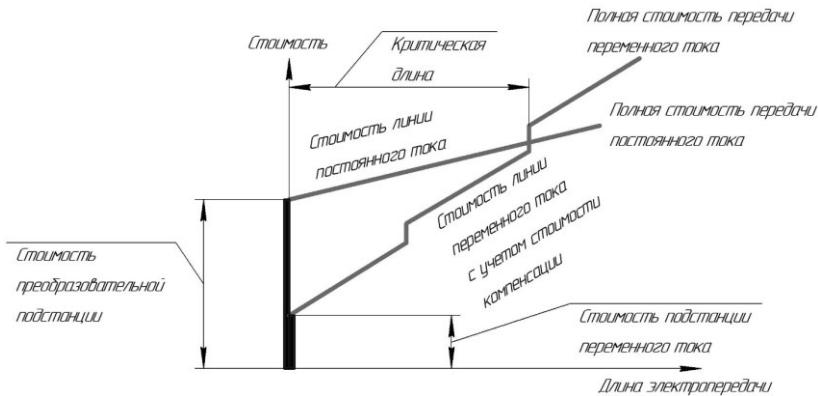
**Результаты исследования.** Постоянный ток характеризуется стабильностью и минимальными потерями на индуктивности, но требует сложного оборудования для преобразования и распределения. Потери мощности в линии передачи постоянного тока можно рассчитать по формуле (1):

$$P_{\text{потери}} = I^2 \cdot R \cdot L \quad (1)$$

Где  $I$  – ток в линии (А);  $R$  – сопротивление на единицу длины линии (Ом/км);  $L$  – длина линии (км).

Переменный ток легко преобразуется с помощью трансформаторов, что делает его более удобным для использования в электрических сетях, однако он имеет большие потери при передаче на большие расстояния.

При передаче на расстояния более 400-700 км [3] постоянный ток становится более экономически выгодным из-за меньших потерь энергии (рис.1).



**Рис. 1. Определение критической длины ЛЭП, при которой стоимость передачи постоянного и переменного тока становится одинаковой**

Критическая длина линии передачи, при которой потери постоянного и переменного тока становятся равными, может быть рассчитана по формуле (2):

$$L_{kp} = \frac{P_{n.per.} - P_{n.pост.}}{R_{пер.} - R_{пост.}} \quad (2)$$

Где  $P_{n.per.}$  – потери мощности для переменного тока;  $P_{n.pост.}$  – потери мощности для постоянного тока;  $R_{пер.}$  и  $R_{пост.}$  – сопротивления для переменного и постоянного тока соответственно.

Затраты на строительство линий постоянного тока ниже, чем линий переменного тока, однако стоимость преобразовательных подстанций для постоянного тока значительно выше.

В части потерь энергии кабельные линии постоянного тока теряют 0,3-0,4% мощности на 100 км, в то время как линии переменного тока теряют 8-10% на том же расстоянии.

В будущем ожидается развитие технологий, таких как сверхпроводящие кабели и Smart Grid, что может повысить эффективность передачи переменного тока [4]. Постоянный ток планируется активнее использовать в электромобилях и альтернативных источниках энергии, таких как солнечные батареи и ветряные турбины [5].

**Выводы.** На основе проведённого анализа можно сделать вывод, что постоянный ток имеет значительные преимущества при передаче электроэнергии на дальние расстояния, особенно в контексте минимизации потерь энергии. Несмотря на более высокие затраты на преобразовательные подстанции, общая стоимость передачи постоянного тока оказывается ниже, чем у переменного тока, при передаче на расстояния более 400-700 км. Однако переменный ток остается более распространённым в современных энергосистемах благодаря удобству преобразования напряжения с помощью трансформаторов. В перспективе постоянный ток может стать более востребованным, особенно в контексте развития возобновляемых источников энергии и электромобилей.

---

**Библиографический список:**

1. Костин В.Н. Передача и распределение электроэнергии. Учебное пособие / В.Н. Костин, Е.В. Распопов, Е.А. Родченко – СПб.: СЗТУ, 2003 – 147 с.
2. Передача электроэнергии на тысячи километров – Электронный ресурс – Режим доступа: <https://www.elec.ru/publications/elektricheskaja-generatsija/7478/>
3. Передача электроэнергии на примере ЛЭП – Электронный ресурс – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-effektivnosti-peredachi-elektroenergii-na-primere-lep-postoyannogo-i-peremennogo-toka/viewer>
4. Григорьев Д.С. Экономическая эффективность передачи электроэнергии постоянным и переменным током. Энергетика: экономика, техника, экология, 7(3), 2019 — с. 34-40.
5. Белов П.А. Перспективы использования постоянного тока в энергосистемах будущего. Энергетика и устойчивое развитие, 9(4), 2022 — с. 45-52.

**COMPARISON OF THE EFFICIENCY OF LONG-DISTANCE  
ELECTRICITY TRANSMISSION USING DIRECT AND  
ALTERNATING CURRENT**

**Pogonin I.S., Yakubkhanov V.T.**  
Scientific supervisor – Chernykh T.E.  
Voronezh State Technical University

**Keywords:** Direct current, alternating current, power transmission, energy losses.

*The article provides a comparative analysis of long-distance electric power transmission using direct and alternating current. The main characteristics, advantages and disadvantages of each type of current, as well as their application in modern power systems are considered.*