

УДК 621.311: 681.3

**І. В. Белякова, канд. техн. наук, доц.; О. О. Вакуленко; В. В. Гріша**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ТА ПРОБЛЕМИ ЇХ МОДЕРНІЗАЦІЇ**

**I. V. Beljakova, Ph.D., Assoc. prof.; O. O. Vakulenko; V. V. Hrishka**

### **INCREASING SUSTAINABILITY OF THE ELECTRICAL NETWORKS AND PROBLEMS OF THEIR MODERNIZATION**

Відомо, що разом з концентрацією виробництва активної потужності (яку необхідно передавати в енергодефіцитні райони) відбувається і концентрація генерування реактивної потужності (яку передавати по електричній мережі вкрай неефективно). Так, вже сьогодні постає проблема передачі електричної енергії із Західної та Південно-Західної енергосистем України, тобто з районів концентрації генерації (Хмельницька та Рівненська АЕС). Ця проблема безпосередньо спричинена вимушено обмеженою пропускнуою здатністю окремих перетинів за умови статичної стійкості режимів роботи енергосистеми України. Мова йде, в першу чергу, про стійкість за напругою. Порушення стійкості за напругою та виникнення «лавини» напруги супроводжує практично кожну системну аварію [1]. Тому особливу актуальність набувають питання аналізу сьогоденних та перспективних режимів роботи енергосистеми з точки зору оцінки статичної стійкості за напругою. Це дозволить ідентифікувати такі енергорайони в об'єднаній енергосистемі України та запровадити заходи щодо усунення проблем, що виникають при цьому.

Через складність явищ та процесів, що проходять в електроенергетичних системах, «фізичне» поняття стійкості для зручності моделювання традиційно розкладають на складові. В країнах Європейського енергетичного об'єднання використовується така класифікація цього явища : «стійкість за кутом » та «стійкість за напругою». При цьому, використання цього підходу дозволяє більш чітко розділити загальне поняття на окремі математичні складові.

Стійкість за напругою - це здатність енергосистеми підтримувати стійкі та прийнятні рівні напруги на всіх системах шин (СШ) як в нормальних, так і в післяаварійних та ремонтних режимах. Основною причиною неконтрольованого зменшення напруги та втрати стійкості є нездатність енергосистеми підтримувати в кожний момент часу баланс реактивних потужностей на окремій СШ або в окремій зоні системи після виникнення збурення. Тобто, система стійка за напругою при  $\partial Q/\partial U \geq 0$ . Величина напруги, яка відповідає переходу від стійкого стану до нестійкого (при  $\partial Q/\partial U = 0$ ), називається «критичною напругою», а відповідний їй рівень реактивної потужності - «межею за реактивною потужністю» [1].

*Динамічна стійкість* за напругою пов'язана з оцінкою та підтримкою напруги впродовж (1 ... 2) с відразу після «великого» збурення. В першу чергу, це реакція автоматики регулювання збудження (АРЗ) генераторів при короткому замиканні (КЗ).

Особливу гостроту проблема динамічної стійкості за напругою набуває разом із зростанням частки відновлюваної енергетики в структурі генерації. Нетрадиційні генератори (на вітроелектростанціях) мають недостатні можливості щодо підтримки напруги під час КЗ або при інших аваріях в енергосистемі. Зокрема, коли напруга в мережі знижується, генератори на вітроелектростанціях за умовами експлуатації мають відключатися, що призводить до погіршення рівня динамічної стійкості за напругою в таких енергосистемах. Паралельна робота «нетрадиційних» генераторів дозволяє проходити короткотривалі «провали напруги», не від'єднуючись від системи.

Також, швидке скидання генерації повинно відбуватись внаслідок раптового підвищення швидкості вітру понад 25 м/с, що призводить до швидкого зменшення генерації

з максимального рівня майже до нуля внаслідок спрацювання технологічного захисту установки. Іншим небезпечним режимом вітроустановки є швидка зміна швидкості вітру в межах від 7 до 12 м/с, адже потужність силової установки при цьому повинна змінюватися від 30 до 100% свого номінального значення [2].

Саме одночасне непрогнозоване відключення значної кількості вітроустановок може спричинити аварійний небаланс. Усунення цієї загрози досягається створенням резерву потужностей та заходами прогнозування очікуваної швидкості вітру в районах вітроустановок. Так, системні оператори багатьох європейських країн встановили вимоги щодо паралельної роботи «нетрадиційних» генераторів. Мова йде, зокрема, про т.з. заходи LVRT (Low Voltage Ride Through) або властивість генераторів проходити короткотривалі «провали напруги», не від'єднуючись від енергосистеми.

Довгострокова стійкість за напругою враховує вплив на рівні напруги динаміки систем регулювання на генераторах, а також процесів, пов'язаних із закінченням резервів реактивної потужності протягом певного часу, роботою РПН (регулювання під напругою) автотрансформаторів (АТ) та трансформаторів (Т), перемиканням батарей статичних конденсаторів (БСК), шунтуючих реакторів (ШР) та дією режимної автоматики.

Невід'ємною складовою частиною проблематики стійкості як енергосистеми України в цілому, так і окремих її частин є забезпечення ефективної модернізації всього комплексу енергообладнання. Відомо, що фізичне та моральне старіння обладнання електромереж становить понад 50%. Близько 47% від загальної кількості підстанційного обладнання та 67% усіх ліній електропередач відпрацювали понаднормативний термін – більше 25 років. У той же час 17% підстанцій та 26% ЛЕП перейшли в стадію аварійного терміну експлуатації (понад 35 років для підстанцій та 40 років для повітряних ліній) [3].

Зазвичай, підприємства, отримуючи нове устаткування, повинні капіталізувати його (поставити на баланс підприємства) і щорічно відраховувати до амортизаційного фонду певний відсоток від його вартості. Цей фонд, в свою чергу, є джерелом коштів для модернізації устаткування. Поетапне запровадження нового устаткування дозволяє поступово формувати у майбутньому джерела програм модернізації устаткування.

Заміна старого обладнання на нове означає ще й вивільнення місця його розташування. Наприклад, в нових комірках КРП внаслідок застосування сучасних ізоляційних матеріалів можна зменшити їх габарити на (20 ... 30)%, що дає можливість збільшити кількість приєднань на 30%.

Таким чином, дослідження стійкості за напругою дозволяє визначати найбільш критичні системи шин електромережі та виявляти фактори, що можуть призводити до порушення стійкості як окремих перерізів, так і енергосистем в цілому.

### **Література:**

1. Кириленко О. В. Аналіз стійкості енергетичних систем за напругою / О. В. Кириленко, В. В. Павловський та ін. // Технічна електродинаміка. Електроенергетичні системи та установки. – 2010. - №3. – С. 59–72.
2. Кузнецов М. П. Фактори впливу вітрової енергетики на стійкість енергосистеми // Відновлювальна енергетика. Вітроенергетика. – 2015. - №2. – С. 51–55.
3. Попадченко С. А. Современные подходы к модернизации электрических сетей в электроэнергетической отрасли Украины // Энергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. – 2016. – №2. – С. 21–24.