

СВІТОВИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Кравченко М.С., студент, Кирик В.В., д.т.н., проф.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Споживання електричної енергії майже кожної країни світу щороку збільшується, завдяки чому постає проблема передачі великої потужності по лініям електропередачі. Зі збільшенням навантаження, віддалено від мегаполісів будуються потужні джерела генерації електричної енергії, що обумовлено їх техніко-економічними показниками. Із більшою залежністю населення від електричної енергії, зростає необхідність підвищення надійності мереж. Під час вирішення цих та інших задач все більше країн розглядають та впроваджують проекти із використанням ліній постійного струму.

Мета роботи. Дослідити світовий досвід використання високовольтних ліній постійного струму (HVDC).

Матеріали дослідження. Створення та використання постійного струму (DC) почалось ще в XIX столітті, проте його поступово витіснив альтернативний метод передавання електричної енергії – змінний струм. Технологія DC хоч і не користувалась попитом, однак велика кількість вчених продовжували її вивчати, робили дослідження та шукали способи застосування цього методу для підвищення техніко-економічних показників мереж. Підтвердженням цьому є масштабний експеримент СРСР високовольтної лінії постійного струму Москва-Кашир, яка була введена в експлуатацію у 1950 році.

Перш ніж перейти безпосередньо до дослідження світового досвіду використання ліній постійного струму на сьогоднішній день, розглянемо основні переваги та недоліки, які є фізичною характеристикою та притаманні кожній подібній лінії електропередачі. Головною перевагою є можливість передавати великі об'єми електроенергії на великі відстані з відносно маленькими втратами. Згідно підрахунку, HVDC можуть знизити втрати в мережі до 3% на 1000 км у порівнянні з HVAC. Не менш важливою особливістю є передача електроенергії та стабілізація між несинхронізованими енергосистемами змінного струму, системи з різними частотами. У кабельних лініях ситуація наступна: з постійним струмом ємність мінімальна, в той час лінії змінного струму призводять до дуже великих втрат потужності. Очевидно, при розгляді технологій велику увагу слід приділяти недолікам. З високовольтними лініями постійного струму головним недоліком є складне, дороговартісне електрообладнання, яке забезпечує перетворення змінного струму в постійний і навпаки. Також слід звернути увагу на втрати активної потужності при перетворенні різних типів струмів, адже вони також існують.

Вивчаючи досвід використання високовольтних ліній постійного струму, передусім слід звернути увагу на Китай. Стрімкий розвиток промисловості потребував значне збільшення генерації електроенергії. Проте особливість Китаю полягає у розподіленні в країні енергоресурсів (вугілля, вода) та споживачів. За рахунок цього, у державі існує велика кількість високовольтних

(800/1000 кВ) ліній електропередачі довжиною більше 1000 км. Найдовша ЛЕП Changji-Guquan має довжину 3324 км, працює під напругою 1100 кВ та здатна передавати до 12 ГВт електроенергії, рис. 1. Затрати на її будівництво склали 5.9 млрд доларів, а термін будівництва – 2 роки. Електрообладнання було представлено компаніями ABB та Siemens, а сам проект належить та керується Державною мережевою корпорацією Китаю. Головною перевагою такого рішення є скорочення споживання вугілля на 38 млн тон на рік, що досягається шляхом зменшення втрат у лінії, а також відсутність необхідності поставки вугілля до регіонів, в яких розташована велика кількість споживачів [1].



Рисунок 1 – Проект лінії електропередавання постійного струму

Ще одним поширеним випадком проектування високовольтних ліній електропередачі постійного струму є необхідність передачі електричної енергії з гідроелектростанцій до споживачів, які знаходяться на великій відстані. Таким прикладом є реалізований проект Belo Monte-Rio de Janeiro HDVC в Бразилії, рис.2. Це найдовша ЛЕП напругою 800 кВ, адже має довжину 2539 км. Слід зауважити, що водойми мають величезний потенціал щодо генерації чистої електричної енергії. Таким чином, все більше країн відмовляються від теплових електростанцій, що передають електричну енергію по лініям змінного струму на коротку відстань, і переходять на потужні ГЕС/ГАЕС із використанням дальніх ліній надвисокої напруги постійного струму [2].

Ще одним способом використання постійного струму є кабельні лінії. Одним із таких проектів є підводна лінія North Sea Link, яка має протяжність 720 км та з'єднує електроенергетичні системи Великобританії та Норвегії. Пропускна здатність лінії 1400 МВт, а тому виконання її на змінному струмі було б практично неможливе. Спостерігається також схожість із Бразилією, а отже і певна світова тенденція: кабельна лінія NSL дає можливість використання обом державам чистої електроенергії, яка була згенерована на гідроелектростанціях або вітроелектростанціях, які також дуже часто встановлюють у морях та океанах [3].

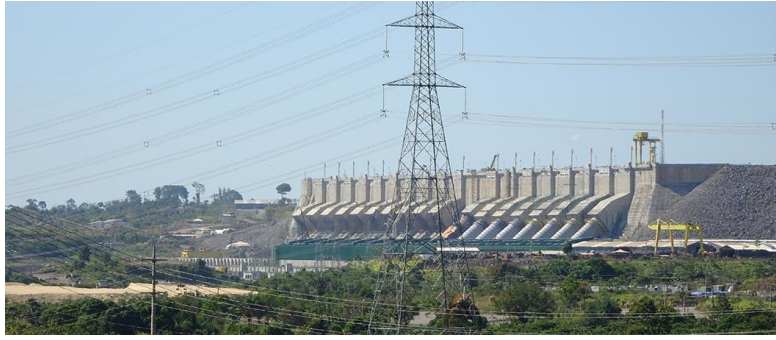


Рисунок 2 – Belo Monte ГЕС, Бразилія

Обговорення щодо проекту на постійному струмі велись також і в Україні. Його суть полягала у приєднанні енергосистеми України в асинхронному режимі до ENTSO-E. Таким чином виконувалась би ще одна функція ліній постійного струму: з'єднання між собою несинхронних енергосистем (така вставка є між Росією та Фінляндією, була введена в експлуатацію ще в 1980 році). За даними НЕК «Укренерго», у 2019 році розглядалась можливість побудови вставки постійного струму потужністю 600 МВт. За підрахунками, цей проект міг окупитись ще до повної синхронізації з ENTSO-E. Проте були також суттєві недоліки, які не пов'язані із самою технологією. У підсумку, на сьогоднішній день будівництво ВПС ще досі не почалось [4].

Висновки. Дослідження показало, що технологія постійного струму активно використовується у багатьох країнах світу. Очевидно, що кожний проект є унікальним та вирішує конкретну проблему, яка виникла у цьому регіоні. На основі досвіду вже реалізованих проектів із використанням ліній постійного струму існує перспектива будівництва нових мереж, які допоможуть швидше відмовитись від викопних видів палива, що забруднюють атмосферу викидами CO₂, а також оптимізувати електричні мережі в аспекті надійності та економічності.

Перелік посилань

1. Changji-Guquan UHVDC Transmission Project. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.nsenegybusiness.com/projects/changji-guquan-uhvdc-transmission-project>
2. Belo Monte-Rio de Janeiro UHVDC Transmission Project. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.nsenegybusiness.com/projects/belo-monte-rio-de-janeiro-uhvdc-transmission-project>
3. North Sea Link (NSL). Електронний ресурс. Режим доступу: <https://northsealink.com>
4. Роз'яснення Укренерго щодо можливості будівництва вставки постійного струму між ОЕС України та островом Бурштинської ТЕС. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://ua.energy/zagalni-novyny/roz-yasnennya-ukrenergo-shhodo-mozhlyvosti-budivnytstva-vstavky-postijnogo-strumu-mizh-oes-ukrayiny-ta-ostrovom-burshtynskoyi-tes>
5. Веников В.А., Худяков В.В., Анисимова Н.Д. Электрические системы. Т. 3. Передача энергии переменным и постоянным током высокого напряжения. Под ред. В.А. Веникова. Учебн. пособие для электроэнерг. вузов. – М.: "Высш. школа". – 1972. – 368 С.
6. Fairley P. The great Baltic disconnect // IEEE Spectrum. – 2015. – vol. 52. – no. 9. – pp. 11-13.
7. Найбільш вагомі результати досліджень за напрямом Режими електроенергетичних систем і об'єктів та керування ними. Електронний ресурс. Режим доступу: https://ied.org.ua/files/osn_rez_2020_1.pdf