

УДК 621.311 : 681.3

П. С. Євтух, докт. техн. наук, проф.; О. О. Вакуленко; П. М. Оліярник;
Б. П. Коханський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ ПІДСТАНЦІЇ 110/10 КВ

P. S. Yevtukh, Dr., prof.; O. O. Vakulenko; P. M. Oliyarnyk; B. P. Kohansky
RESEARCH OF THE ELECTRICAL NETWORK 110/10 KV SUBSTATION
FASTNESS ANALYSIS OF THE METHODS

Відповідно до нормативних положень [1] стійкість енергосистеми – це здатність повертатися до усталеного режиму після різного роду збурень без переходу до асинхронного режиму, тобто зберегти синхронізм між електростанціями. Стійкість енергосистем визначається як статична та динамічна. Статична стійкість – це здатність енергосистем повертатися до усталеного режиму після малих збурень, за яких зміни параметрів дуже малі проти їх середніх значень; динамічна стійкість – це здатність енергосистем повертатися до усталеного режиму після значних збурень (коротке замикання, відключення будь-якого елемента енергосистеми, раптове виникнення аварійного небалансу потужності та ін.).

Основною причиною неконтрольованого зменшення напруги та втрати стійкості є нездатність енергосистеми підтримувати в кожний момент часу баланс реактивних потужностей на окремій системі шин (СШ) або в окремій зоні системи після виникнення збурення. Критерій стійкості енергосистеми за напругою полягає у тому, що в поточному режимі на кожній СШ при збільшенні напруги $\partial U \geq 0$ величина реактивної потужності $\partial Q \geq 0$ на тій самій СШ повинна збільшуватись. 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» [2].

Динамічна стійкість за напругою пов'язана з оцінкою та підтримкою напруги енергомережі впродовж (1 ... 2) с відразу після значного збурення. Це стосується, в першу чергу, реакції автоматики регулювання збудження генераторів при к.з.

Статична стійкість за напругою належить до форми стійкості, що визначається переважно статичними характеристиками навантаження та параметрами мережі, які не залежать від часу та поточного режиму. Такий режим можливо розглядати як усталений протягом (2 ... 10) с. Як збурення розглядається втрата елемента енергосистеми або зростання навантаження.

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 пристроїв регулювання під напругою трансформаторів, перемиканням батарей статичних конденсаторів, шунтуючих реакторів та дією режимної автоматики [2].

Слід відзначити, що стійкість за напругою може порушуватися як у випадку зниження напруги до величини (0,7 ... 0,75) в. о. від номінальної на системних шинах 110 кВ, так і при перевищенні рівня 0,9 в. о. При аналізі стійкості за напругою в граничних режимах з високою критичною напругою кращим індикатором наближення режиму до точки втрати стійкості є наявність резерву реактивної потужності.

Особливу гостроту проблема динамічної стійкості за напругою набуває разом із зростанням частки відновлювальної енергетики в структурі генерації. Нетрадиційні

генератори (на вітроелектростанціях) мають недостатні можливості щодо підтримки напруги під час к.з. або при інших аваріях в енергосистемі. Паралельна робота «нетрадиційних» генераторів дозволяє проходити короткотривалі «провали напруги», не від'єднуючись від системи.

Для аналізу коливальної стійкості енергосистем з інтегрованими вітроелектричними станціями (ВЕС) в якості малих збурень розглядається швидке скидання або зростання генерації. Наприклад, швидке скидання генерації може виникнути внаслідок раптового підвищення швидкості вітру понад 25 м/с. Це призводить до швидкого зменшення генерації з максимального рівня (при швидкостях вітру до 25 м/с) майже до нуля внаслідок спрацювання технологічного захисту установки. Іншим небезпечним режимом є швидка зміна швидкості вітру в межах від 7 до 12 м/с, адже потужність силової установки при цьому може змінюватися від 30 до 100% номінального значення [3].

З урахуванням того, що зміни в потужності генерації ВЕС у часі можуть мати регулярний характер – повторюватися з певною частотою, вони представляють інтерес для перевірки коливальної стійкості у випадках, коли частота збурень збігається з однією із власних частот енергосистеми (згідно досліджень - це (0,2 ... 1,2) Гц).

Стосовно впливу ВЕС на динамічну стійкість енергосистеми, то 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 розміщення ВЕС [3].

Попередні дослідження [4] показали перспективність визначення рівня статичної стійкості електроенергетичних об'єднань шляхом спектрального аналізу низькочастотних коливань потужності на окремих перерізах енергосистеми, загроза від яких полягає у можливості поділу систем на несинхронні погано збалансовані підсистеми, наслідком чого можуть стати вимикання потужних енергоблоків електростанцій і значних об'ємів навантаження.

Наприклад, аналізувалась стійкість післяаварійного режиму, який виникає внаслідок вимикання однієї з повітряних ліній 330 кВ. Досліджувалась динаміка коливань перетоку потужності в перетині за перші 30 секунд (1500 точок) після збурення. Спостерігалось слабо затухаюче низькочастотне коливання типу биття. Виявлено дві близькі домінантні частоти 0,66 Гц та 0,53 Гц з періодограмою і амплітудами, значно вищими за найближчі сусідні значення. У цьому випадку низькочастотні коливання перетоку потужності спричинені взаємними коливаннями генераторів двох енергоблоків на близьких частотах [4].

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. Стійкість енергосистем. Керівні вказівки : ГКД 34.20.575–2002. – [На заміну ГКД 341.004.006–97 ; чинний від 2002–07–03]. – К. : ОЕП «Гріфре», 2002. – 23 с.
2. 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.
3. Кузнецов М. П. Фактори впливу вітрової енергетики на стійкість енергосистеми // Відновлювальна енергетика. Вітроенергетика. – 2015. - №2. – С. 51–55.
4. Авраменко В. М. Декомпозиційний аналіз коливань потужності по мережі ОЕС України / В. М. Авраменко, О. В. Мартинюк // Технічна електродинаміка. – 2018. - №4. – С. 98–101.