

УДК 621.311

О.С. ЯНДУЛЬСЬКИЙ, В.В. МАЦЕЙКО

АНАЛІЗ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ КОЛИВАНЬ ПОТУЖНОСТІ ПРИ ВИНИКНЕННІ ЗБУРЕНЬ В СИСТЕМОУТВОРЮЮЧІЙ МЕРЕЖІ ОЕС УКРАЇНИ

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Анотація. Проаналізовано основні властивості виявлених низькочастотних коливань потужності при виникненні збурень різної величини в системоутворюючій мережі ОЕС України, загальні чинники, які впливають на їх характеристики та ступінь небезпеки з точки зору розгйдудання режиму системи і порушення коливальної стійкості.

Ключові слова: енергосистеми(ЕС), перехідні режими, лінії електропередачі (ЛЕП).

ВСТУП

Моніторинг стійкості енергосистем (ЕС) з застосуванням сучасних інформаційних технологій та систем моніторингу перехідних режимів (СМПР) вже став запорукою ефективної роботи найбільш розвинених енергосистем світу. Досвід впровадження моніторингу низькочастотних коливань (НЧК) в режимі реального часу вже показав свої переваги: зниження ризику розвитку серйозних аварій, запобігання розділенню частин ЕС; контроль системних обмежень в режимі реального часу; глибока ситуаційна поінформованість дозволяє досягти максимального використання пропускної здатності ліній електропередачі (ЛЕП) без підвищення ризику розвитку аварійних ситуацій; підвищення точності планування операцій на ринку з врахуванням прогнозованих меж та реальної пропускної здатності мереж; ефективне використання можливостей розподіленої генерації зі змінним графіком вироблення електроенергії; верифікація динамічних моделей, що покращує точність та ефективність моделювання режимів роботи ЕС; виявлення коливальних процесів в ЕС, оцінка ефективності демпфування.

МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження НЧК потужності є актуальним для об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України, оскільки наявність потужних ЕС, пов'язаних між собою відносно слабкими міжсистемними зв'язками, перспективне залучення енергоблоків/агрегатів електростанцій до нормованого первинного та вторинного регулювання частоти та потужності можуть бути чинниками виникнення небезпечних НЧК з точки зору порушення коливальної стійкості. Важливим фактором є те, що однією з обов'язкових вимог асоціації ENTSO щодо можливості реалізації паралельної роботи ОЕС України з енергетичним об'єднанням європейських країн є здійснення ефективного демпфування коливань потужності. Така вимога продиктована тим, що світовий досвід паралельної роботи великих энергооб'єднань налічує численні аварії, які були пов'язані саме з появою небезпечних НЧК в частинах энергооб'єднання.

Дослідження стійкості ОЕС та НЧК потужності розглядаються в ряді робіт вітчизняних та закордонних фахівців [1,2]. Одним з лідерів в даному напрямку є шотландська фірма Psumetrix, яка спільно з міжнародною групою Alstom Grid забезпечують диспетчерські центри інструментами для вирішення завдань моніторингу та прийняття рішень з управління ЕС в режимі реального часу [3,4].

На даний момент СМПР ОЕС України характеризується наявністю 24-х пристроїв СМПР типу Регіна-Ч, які розміщені на двох електростанціях та 22-х підстанціях (ПС) напругами 330–750 кВ. Саме технічні характеристики зазначених електровимірювальних реєструючих приладів створили нові можливості виявлення НЧК в порівнянні з традиційними системами SCADA (період дискретизації даних SCADA – 1с, СМПР – 0,02с).

Для ідентифікації НЧК потужності в міждержавних та внутрішніх перетинах при виникненні збурень в системоутворюючій мережі ОЕС України використовувався спектральний аналіз синхронізованих вимірів з розрахунком характеристик даних коливань: частоти; амплітуди; декремента

затухання; логарифмічного декременту затухання; часу затухання; коефіцієнта затухання.

Ідентифікація НЧК перетоків потужності в міждержавних та внутрішніх перетинах ОЕС України в результаті обробки синхронізованих даних з пристроїв СМІР проводилася за період 11.2012 – 09.2013р.р., протягом якого відбулися значні аварії: вимкнення блоку 1000 МВт на Запорізькій АЕС; вимкнення блоку 1000 МВт на Рівненській АЕС; вимкнення блоку 260 МВт на Зуївській ТЕС; почергове вимкнення трьох блоків по 300 МВт на Вуглегірській ТЕС; вимкнення ЛЕП – 330кВ Зуївській ТЕС – Харцизьк разом з вимкненням 600 МВт на Зуївській ТЕС.

Аналіз коливань перетоків потужності показав, що значні збурення викликають появу міжсистемних електромеханічних низькочастотних коливань головним чином в лініях напругою 750 – 500 кВ зі значною амплітудою до 100 МВт. Подібні коливання також спостерігаються в лініях напругою 330 кВ, але з незначною амплітудою до 15 МВт, що свідчить про високу степінь збереження коливальної стійкості в мережі 330 кВ в момент аварії. При незначних збуреннях НЧК характеризуються незначними початковими амплітудами, швидким часом згасання і високими коефіцієнтами затухання.

Аналіз отриманих характеристик низькочастотних коливань показав, що амплітуда НЧК залежить від: початкових умов доаварійного режиму, величини збурення, зміни перетоку активної потужності внаслідок аварії та віддаленості від місця виникнення збурення. Встановлено також, що місце прикладання збурення впливає на форму коливань. Так, при збуренні на Запорізькій АЕС проявляється коливання з однією частотою, а при збуренні такої ж величини на Рівненській АЕС – більш складне коливання з переходом однієї частоти в іншу.

При каскадному збуренні характер низькочастотних коливань залежить від проміжку часу між збуреннями та роботою системи автоматичного регулювання частоти та потужності (САРЧП) по відновленню балансу активної потужності в ЕС. Так, вимкнення першого та другого блоку по 300 МВт супроводжувались появою неявно виражених коливань, оскільки на момент вимкнення другого блоку 300 МВт баланс в системі вже був відновлений САРЧП. Однак, вимкнення третього блоку 300 МВт викликало більш значні коливання, оскільки на момент його відключення небаланс активної потужності ще не в повному обсязі був покритий САРЧП.

ВИСНОВКИ

Запропонований метод обробки синхронізованих вимірів з пристроїв СМІР ефективний для випадків порушення балансу в ОЕС України, або виникненні значних збурень в системоутворюючій мережі ОЕС України з конкретизацією моменту аварії в режимі off-line. Такий підхід може забезпечити відповідні підрозділи ДП НЕК «Укренерго» необхідною інформацією щодо виникнення небезпечних коливних порушень в системі при протіканні відповідних аварійних процесів шляхом накопичення обробленої інформації для випадків різних збурень, визначити слабкі зв'язки в енергосистемі, розробити рекомендації щодо встановлення необхідних сучасних пристроїв демпфування НЧК (засоби систем гнучкої передачі змінним струмом ГПЗС, системні стабілізатори PSS).

Для ідентифікації НЧК перетоків активної потужності по внутрішнім та міждержавним перетинам в режимі нормальної роботи ОЕС України необхідна організація моніторингу зазначених параметрів та розрахунку характеристик домінуючих коливань в режимі on-line, оскільки обробка синхронізованих вимірів з пристроїв СМІР на окремих часових відрізках не може дати повної картини щодо появи чи наявності небезпечних низькочастотних коливань з точки зору порушення коливальної стійкості ЕС.

В зв'язку з цим, необхідним етапом розвитку технологій векторної реєстрації для задач автоматичного управління електричними режимами ЕС в ОЕС України є організація моніторингу ЕС в режимі реального часу, що, в свою чергу, вимагає розробки потужних апаратно – програмних комплексів моніторингу ЕС на основі синхронізованих вимірів з пристроїв СМІР. Реалізація таких дій дасть можливість перейти від нормування постійних коефіцієнтів запасу до використання динамічних обмежень максимально допустимих перетоків потужності, які основані на оперативній оцінці поточного режиму ЕС, що забезпечить підвищення ефективності та якості роботи ОЕС .

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Буткевич О. Ф. Деякі аспекти моніторингу низькочастотних коливань режимних параметрів енергооб'єднань / О. Ф. Буткевич, В. В. Чижевський // Праці Інституту електродинаміки НАН України : зб. наук. праць. Спец. вип. — 2010. — С. 72—77.
2. D.Wilson, K.Hay, Identifying sources of damping issues in the Icelandic power system, 16th PSCC, Glasgow, Scotland, July 14-18, 2008. —8p.
3. M.C.J. Angammana, Analytical study of factors affecting to electromechanical oscillations in power

- systems, Master thesis, Asian Institute of Technology, Thailand, May 2006.
4. PhasorPoint Solutions Applications [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.psymetrix.com>, 2012.

Надійшла до редакції 14.11.2013р.

ЯНДУЛЬСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР СТАНІСЛАВОВИЧ – д.т.н., професор, декан факультету електроенерготехніки та автоматики, кафедра автоматизації енергосистем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна.

МАЦЕЙКО ВІТАЛІЯ ВІКТОРІВНА – аспірант, асистент кафедри автоматизації енергосистем Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна.