

Б. В. Циганенко

ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕВЕДЕННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ УКРАЇНИ НА НОМІНАЛЬНУ НАПРУГУ 20 КВ

Стаття присвячена розв'язанню актуальної науково-технічної проблеми підвищення пропускної здатності та зменшення втрат електричної енергії в розподільних електричних мережах Об'єднаної енергосистеми України. Одним зі способів економії електроенергії в електричних мережах є перехід напруги розподільних мереж 6 (10) кВ на більш високу напругу, зокрема на 20 кВ. Застосування напруги 20 кВ у сучасних розподільних мережах дозволить перейти на вищий рівень електропостачання споживачів України, збільшити пропускну здатність порівняно із сучасними мережами в межах тієї ж території, зменшити технологічні втрати, підвищити якість електроенергії, енергобезпеку й надійність функціонування систем електропостачання, істотно знизити енергозалежність країни.

Ключові слова: електроенергетична система, розподільна електрична мережа, енергозбереження, пропускна здатність, втрати потужності.

Вступ

Україна до 2014 року щорічно споживала близько 210 млн. тонн умовного палива й належала до енергодефіцитних країн: 75% необхідного об'єму природного газу і 85% сирової нафти і нафтопродуктів імпортували. Низький рівень забезпеченості України власними енергоресурсами значною мірою пояснюють високою енергоемністю її економіки. Енергоемність ВВП України у 2,6 рази перевищує середній рівень енергоемності розвинених країн. Українським актуальним питанням енергозбереження енергоресурсів постає на сьогодні, коли енергетичну незалежність можна порівняти власне з державною незалежністю.

На сьогодні розподільні електричні мережі перебувають у вкрай важкому стані, що зумовлено високим ступенем фізичної і моральної зношеності електроустановок, великими втратами електричної енергії на її передавання, низьким рівнем автоматизації тощо. Зростання електричних навантажень часто призводить до технічного обмеження в сучасних мережах. Для забезпечення живлення нових споживачів споруджують лінії, як правило, паралельно до існуючих. Проте це не завжди розв'язує проблеми забезпечення споживачів електроенергією в необхідній кількості та нормованої якості.

Національна комісія України, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики, приділяє особливу увагу показникам якості надання послуг з передачі та постачання електроенергії, які характеризуються індексами середньої тривалості відключень (SAIDI) та середньої частоти відключень (SAIFI) в мережі. Цільовий показник якості (SAIDI) для міської території встановлено 150 хвилин, для сільської – 300 хвилин. Аналіз показників якості компаній по всій Україні показує, що на сьогодні показник SAIDI на порядок перевищує нормовані показники. Для компаній, які прийняли рішення щодо переходу на стимульоване регулювання, це означає необхідність скоротити середню тривалість перерв енергопостачання за 10 років майже в 5 разів.

Одним із перспективних способів зменшення втрат електричної енергії в електричній мережі є застосування номінальної напруги 20 кВ замість традиційних 6 кВ та 10 кВ [1 – 5].

Метою роботи є дослідження перспектив використання технологій передачі електричної енергії на номінальній напрузі 20 кВ у розподільних електричних мережах України.

Результати дослідження

Найрозвиненіші країни Європи виконали переведення електричної мережі 6 – 10 кВ на

клас напруги 20 кВ у другій половині ХХ століття. Так, наприклад, у Франції переведення розподільних електричних мереж на напругу 20 кВ було здійснено ще в 1962 році. На сьогодні електричні мережі 20 кВ активно експлуатують в Австрії, Німеччині, Італії, США, Фінляндії, Франції та інших країнах [2]. У СРСР електричні мережі 20 кВ активно розвивалися лише на території Балтії. На сьогодні певний досвід застосування технологій передавання електричної енергії на номінальній напрузі 20 кВ у розподільних електричних мережах має Російська Федерація. В Україні досі продовжують розвивати міські розподільні

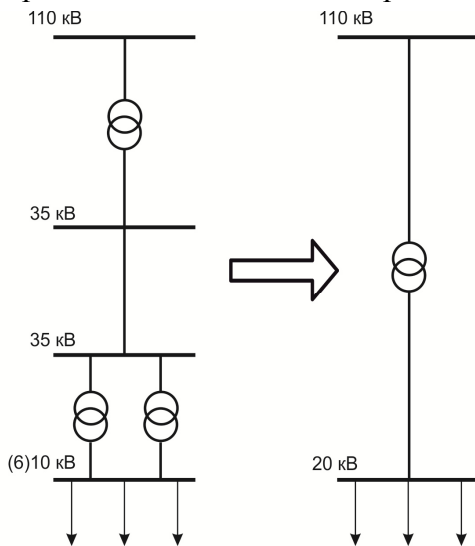


Рис. 1. Ілюстрація переведення системи розподілення електричної енергії з триступеневої на двоступеневу

мережі на класі напруги 10 кВ, для яких основні технологічні та схемні рішення були сформовані в середині минулого століття. До початку ХХІ століття вони стали неефективними, морально застарілими та неконкурентоспроможними. Зважаючи на досвід розвинутих країн Європи, а також з урахуванням історично сформованих підходів побудови розподільних мереж нашої країни, пропонуємо переведення розподільних мереж з номінальної напруги 6 – 10 кВ на напругу 20 кВ. А в перспективі – перехід від триступеневої системи передачі та розподілу електричної енергії (110-35-(6)10 кВ) на двоступеневу (110 – 20 кВ), як представлено на рис. 1 [6].

Дійсно, проведення звичайної комплексної реконструкції сучасних розподільних мереж 6 – 10 кВ із заміною обладнання на обладнання більшої потужності не дозволить підвищити їхню пропускну здатність і не дасть об'єктивного економічного ефекту, окрім відновлення функціонування, тому оптимальний варіант

пропонуємо заміщення розподільних мереж 6 кВ, що відпрацювали свій нормативний термін, новими мережами 20 кВ, а наступним етапом реалізації – поетапне заміщення мереж 10 кВ.

Світовий досвід використання технологій передачі електричної енергії на номінальній напрузі 20 кВ визначає такі основні переваги порівняно з електропередачами 6 – 10 кВ [1, 3, 7]:

- більшу пропускну спроможність електропередач за тих самих перерізів проводів;
- зниження технологічних витрат електричної енергії на її передавання;
- використання нового обладнання (трансформаторних підстанцій, розподільних пунктів) у габаритах старого;
- зменшення загальної довжини мереж 0,4 кВ та втрат у них шляхом використання щоглових КТП 20/0,4 кВ;
- збереження охоронних зон повітряних ліній електропередавання;
- підвищення надійності електропостачання споживачів електричної енергії;
- розвантаження розподільних пристроїв 6 – 10 кВ сучасних підстанцій та усунення дефіциту потужності в центрах живлення;
- створення резерву потужності для гарантованого надійного електропостачання споживачів;
- покращення показників якості електропостачання (SAIDI та SAIFI).

Для переходу на побудову міських мереж класом напруги 20 кВ необхідно виконання низки обов'язкових умов:

- 1) актуалізація нормативної бази з розробленням нових національних стандартів і технічних регламентів;
- 2) наявність у центрах живлення 110 кВ резервів потужності на рівні напруги 20 кВ;
- 3) розроблення концепції розвитку мереж 20 кВ на території конкретного міста, виконання

техніко-економічного обґрунтування побудови відповідних електричних мереж;

4) наявність на ринку обладнання та кабельної продукції напругою 20 кВ.

Завдання переведення електричних мереж на номінальну напругу 20 кВ можна розділити на дві частини, кожна з яких має самостійні підходи для розв'язання: переведення сучасних мереж 6 (10) кВ на номінальну напругу 20 кВ та застосування напруги 20 кВ під час будівництва нових мереж.

Загалом такі завдання потребують техніко-економічного обґрунтування обраного варіанту реконструкції сучасної мережі 6 (10) кВ із переведенням її на напругу 20 кВ або обраного варіанта будівництва нових ліній електропередавання 20 кВ. Традиційно таку задачу розглядають як оптимізаційну, що полягає у визначенні такого варіанта реконструкції (спорудження) електричної мережі, якому властиве найменше можливе значення цільової функції, яка відбиває витрати ресурсів на будівництво та експлуатацію електричної мережі, наприклад, зведеними дисконтованими витратами

$$Z = \frac{B}{E} + K - L,$$

де E – норма дисконту; K – одноразові капіталовкладення в розглянутий варіант розвитку системи; B – щорічні поточні витрати на експлуатацію електричної мережі; L – ліквідаційна (залишкова) вартість устаткування, яке демонтують.

З іншого боку, таку задачу можна розглядати як пошук варіанта реконструкції (будівництва) електричної мережі у просторі станів [8], де кожному стану простору пошуку відповідає можливий варіант реконструкції (будівництва) із відповідними характеристиками. Прийнята в Україні проектна практика полягає в попередньому генеруванні певної кількості можливих варіантів із подальшим їх порівнянням за визначеними економічними критеріями та вибором найефективнішого варіанта. Тут слід зважати на те, що через недостатній досвід проектувальника ще на попередньому етапі найефективніший варіант реконструкції (спорудження) електричної мережі може не потрапити до порівнюваних варіантів. Особливо висока ймовірність виникнення такої ситуації під час розроблення унікальних проектів, пов'язаних із застосуванням нових технологій у галузі передавання та розподілу електричної енергії. З іншого боку, розгляд та порівняння всіх можливих варіантів проектних рішень можуть бути пов'язані з проблемою комбінаторного вибуху, коли занадто висока розмірність простору пошуку не дозволяє в прийнятні терміни визначити найефективніше проектне рішення.

За таких умов ефективним може виявитися залучення еволюційних алгоритмів, побудованих на принципах використання та моделювання природного відбору. Оптимізаційну задачу визначення економічно ефективного варіанту розвитку електричної мережі тут замінюють на моделювання природного відбору щодо пристосованості до умов навколишнього середовища. Застосування генетичних операцій до поточної популяції породжуватиме нові проектні рішення з новими властивостями. Ефективне налаштування алгоритму пошуку дозволить спрямувати еволюційний процес розвитку можливих проектних рішень у напрямок економічно найефективнішого.

Висновки

Застосування напруги 20 кВ у сучасних розподільних мережах 6 – 10 кВ дозволить перейти на вищий рівень електропостачання споживачів України, збільшити пропускну здатність порівняно із сучасними мережами в межах чинного землевідведення, зменшити технологічні втрати, підвищити якість електроенергії, енергобезпеку й надійність функціонування систем електропостачання, істотно знизити енергозалежність країни. До того ж, завдяки використанню щоглових КТП 20/0,4 кВ можна значно зменшити протяжність електричних мереж 0,4 кВ шляхом наближення до споживачів напруги 20 кВ і

відповідно зменшити співвідношення протяжності ЛЕП 6-20 кВ до 0,4 кВ і, як наслідок, значення втрат у мережах 0,4 кВ, які на сьогодні складають 70 % сумарних втрат у розподільних електричних мережах ОЕС України.

Для розв'язання оптимізаційної задачі пошуку у просторі станів проектного рішення, яке характеризується найкращим економічним ефектом, необхідне техніко-економічного обґрунтування варіанту розвитку електричної мережі з реконструкцією наявних або спорудження нових електропередач на напрузі 20 кВ. Оскільки перегляд усіх можливих проектних варіантів обмежений проблемою комбінаторного вибуху, а прийняте в проектній практиці штучне обмеження простору пошуку може призвести до того, що найефективніше рішення не потрапить до порівнюваних варіантів, то ефективним може виявитися інтелектуальний пошук у повному просторі станів, який ґрунтується на еволюційних алгоритмах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Буре И. Г. Повышение напряжения до 20-25 кВ и качество электроэнергии в распределительных сетях / И. Г. Буре, А. В. Гусев // Электро. – 2005. – № 5. – С. 30 – 32.
2. Асташев Д. С. Применение напряжения 20 кВ для распределительных электрических сетей России / Д. С. Асташев, Р. Ш. Бедретдинов, Д. А. Кисель, Е. Н. Соснина // Вестник НГИЭИ. – 2015. – № 4. – С. 6 – 9.
3. Тодирка С. В большом мегаполисе за сетями 20 кВ – будущее / С. Тодирка // Энергоэксперт. – 2010. – № 5. – С. 56 – 58.
4. Черепанов В. В. Повышение эффективности транспортировки и распределения электрической энергии в кабельных линиях путем применения напряжения 20 кВ / В. В. Черепанов, И. А. Суворова // Электрика. – 2012. – № 7. – С. 27 – 30.
5. Соснина Е. Н. Топология городских распределительных интеллектуальных электрических сетей 20 кВ / Е. Н. Соснина, А. Б. Лоскутов, А. А. Лоскутов // Промышленная энергетика. – 2012. – № 5. – С. 11 – 17.
6. Baricevic T. ANP method in prioritizing investments in transition of MV network to 20 kV / T. Baricevic, A. Tunjic, E. Mihalek, K. Ugarkovic // Electricity Distribution – Part 2, 2009. CIRED 2009. The 20th International Conference and Exhibition on, 2009. Режим доступу: http://cdn.intechopen.com/pdfs/37988/InTech-Automatic_restoration_of_power_supply_in_distribution_systems_by_computer_aided_technologies.pdf.
7. Hone, Stefan; Hentschel, Klaus. Definition of criteria to operate 20 kV networks with arc suppression coils according to standards // Electricity Distribution – Part 1, 2009. CIRED 2009. 20th International Conference and Exhibition on, 2009. Режим доступу: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5255492&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5255492
8. Кацадзе Т. Л. Експертні системи прийняття рішень в енергетиці: навч. посіб. / Т. Л. Кацадзе. – К.: ЛОГОС, 2014. – 173 с.

Циганенко Борис Володимирович – інженер, член НКРЕКП, e-mail: Boris.vl.ts@gmail.com.

Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг.