

А. В. Левконюк, асп.

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМОСТІ ПОТОЧНИХ РЕЖИМІВ ЕНЕРГОСИСТЕМ ЗА ЗАПАСАМИ СТАТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ

Розглянуто окремі питання реалізації програмного інструментарію для визначення в режимі реального часу допустимості режимів енергосистем за запасами статичної аперіодичної стійкості із застосуванням методу групового урахування аргументів. В результаті такої реалізації забезпечується можливість використання принципово нової інформації — результатів точних синхронізованих вимірювань модулів та кутів напруги.

Вступ

На сьогоднішній день існує значна кількість комерційних програмних продуктів для моніторингу допустимості режимів за запасами статичної та динамічної стійкості енергосистем та їх об'єднань — PowerTech DSATools, Tractebel Eurostag, Siemens QuickStab та інші [1]. Подібні засоби, які використовуються в диспетчерському керуванні ЕС, переважно мають у своїй основі або методи, побудовані на базі розрахунків усталених режимів або на базі спрощених методів аналізу стійкості ЕС.

У статті розглянуто окремі питання реалізації програмного інструментарію для визначення в режимі реального часу допустимості режимів ЕС за запасами статичної аперіодичної стійкості із застосуванням методу групового урахування аргументів (МГУА) [2].

Матеріали та результати дослідження

У результаті реалізації програмного комплексу для визначення в режимі реального часу допустимості режимів ЕС за запасами статичної аперіодичної стійкості забезпечується можливість використання принципово нової інформації — результатів точних синхронізованих вимірювань модулів та кутів напруги на об'єктах об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України для визначення допустимості її режимів за запасами статичної стійкості. Реалізація запропонованого підходу потребує:

- синтезу поліноміальних моделей за допомогою МГУА на базі результатів розрахунків статичної стійкості шляхом обважніння усталених режимів;
- періодичної підстановки в режимі реального часу результатів синхронізованих вимірювань модулів та кутів напруг в синтезовані поліноміальні моделі та визначення допустимості режиму за результатами обчислень.

Такий підхід дає безсумнівні переваги:

- використання у зазначених моделях результатів точних синхронізованих вимірювань модулів та кутів напруги на об'єктах ОЕС України дозволяє підвищити надійність моніторингу допустимості її режимів;
- можливість застосування при досить обмеженій кількості доступних синхронізованих вимірювань режимних параметрів ОЕС України — модулів та кутів напруги (на відміну від тієї, яку потребують для оцінювання стану ЕС наявні комерційні програмні засоби).

Реалізація зазначеного підходу потребувала, перш за все, створення програмного інструментарію синтезу поліноміальних моделей за допомогою багаторядного поліноміального МГУА та підстановки в режимі реального часу вимірюваних режимних параметрів в синтезовані моделі та виконання відповідних обчислень.

Для реалізації обрано платформу Microsoft.NET, мову програмування — С#, парадигму — об'єктно-орієнтоване програмування. Розрахунковий модуль розроблено у вигляді детально документованого класу, інтерфейсом до якого є невелика кількість методів та властивостей, за допомогою яких власне і відбувається керування процесом розрахунків.

Значну увагу приділено мінімізації часу, протягом якого відбувається синтез та обчислен-

ня моделей, що є дуже важливим показником ефективності створюваного інструментарію для визначення допустимості режимів ЕС в режимі реального часу. Програмний інструментарій оптимізовано для використання на багатоядерних/багатопроекторних системах шляхом запуску обчислень у декілька потоків, кількість яких рівна кількості доступних віртуальних ядер (для ефективного використання технології Intel HyperThreading). В середньому використання мультитокмовості дозволило зменшити час розрахунків на 30 %. Варто зазначити, що за допомогою типової на сьогоднішній день робочої станції (процесор — Intel Core i5 2.67 Гц) синтез моделей займає близько 20 хв. (що залежить від поточних налаштувань синтезу та розміру вибірки), а за 1 с можна підставити значення та обчислити більше 30 моделей, що робить запропонований підхід прийнятним для промислового використання з точки зору швидкодії.

Для забезпечення ефективності реалізації розглядуваного підходу важливим є формування вибірок, які є вихідними даними для синтезу класифікуючих поліноміальних моделей. Вибірki формуються на базі результатів розрахунків статичної стійкості (фіксація режимних параметрів на всій траєкторії обважніння режиму та допустимого перетоку в контрольованому перетині ОЕС). Вибірki необхідно формувати для характерних схемно-режимних умов (режими максимальних та мінімальних навантажень, нормальні, ремонтні та післяаварійні).

Для промислового використання розроблений програмний інструментарій необхідно інтегрувати з двома системами:

- 1) система розрахунків статичної стійкості;
- 2) система збору, обробки та відображення синхронізованих вимірювань.

Програмні комплекси, які широко застосовуються для розрахунків статичної стійкості у світі та в Україні (Siemens PSS/E, DIgSILENT PowerFactory) мають у своєму складі скриптові засоби автоматизації обчислень, за допомогою яких можливо створювати нові функції. Для автоматизації формування вибірок на прикладі DIgSILENT PowerFactory розроблено скрипт обважніння та фіксації вибраних режимних параметрів протягом обважніння у файл CSV, який в подальшому можна оброблювати будь-яким табличним процесором або безпосередньо використовувати розробленим програмним інструментарієм.

Отже, запропонована схема інтеграції розробленого програмного інструментарію із системою розрахунків статичної стійкості зображена на рис. 1.

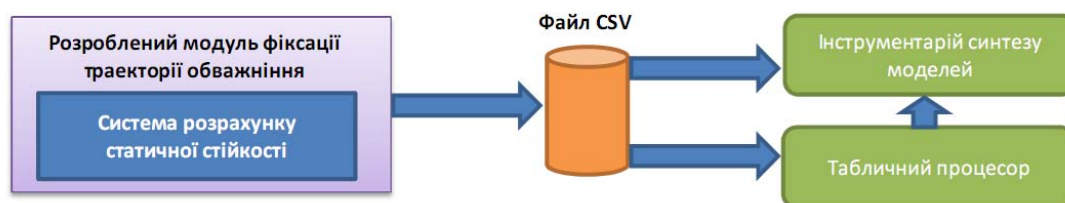


Рис. 1

Враховуючи, що найпопулярніші комерційні програмні продукти для моніторингу допустимості режимів за запасами статичної та динамічної стійкості енергосистем Powertech DSA-Tools та Siemens QuickStab інтегруються із системами SCADA за допомогою обміну файлів, для розроблюваного програмного інструментарію обрано такий же спосіб інтеграції з подібними системами. Схема інтеграції зображена на рис. 2.

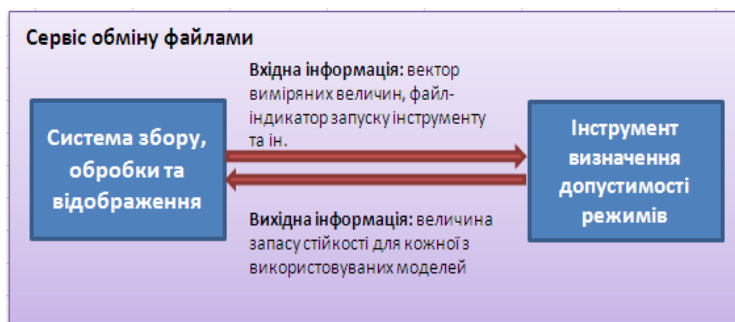


Рис. 2

Отже, визначення допустимості режимів енергосистем за запасами статичної стійкості відбуватиметься таким чином:

— вектор виміряних величин наперед визначених параметрів із пристроїв PMU конвертується у файл та за допомогою сервісу обміну файлами розміщується на сервер, де встановлено інструмент визначення допустимості режимів;

- сервіс обміну файлами генерує файл-індикатор запуску програмного інструментарію;
- після закінчення розрахунків програмним інструментарієм (визначення допустимості режимів) генерується результуючий файл;
- сервіс обміну файлами переміщує результуючий файл на сервер відображення інформації, результати розрахунків зчитуються, записуються до відповідних баз даних та відображаються диспетчеру у зручному вигляді.

Висновки

Запропонований підхід та розроблений програмний інструментарій можуть бути впроваджені в промислову експлуатацію з точки зору швидкодії та можливості інтеграції з іншими системами. Впровадження описаного підходу моніторингу допустимості режимів дозволить підвищити надійність функціонування об'єднаної енергосистеми України, насамперед в частині, що стосується використання пропускну здатності її контрольованих перетинів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Savu Crivat Savulescu. Real-time stability assessment in modern power system control centers / Savu Crivat Savulescu // Wiley-IEEE, 2009 — 425 p.
2. Про використання синхронізованих вимірів кутів напруги з об'єктів ОЕС України при визначенні допустимості її поточних режимів за запасами статичної стійкості / О. Ф. Буткевич, А. В. Левколюк, С. В. Зорін [та ін.] // Технічна електродинаміка. — 2010. — № 6. — С. 51—58.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем

Стаття надійшла до редакції 10.10.11
Рекомендована до друку 15.11.11

Левколюк Андрій Валерійович — аспірант.
Інститут електродинаміки НАН України, Київ