УДК 621.316.1

А. М. Лупенко, д.т.н., професор, О. О. Вакуленко, С. Ю. Санчела
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ 110 КВ

A. M. Lupenko, Dr., Prof., O. O. Vakulenko, S. Yu. Sanchela

INCREASING EFFICIENCY OF THE 110 KV ELECTRICAL NETWORKS METHODS

На даний час більш ніж 90% повітряних ліній (ПЛ) напругою 220 кВ і вище та 55% основного устаткування трансформаторних підстанцій (ПС) відпрацювали розрахунковий технічний ресурс (25 років), а 56% ПЛ і 17% ПС експлуатуються понад 40 років. Розподільні електричні мережі (ЕМ) відпрацювали 2–3 терміни нормативної експлуатації. Старіння обладнання ПС, елементів ПЛ призводять до зростання аварійності та технологічних витрат електроенергії на її транспортування, спричиняє підвищену кількість відключень обладнання та його пошкодження.

Перспективним рішенням цієї проблеми з економічної точки зору є комплексний підхід до реконструкції ЕМ середньої напруги 6 (10) кВ з підвищенням номінальної напруги до 20 кВ, створення центрів живлення та прокладання нових ліній із запровадженням якісно нового рівня автоматизації мережі [1].

Одним з напрямків розвитку й інтелектуалізації комплексів релейного захисту і автоматики (РЗА) та автоматизованих систем керування (АСК) підстанціями (ПС) є перехід від окремих, часто інформаційно ізольованих аналогових пристроїв та підсистем до інтегрованих однорідних систем з єдиним інформаційним простором. Значним прогресом у створенні таких систем стало впровадження у практику електроенергетики стандарту «МЕК 61850. Мережі та системи зв'язку на підстанціях».

Внаслідок впровадження на підстанціях АСК відбувся значний розвиток апаратних і програмних засобів систем керування [3]:

- з'явились високовольтні цифрові трансформатори струму та напруги, мікропроцесорні контролери;
- розробляється первинне та вторинне електромережеве обладнання з вбудованими комунікаційними портами;
- впровадження стандарту МЕК 61850, який регламентує представлення даних про ПС як об'єкт автоматизації, а також оперує протоколами цифрового обміну даними між мікропроцесорними інтелектуальними електронними пристроями (скор. IED - англ.) ПС, включаючи пристрої контролю та керування, РЗА, протиаварійної автоматики (ПА), телемеханіки, лічильники електричної енергії.

У ході реконструкції ЕМ напругою 110 кВ впровадження ЕМ напругою 20 кВ можливе внаслідок наявності компактного обладнання вітчизняних й закордонних виробників, зокрема, щоглових ПС зі спрощеною конструкцією трансформатора без розширювального бачка та перемикача без збудження. Використання щоглових комплектних трансформаторних ПС дає можливість максимально наблизити їх установку до споживачів зі збереженням охоронної зони 10 кВ.

Для підвищення ефективності функціонування розподільних ЕМ актуальним є не тільки перехід на вищий клас напруги для мереж 6 (10) кВ, але й зміна топології ЕМ способом наближення ПС 20 кВ до споживачів при скороченні фідерів ЕМ напругою 0,4 кВ з суттєвим покращенням системи прийняття рішень керування технологічними процесами, яка пов'язана з поняттям інтелектуалізації міських й сільських розподільних ЕМ на основі сучасних технологій - самодіагностики, аналізу й звітності.

Для аналізу техніко-економічних аспектів й ефективності розвитку розподільних ЕМ використана ЕМ у складі: 30 фідерів 10(6) кВ та 400 ТП 10(6)/0,4 кВ з сумарною встановленою потужністю трансформаторів 90 МВ·А. Сумарна довжина повітряних ЛЕП становить 530 км, а довжини 14-ти з них лежать в межах від 20 до 50 км [2].

Аналіз режиму максимальних навантажень діючої ЕМ показав, що функціонування ЕМ 6 кВ та окремих фідерів 10 кВ, які мають значну довжину, є неякісним і значно ускладнює експлуатацію ЕМ й призводить до понаднормативного зростання втрат активної потужності. Спостерігаються перевантаження окремих ділянок ліній та значне зниження рівня напруги на шинах ТП, причому втрати напруги до окремих віддалених ТП досягають 35%, технологічні втрати активної потужності в ЕМ 6 кВ становлять біля 15% від потужності, що надходить в ЕМ, до того ж в структурі втрат активної потужності понад 80% становлять втрати в ЛЕП.

Розрахунок режиму за умови переведення всієї ЕМ на напругу 20 кВ показав значне покращення як за втратами активної потужності (понад 60%) у порівнянні з режимом 10 кВ, так і за рівнями напруги на шинах споживачів. Однак, на особливо протяжних фідерах втрати напруги становили до 6%, тоді як на шинах ТП решти фідерів втрати напруги не перевищували 3%. Для усунення додаткових втрат й оптимізації структури ЕМ було промодельовано встановлення розвантажувального центру живлення 110/20 кВ, що додатково зменшило сумарні втрати активної потужності в модернізованій ЕМ ще на 25%, тобто на майже 50% у порівняні з оптимізованим режимом 10 кВ [2].

Найбільш ефективним критерієм порівняння стратегій розвитку ЕМ на номінальних напругах 10 або 20 кВ є дослідження мінімуму *сумарних дисконтованих витрат*. За умови залучення інвестицій протягом одного року такі витрати оцінюють за формулою: $З_{дс} = B/E + K - Л$, де B - витрати на експлуатацію та обслуговування ЕМ й витрати на покриття втрат електричної енергії; K - капіталовкладення в реконструкцію ЕМ; $Л$ - ліквідна вартість устаткування, що демонтують; $E = 0{,}1$ - норма дисконту.

З розрахунку досліджуваної ЕМ 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 $T_п$ дорівнює року t розрахункового періоду, після якого кумулятивна сума чистих грошових потоків $П_{дс}$ переходить з від'ємної зони в додатну і визначається за виразом: $П_{дс} = \sum_{t=1}^{T_п} П_{ч\,t} \Big/ (1+E)^t = 0$, де $П_{ч\,t}$ - чистий прибуток в t-й рік розрахункового періоду.

Отже, безперервний висхідний розвиток електроенергетики та комунікаційних технологій, підвищення вимог до функцій захисту, вимірювальних трансформаторів та основного обладнання сприятиме подальшому розвитку й вдосконаленню ЕМ.

Література

1. Циганенко Б. В. Особливості функціонування розподільних мереж середнього класу напруги та їх переведення на напругу 20 кВ / Б. В. Циганенко, В. В. Кирик // Гідроенергетика України. - 2016. - №3–4. - С. 7–13.

2. 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..

3. Інформатизація електроенергетичних систем та електричних об'єктів / Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, О. Ф. Буткевич, С. П. Денисюк // Праці ІЕД НАН України : Зб. наук. пр. – К. : 2007. – Вип. 1 (16), Ч. 1. – С. 9–15.