СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА ВИКЛИКИ В ПРОГНОЗУВАННІ ТРАНЗИТИВНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Лесняк В.І.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Одним з ключових завдань у забезпеченні надійності енергосистеми є оцінка транзитивної стабільності. Серед усіх методів найбільш перспективними є методи прогнозування в режимі реального часу (TSP).

До методів TSP відносяться методи: моделювання у часовій області, машинного навчання, методи на основі показника Ляпунова, траєкторні та модальні підходи. Моделювання у часовій області забезпечує точність, але є обчислювально затратним. Методи машинного навчання[1] (ML) дозволяють виконувати класифікацію стабільності за попередньо навченими моделями, однак є залежними від змін топології системи та якості симуляцій.

Методи на основі показника Ляпунова вимагають значного часу спостереження(1-5с.), що обмежує оперативність реагування. Траєкторні підходи[2], включаючи авторегресивне моделювання (AR), дозволяють прогнозувати динаміку сигналів на основі вимірювань PMU. Додатково, методи декомпозиції, зокрема правильна ортогональна декомпозиція (POD) чи динамічна модальна декомпозиція (DMD) [3], дають змогу будувати лінійні моделі з довшою прогностичною здатністю.

Окремий інтерес становлять методи, що не використовують вимірювання кутів ротора, а спираються на аналіз локусів напруги. Індекси типу VΔV дозволяють оцінити стійкість на основі змін напруги, що спрощує реалізацію в системах з обмеженою кількістю PMU.

Аналіз існуючих методів TSP демонструє, що жоден із підходів не є універсальним. Перспективними є гібридні системи, які поєднують швидкодію ML з аналітичною надійністю POD/DMD. Актуальним для Енергосистеми України є використання моделей, чутливих до змін топології та навантаження, а також впровадження методів без прив'язки до вимірювання кутів ротора.

Література:

1. L. Ji, J. Wu, Y. Zhou, L. Hao, Using trajectory clusters to define the most relevant features for transient stability prediction based on machine learning method,
Energies 9 (11) (2016).

2. N.G. Bretas, A.G. Phadke, Real time instability prediction through adaptive time series coefficients. 1999 Winter Meeting (Cat. No.99CH36233), IEEE Power
Engineering Society, New York, NY, USA, 1999, pp. 731–736, vol.1.

3. Q. Zhang, Y. Liu, S. Wang, The identification of coherent structures using proper orthogonal decomposition and dynamic mode decomposition, J. Fluids Structures 49 (2014) 53–72.