

УДК 621.316.1

І. В. Белякова, канд. техн. наук, доц., О. О. Вакуленко, Р. П. Фіголь
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ СЕРЕДНЬОГО КЛАСУ НАПРУГИ

I. V. Beljakova, Ph. Dr., Assoc. Prof., O. O. Vakulenko; R. P. Pihol
**DISTRIBUTION ELECTRICAL NETWORKS DEVELOPMENT PROSPECTS
OF THE MIDDLE CLASS VOLTAGE**

На сьогодні розподільні електричні мережі (ЕМ) напругою 10(6) кВ майже вичерпали резерв пропускної здатності, мають надзвичайно низький рівень автоматизації, дистанційне управління обмежене застосуванням застарілого обладнання на трансформаторних підстанціях (ТП); мережі, як правило, дуже розгалужені, мають значну протяжність (15 ... 25) км, іноді до 50 км, секціонування їх практично всюди забезпечується лінійними роз'єднувачами, а застосування сучасних реклоузерів не поширене.

Загальна протяжність розподільних електричних мереж в Україні на сьогодні складає: 0,4 кВ – 432 тис. км; 6-10 кВ – 321 тис. км і має тенденцію до щорічного зростання. В незадовільному технічному стані знаходиться 78 тис. км повітряних ліній напругою 0,4 ... 150 кВ, а також майже 32 тис. трансформаторних підстанцій і розподільчих пунктів 6(10) кВ та 250 - 35 ... 150 кВ. Тобто, ЕМ, їх схеми та обладнання у сучасному стані концептуально не адаптовані до вимог, які стоять перед сферою енергозабезпечення.

Завдяки цим вадам, ЕМ 10(6) кВ об'єктивно погіршують міжнародно признані показники щодо надійності електропостачання споживачів: індекс середньої тривалості відключень ($SAIDI = \sum_{i=1}^m n_i \cdot T_i / N_c$, де m - кількість ділянок ЕМ; n_i - кількість споживачів на i -тій ділянці; T_i - щорічна тривалість перерв електропостачання споживачів; N_c - загальна кількість споживачів) та індекс середньої частоти відключень ($SAIFI = \sum_{i=1}^m n_i \cdot \lambda_i / N_c$, де λ_i - інтенсивність відмов на i -тій ділянці ЕМ). Так, реальна тривалість перерв електропостачання в Україні сягає від 580 до 870 хвилин, тоді як у країнах ЄС – до 40 хвилин [1].

Клас напруги 20 кВ в порівнянні з напругою 10 кВ має низку переваг. Перша перевага - це велика пропускна потужність, що особливо важливо в умовах сучасного збільшення споживання електроенергії, причому, як в промисловості, так і в побуті. Наприклад, кабельна лінія на напругу 20 кВ перетином 240 мм² здатна передати потужність рівну 13,7 МВ·А, в той час як на напрузі 10 кВ - тільки 6,1 МВ·А.

Друга перевага мереж 20 кВ - це зниження втрат електроенергії і напруги на передачу. Наприклад, при виборі перетину проводів повітряних ЛЕП слід керуватися технічними вимогами і, в першу чергу, допустимого струмового навантаженням. В цьому випадку, для однієї і тієї ж потужності навантаження перетин проводів (F10 чи F20) на напругах 10 і 20 кВ будуть відрізнятися в 2-3 рази (F10 > F20); до того ж відношення втрат потужності ΔP_{10} при напрузі 10 кВ і ΔP_{20} при напрузі 20 кВ $\Delta P_{10} / \Delta P_{20} = (R_{10} / R_{20}) / (U_{10} / U_{20})^2$ буде перебувати в межах (1,3 ... 1,6), тобто втрати потужності на напрузі 20 кВ будуть в 1,5 рази меншими, ніж при 10 кВ. Таке ж співвідношення зберігається і для відношень втрат напруги [2].

Електрообладнання на клас напруги 20 кВ доцільніше застосувати у внутрішньоцехових промислових і міських ЕМ зі значною територіальною щільністю навантаження та сільських ЕМ при передаванні значної потужності у віддалені пункти. В порівнянні з напругою 35 кВ ТП на 20 кВ комплектні й повністю заводського виготовлення; електричні апарати та кабелі такого класу менш матеріалоємні, тобто більш легкі та дешевші.

На даний час визначено основні проблеми переведення розподільних ЕМ з номінальної напруги 10(6) кВ на напругу 20 кВ:

- відсутність широкої лінійки електрообладнання на номінал напруги 20 кВ;
- відсутність досконалої нормативно-правової бази використання в енергосистемі України напруги 20 кВ як одного з ключових аспектів переходу до моделей «розумних» ЕМ (Smart Grid та Microgrid);
- відсутність партнерських програм з країнами, які вже використовують технологію середнього класу напруги 20 кВ;
- відсутність проектів сценарного типу, які враховували б особливості переведення частин ЕМ з напруги 6 (10) кВ на напругу 20 кВ з паралельною роботою основної кількості цих мереж.

Найбільш ефективним критерієм для техніко-економічного порівняння стратегій розвитку ЕМ на номінальних напругах 10 чи 20 кВ є дослідження мінімуму *сумарних дисконтованих витрат* [3]. За умови залучення інвестицій протягом одного року такі витрати оцінюють за формулою: $Z_{dc} = \frac{B}{E} + K - L$, де B - витрати на експлуатацію та обслуговування ЕМ й витрати на покриття втрат електричної енергії; K - капіталовкладення в реконструкцію ЕМ; L - ліквідна вартість устаткування, що демонтується; $E = 0,1$ - норма дисконту.

З розрахунку досліджуваної ЕМ [3] випливає, що кращими техніко-економічними показниками (майже 10% дисконтованих витрат) характеризується варіант реконструкції розподільної ЕМ з переведенням живлення на номінальну напругу 20 кВ. Період повернення капіталу T_n дорівнює року t розрахункового періоду, після якого кумулятивна сума чистих грошових потоків P_{dc} переходить з від'ємної зони

в додатну і визначається за виразом: $P_{dc} = \sum_{t=1}^{T_n} P_{ct} / (1 + E)^t = 0$, де P_{ct} - чистий прибуток в t -й рік розрахункового періоду. Слід зазначити, що при розрахунку періоду повернення капіталів слід враховувати зростання споживання електроенергії й динаміку зміни кумулятивної суми чистих грошових потоків.

Застосування напруги 20 кВ та використання сучасного обладнання, а саме: елегазових, вакуумних вимикачів, реклоузерів, мачтових ТП дозволить перейти на вищий рівень надійного комплексного централізованого електропостачання споживачів України, зменшити (обмежити) струми к.з., знизити втрати електричної енергії, покращити енергозбереження і безпеку при експлуатації електромереж.

Література

1. Циганенко Б. В. Перспективи переведення розподільних мереж України на номінальну напругу 20 кВ // Наук. праці Він. нац. техн. ун-ту. Енергетика та електротехніка - 2016. - №1. - С. 1–4.
2. Буре И. Г. Повышение напряжения до 20-25 кВ и качество электроэнергии в распределительных сетях // Электро.- 2005. - № 5. - С. 30–32.
3. Бахор З. М. Техніко-економічні аспекти впровадження електричних мереж напругою 20 кВ / З. М. Бахор, А. Б. Козовий та ін. // Вісник Він. політехн. ін-ту. - 2018. - №1. - С. 53–58.