

УДК 621.311

DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2024.68.071>

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ МАГІСТРАЛЬНИХ МЕРЕЖ УКРАЇНИ

О.С. Богомолова*, канд. техн. наук, **Д.В. Кравченко**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,
пр. Берестейський, 37, Київ, 03056, Україна
e-mail: bohomolovaos@ukr.net

У зв'язку із прогнозованим суттєвим збільшення попиту на електроенергію до 2030 року, а також з метою розвитку електроенергетичної системи та ефективної взаємодії ОЕС України з енергетичними системами Європейського Союзу розглядається питання необхідності та доцільності переведення електричних мереж України з напруги 330 кВ на напругу 400 кВ, порівняння технічних характеристик мереж різних класів напруги з погляду надійності, стійкості та ефективності роботи таких мереж. У роботі виконано прикладний аналіз ефективності переведення мереж номінальної напруги 330 кВ на клас напруги 400 кВ за критерієм збільшення пропускної спроможності електрообладнання та зменшення сумарних втрат потужності в мережі. На прикладі Дніпровського регіону ОЕС України в комплексі комп'ютерних програм, призначених для проектування електромереж енергосистем «ТЕЗАУРУС», виконано моделювання та аналіз режимів роботи електричної мережі на напрузі 330 та 400 кВ. У результаті встановлено, що збільшення рівня напруги призведе до зниження завантаженості певних ділянок ліній на 17 %, водночас значення сумарних втрат мережі знизиться на 10,8 %. Бібл. 4, рис. 3.

Ключові слова: напруга електричної мережі, лінія електропередачі, ОЕС України, магістральні мережі.

Електроенергетичний сектор України знаходиться на шляху революційного оновлення та модернізації в контексті зростаючих потреб та вимог сучасного суспільства. Щорічний ріст електроспоживання призводить до збільшення навантаження на елементи системи електропостачання. За прогнозами до 2030 року попит на електроенергію у країні складатиме 150 ТВт·год, що на 30 % більше, ніж сьогодні [1].

В ОЕС України однією з головних артерій енергетичної інфраструктури є магістральні електричні мережі 330 та 400 кВ, якими потужність з електростанцій надходить у мережі 110 кВ і нижче. Строк експлуатації обладнання магістральних електричних мереж є обмеженим факторами старіння ізоляції, зменшення міцності проводів унаслідок явищ природного або воєнного характеру. Старіння обладнання, зокрема повітряних ліній електропередачі (ЛЕП), автотрансформаторів, створює обтяження режиму експлуатації. Це проявляється в обмеженні максимальних струмів проводами ЛЕП або обмотками автотрансформаторів. Із метою забезпечення щораз більших об'ємів електричної енергії необхідне збільшення пропускної спроможності ЛЕП і автотрансформаторів.

Тенденція до використання пострадянських норм проектування електричних мереж є виправданою для класу номінальної напруги 750 кВ, оскільки в умовах наявності потужних атомних електростанцій (АЕС) сучасні мережі 750 кВ забезпечують повну видачу потужності енергоблоків ОЕС та спроможні витримати потужності понад 5000 МВт. Якщо припустити, що мережі 750 кВ відповідають прогнозу росту споживання на багато десятиліть вперед, то мережі 330 кВ мають певні недоліки. Обставини воєнного характеру продемонстрували стійкість об'єднаної енергосистеми України до перевантажень, але прикладний аналіз демонструє граничні режими ЛЕП за потужністю. Водночас щорічне зростання температури оточуючого середовища викликає зменшення пропускної спроможності лінії електропередачі, які зараз експлуатуються. Цей аспект пов'язаний безпосередньо з параметром термічної стійкості проводів ЛЕП, які мають певні межі щодо струму за різних температур.

У зв'язку з зазначеною недосконалістю та обмеженнями мереж 330 кВ авторами розглянуто варіант збільшення пропускної спроможності шляхом підвищення номінального класу напруги мережі зі 330 до 400 кВ. Зазначений перехід до номінальної напруги 400 кВ пов'язаний із поширеністю мереж класу номінальної напруги 400 кВ у країнах Європейсько-



го співтовариства і відповідно буде додатковим елементом енергетичної безпеки та розвитку стабільної енергомережі України, суттєво розширить можливість експорту електричної енергії та сформує ефективну взаємодію ОЕС України з енергетичними системами Європейського Союзу [2–3]. Досвід експлуатації мереж 400 кВ, а також доступність обладнання для заміни або ремонту створюють певний «еталон» для будь якої електричної мережі, оскільки важливою складовою надійної роботи енергосистеми є спроможність швидко відновлюватись, чи то перехідні процеси, чи серйозні ушкодження обладнання.

Реконструкція ЛЕП містить у собі такі етапи: переведення напруги, заміна проводів та ізоляторів із можливістю заміни ланцюгів проводів, модернізація трансформаторних підстанцій, розрахунок механічних характеристик ЛЕП, а також планування та розрахунок режимів роботи. Одним із успішних проєктів переведення на напругу 400 кВ в Україні є реконструкція ЛЕП «ХАЕС-Жешув» [4].

У цій роботі буде проведено прикладний аналіз ефективності переведення мереж номінальної напруги 330 кВ на клас напруги 400 кВ за критеріями збільшення пропускної спромо-

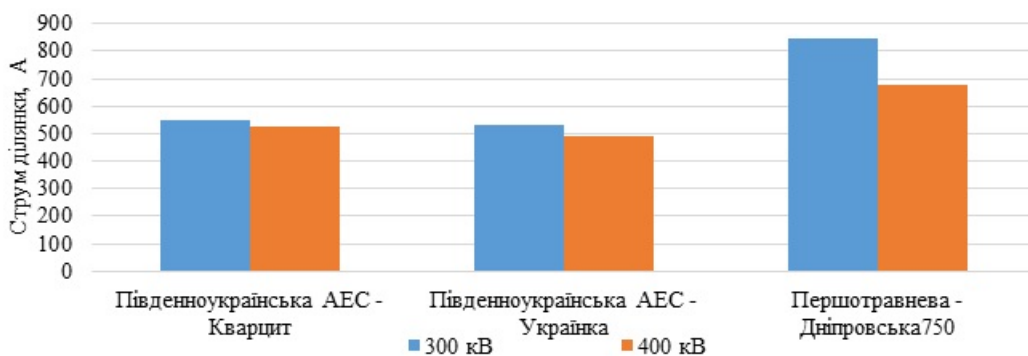


Рис. 1. Результат моделювання усталеного режиму роботи електричної мережі на напрузі 330 та 400 кВ (струм ділянки)

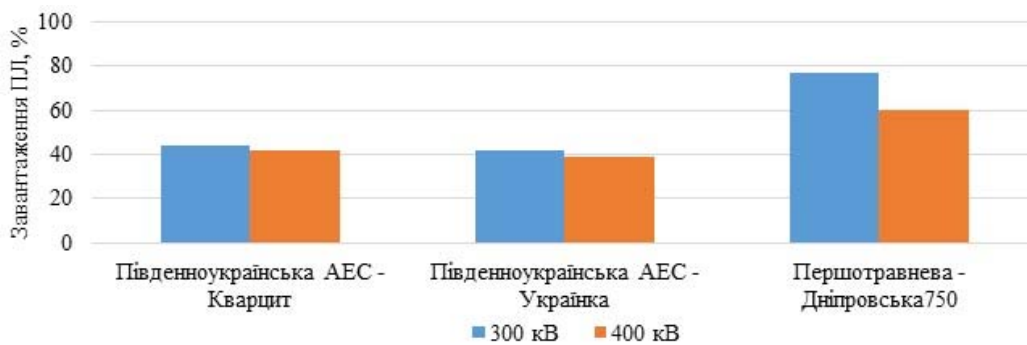


Рис. 2. Результат моделювання усталеного режиму роботи електричної мережі на напрузі 330 та 400 кВ (завантаження ПЛ)

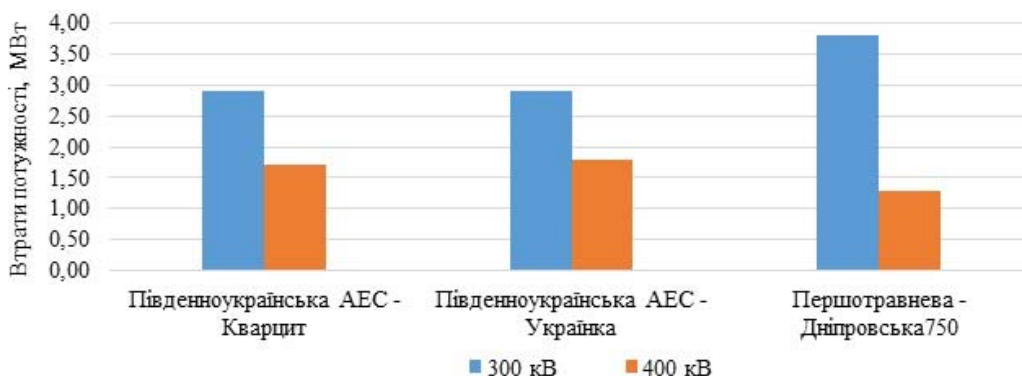


Рис. 3. Результат моделювання усталеного режиму роботи електричної мережі на напрузі 330 та 400 кВ (втрати потужності)

жності електрообладнання і зменшення сумарних втрат потужності в мережі.

У комплексі комп'ютерних програм, призначених для проектування електромереж енергосистем «ТЕЗАУРУС» створено модель мережі Дніпровського регіону ОЕС України на базі схеми 2004 року та виконано моделювання усталених режимів роботи електричної мережі напругою 330 та 400 кВ за умови температури 0° С. Цей регіон був обраний, оскільки тут розташовані найбільш потужні АЕС, які суттєво завантажують мережі 330 кВ.

З аналізу отриманих режимних параметрів встановлено, що переведення на напругу 400 кВ на 17 % знижує завантаженість ПЛ 330 кВ Першотравнева–Дніпровська 750, водночас зміна завантаженості двох інших ПЛ 330 кВ не суттєва. Однак, навіть незначна економія експлуатаційного ресурсу ЛЕП є важливою для тривалої надійної роботи енергосистеми.

Аналізом ефективності переведення на вищий рівень напруги обрано критерій сумарних втрат потужності мережі й завантаження таких найбільш завантажених повітряних ліній 330 кВ: Південноукраїнська АЕС–Кварцит, Південноукраїнська АЕС–Українка та Першотравнева–Дніпровська. В умовах задачі реконструкції мережі 330 кВ із переведенням її на клас напруги 400 кВ можна вибрати більш спроможні за струмом проводи, а також ті, що за своїми характеристиками будуть відповідати габариту опор ліній електропередачі. Через це для трьох зазначених ЛЕП було змінено тип проводу зі збільшенням пропускної здатності електропередачі.

На рис. 1–3 показано результат моделювання усталеного режиму роботи електричної мережі на напрузі 330 та 400 кВ.

Важливим критерієм вигідності проектного рішення у сфері експлуатації електричних мереж є зменшення втрат потужності ділянками електропередачі. Втрати активної потужності викликані великим перетіканням активної потужності ділянкою мережі. Результати моделювання (рис. 1–3) демонструють лінійний ефект між зменшенням завантаженості за струмом і зниженням втрат потужності лініями електропередачі.

У результаті моделювання встановлено, що переведення мережі на 400 кВ знижує значення сумарних втрат потужності мережі на 10,8 % або на 19,1 МВт, а отже, позитивний ефект щодо зниження сумарних втрат потужності в мережі за однакових умов розрахунку, зокрема температури середовища, складу та потужності генерації і навантаження вказує на наявність економічного ефекту від переведення мережі 300 кВ на напругу 400 кВ.

Висновок. У роботі проведено порівняльний аналіз типових параметрів ділянок електричної мережі 330 і 400 кВ, зроблено порівняння результатів розрахунку усталеного режиму на основі прикладних схем електричної мережі Дніпровського регіону ОЕС України за 2004 рік. Результатами дослідження виявлено позитивний ефект щодо зниження завантаженості ліній електропередачі внаслідок зміни класу номінальної напруги за близьких значень граничного струму в обох випадках. Сумарні втрати потужності мережею і окремо кожною ділянкою також демонструють тенденцію до зниження за однакових умов розрахунку.

З огляду на отримані результати рішенням проблеми відповідності викликам перспективного росту навантаження є реконструкція мереж 330 кВ зі зміною класу номінальної напруги на 400 кВ.

1. Нечасва Т. П. Цільові показники низьковуглецевого розвитку електроенергетики України. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2023. № 4 (74). С. 103–111. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.4.2023.290937>
2. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Розпорядженням від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#>
3. ENTSO-E. URL: <https://transparency.entsoe.eu/>
4. Виконання комплексу робіт з реконструкції ПЛ 750 кВ ХАЕС-Жешув з переводом на напругу 400 кВ із реконструкцією ВРП 750 кВ ВП «ХАЕС» та встановленням АТ 750/400 кВ 45454000-4 Реконструкція. URL: <https://prozorro.gov.ua/tender/UA-2022-09-02-009619-a>

INCREASING THE CAPACITY OF UKRAINE'S TRANSMISSION NETWORKS

O.S. Bohomolova, D.V. Kravchenko

National Technical University of Ukraine Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,
Beresteyskiy ave., 37, Kyiv, 03056, Ukraine
e-mail: bohomolovaos@ukr.net

In connection with the projected significant increase in electricity demand by 2030, as well as for the purpose of developing the electricity system and effective interaction of the IPS of Ukraine with the energy systems of the European Union, the article considers the need and feasibility of converting the Ukrainian power grids from 330 kV to 400 kV, comparing the technical characteristics of grids of different voltage classes in terms of reliability, stability and efficiency of such grids. The paper provides an applied analysis of the efficiency of switching 330 kV rated voltage networks to 400 kV voltage class by the criterion of increasing the capacity of electrical equipment and reducing total power losses in the network. On the example of the Dnipro region of the IPS of Ukraine, the complex of computer programs designed for the design of power grids of power systems "Thesaurus" was used to model and analyze the modes of operation of the power grid at 330 kV and 400 kV. As a result, it was found that an increase in the voltage level will lead to a decrease in the load of certain line sections by 17 %, while the value of total network losses will decrease by 10.8 %.

Ref. 4, fig. 3.

Key words: power grid voltage, trunk power grids, power line, IPS of Ukraine.

1. Nechaieva T. P. Target indicators of Ukraine's low-carbon power sector development. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*. 2023. No 4 (74). Pp. 103–111. (Ukr) DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.4.2023.290937>
2. Energy Strategy of Ukraine until 2035 Security, Energy Efficiency, Competitiveness. Order of August 18, 2017, No. 605-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#> (Ukr)
3. ENTSO-E. URL: <https://transparency.entsoe.eu/>
4. Implementation of a set of works on the reconstruction of OHL 750 kV KhNPP-Rzeszow with transfer to 400 kV with the reconstruction of 750 kV SS KhNPP and installation of 750/400 kV AT 45454000-4 Reconstruction. URL: <https://prozorro.gov.ua/tender/UA-2022-09-02-009619-a> (Ukr)

Надійшла: 04.07.2024

Прийнята: 30.07.2024

Submitted: 04.07.2024

Accepted: 30.07.2024