

УДК 621.311.001.57

В. О. Комар, к. т. н., доц.; О. Б. Бурикін, к. т. н.; Надеран Реза**ТРЕНАЖЕР ПЕРСОНАЛУ ОПЕРАТИВНОГО КЕРУВАННЯ РЕЖИМОМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЯК ЕЛЕМЕНТ SMART GRID-ТЕХНОЛОГІЙ**

Зростаючі тенденції застосування технологій інтелектуальних мереж Smart Grid наразі із проблемами оптимального керування електричними мережами потребують навчання, перевірки знань і оцінки діяльності оперативно-диспетчерського персоналу тренажерами оперативного й протиаварійного керування. Наведена в роботі структура та основні засади створення тренажера оперативного ведення економічного режиму ЕЕС можуть бути використані для побудови таких тренажерів.

Ключові слова: оперативне управління, інтелектуальні мережі, навчання оперативно диспетчерського персоналу, тренажер персоналу.

Вступ

Основою сучасних об'єднаних електроенергетичних систем (ОЕС) є системоутворювальні мережі, які пов'язують між собою територіально та адміністративно електроенергетичні системи (ЕЕС), що є окремими суб'єктами енергетичного ринку. Історично призначенням цих мереж був обмін навантажувальним, ремонтним або аварійним резервом потужності для забезпечення балансу потужностей ОЕС. З появою енергетичних ринків погляд на системоутворювальні мережі дещо змінився. Вони додатково набули значення транзитних коридорів для об'єднання децентралізованих (регіональних) систем виробництва електроенергії з великою технологічною різноманітністю джерел енергії в ЕЕС [1, 2].

Перерозподіл потужностей між перевантаженими лініями електропередачі та лініями з резервом потужності дозволить підвищити транспортні можливості та покращити ефективність роботи енергопостачальних компаній за рахунок збільшення обсягів поставок електроенергії. Однак критерії оптимальності такого перерозподілу різні (залежно від поставлених задач та зацікавленості учасників енергообміну). Для ЕЕС одним із таких критеріїв є втрати потужності від власних і транзитних перетікань, оптимальне керування якими впливає на всіх учасників ОЕС.

Керування паралельною роботою ЕЕС, зважаючи на системні обмеження та обмеження міжсистемних зв'язків, є складним диспетчерським завданням, вирішення якого можливе за рахунок формування інтегрованої системи керування з розосередженням частини функцій на основі Smart Grid-технологій [3]. Робота з такою інтегрованою системою передбачає набуття певних умінь та навичок, що в концепції інтелектуальних мереж вирішується шляхом навчання, перевірки знань і оцінки діяльності оперативно-диспетчерського персоналу тренажерами оперативного й протиаварійного керування. Інтелектуальним центром самої концепції інтелектуальних мереж є математичні моделі, що використовуються в тренажерах, тому розробка зазначених моделей уже ведеться в багатьох країнах [4].

Метою даної статті є розробка структури та основних засад для створення тренажера оперативного ведення економічного режиму ЕЕС із великою технологічною різноманітністю джерел енергії.

Задачі визначення та керування втратами потужності в ЕЕС

Характерним є випадок, коли потужність з системи А (передавальна система) передається в систему С (приймаюча система) через електричні мережі системи В (транзитна система або

транзитер) (рис. 1). Протікаючи мережами системи транзитера, ця потужність накладається на внутрішні потоки потужності та викликає додаткові втрати потужності в системі В. Через неоднорідність електричних мереж системи транзитера транзитна потужність спотворює природний поточкорозподіл не тільки в мережах вищої напруги (ВН), але і в мережах нижчої напруги (НН). При чому зміни поточкорозподілу відбуваються таким чином, що зростають сумарні втрати в системі, а також окремо втрати в мережах ВН і НН. У якій з мереж, ВН чи НН, більшою мірою зростають втрати залежить від значень коефіцієнтів трансформації трансформаторів і автотрансформаторів зв'язку.

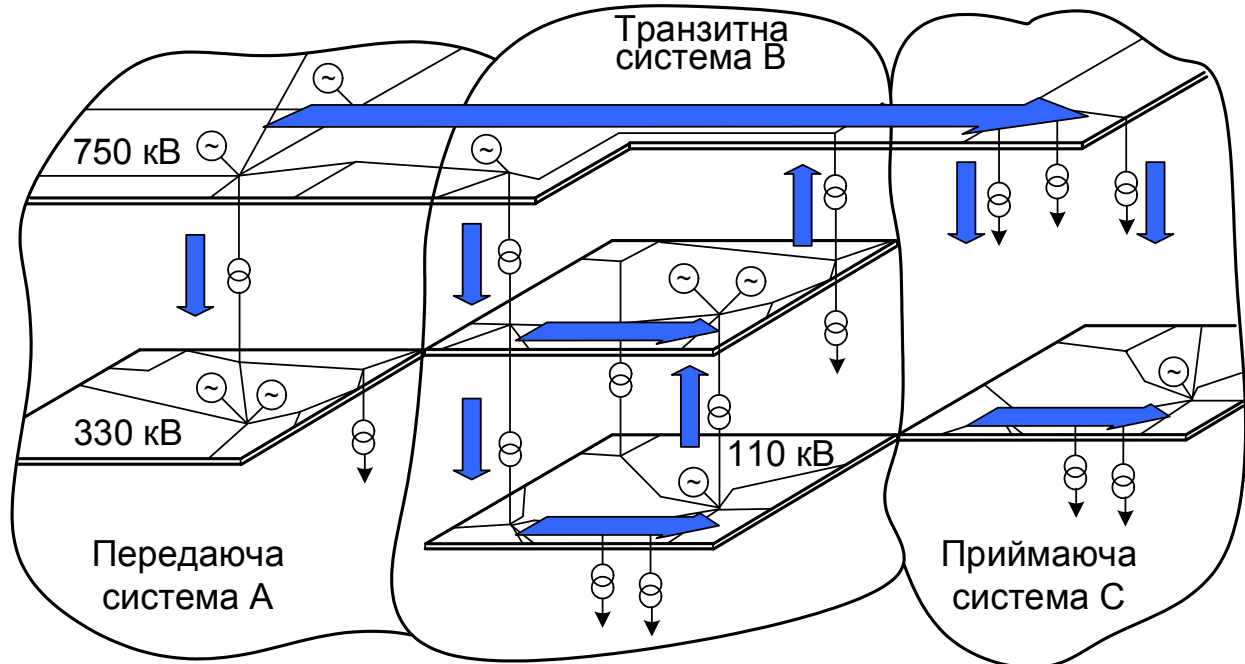


Рис. 1 – Фрагмент ЕЕС, через яку здійснюється транзит потужності

У зв'язку з транзитом потужності через систему **В** в ній постають і можуть розв'язуватися такі задачі.

1. Визначення втрат у системі, спричинених передачею потужності від системи **А** до **С**, для того, щоб покрити їх вартість за рахунок зазначених систем.

2. Аналіз та оцінювання впливу перетікань, в тому числі транзитних, на режими, зокрема на втрати в мережах ВН і НН.

3. Розробка заходів з оптимізації втрат в мережах ВН і НН. Тут залежно від умов експлуатації та взаємовідносин між суб'єктами господарювання можливі декілька постановок задачі:

– мінімізація сумарних втрат у мережах ВН і НН з визначенням оптимальних значень коефіцієнтів трансформаторів і автотрансформаторів зв'язку

$$\min \{ \Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{\text{ВН}} + \Delta P_{\text{НН}} \},$$

де $\Delta P_{\text{ВН}}$, $\Delta P_{\text{НН}}$ – втрати потужності відповідно в мережах ВН і НН;

– “витіснення” наведених мережею вищої напруги перетікань з мережі НН у мережу ВН

$$\min \{ \Delta P_{\text{НН}} \}.$$

Така задача може бути актуальною у разі наявності зовнішніх транзитних перетікань потужності. Економічно доцільно здійснювати їхню передачу електричними мережами вищих напруг. Однак через неоднорідність ЕЕС та інші чинники частково завантажуються ними й мережі НН. “Витіснення” наведених перетікань з електричних мереж нижчих напруг підвищує їхню пропускну здатність, що особливо критично в режимах максимальних

навантажень;

– “розвантаження” мережі ВН на мережі НН. Така необхідність може виникати, коли мережа ВН перевантажена, а мережа НН – ні. Для контролю за ситуацією додаткові втрати від транзитних потоків повинні визначатися.

4. Визначення втрат від наскрізних потоків потужності в радіальній частині мережі НН. Тут можливі два випадки:

– усі втрати відносяться і покриваються енергопостачальною компанією і не діляться між окремими районними мережами;

– втрати визначають і розподіляють між окремими районними мережами для того, щоб вони пропорційно відшкодували їх вартість.

Розв'язування всіх перерахованих задач вимагає розрахунку значень втрат потужності в мережах енергосистеми та виділення їх окремих складових для їхньої оптимізації залежно від постановки задачі. Реалізація отриманих оптимальних рішень пов'язана з інтенсифікацією використання наявних регулювальних пристроїв оперативно-диспетчерським персоналом, що вимагає відповідних навичок та вмінь, набуття яких не можливе без систематичних тренувань та імітації типових ситуацій.

Тренажер персоналу оперативного керування нормальними режимами ЕЕС

Розвиток нових технологій та налагодження двостороннього обміну інформацією між енергооб'єктами згідно зі стандартами та підходами концепції Smart Grid передбачає поступовий перехід до автоматичних систем оптимального керування нормальними режимами ЕЕС. Однак визначальним для забезпечення умов адекватності керувальних впливів та якості оперативного керування ЕЕС загалом є систематичне підвищення рівня кваліфікації оперативного диспетчерського персоналу на базі технічних систем і засобів обчислювальної техніки. Однією з основних форм підвищення рівня кваліфікації персоналу є протиаварійні тренування в диспетчерських центрах енергогенерувальних та енергопостачальних компаній. Проте, такі тренування не передбачають розвитку навичок у диспетчера щодо оптимізації нормальних режимів енергосистеми, а призначені лише для відпрацювання, закріплення й перевірки навичок з оперативної ліквідації аварійних ситуацій, а також навчання найкращим способам їх попередження.

Ефективним способом вирішення цієї проблеми є створення комп'ютерних тренажерів для підготовки оперативного персоналу у сфері моделювання нормальних режимів енергосистем та оптимального керування ними. Такі системи, використовуючи сучасні апаратні й програмні засоби, забезпечують високу адекватність імітації процесів передачі та розподілу електроенергії в ЕЕС та керування ними.

Для навчання, диспетчерських тренувань і сертифікації персоналу застосовують тренажери підготовки операторів, які містять два основних компоненти – модель електроенергетичної системи (*Power System Model – PSM*) та модель центру керування (*Control Center Model – CCM*) [4].

Застосування подібної структури для розроблення тренажера операторів ЕЕС у поєднанні з наповненням моделі енергосистеми натурними даними від оперативно-інформаційного комплексу (ОІК) дозволяє проводити тренування з оптимального ведення режиму паралельно з працюючим оперативним персоналом. Це дозволить миттєво оцінювати дії персоналу, що навчається, максимально наблизити умови тренування до реальних, а згодом і колективно приймати рішення з оптимального ведення режиму.

Відповідно до *PSM/CCM* структури тренажер повинен містити в собі два основних рівні. Кожен з них має своє функціональне значення та програмно-апаратне забезпечення, яке відповідає сервіс-орієнтованій архітектурі (*Services Oriented Architecture – SOA*) (рис. 2). Застосування останньої є важливою умовою до розробки програмного забезпечення відповідно до концепції розвитку інтелектуальних мереж [5], оскільки дозволяє замінювати

частини програмного забезпечення тренажера без порушення взаємозв'язків та загальної його структури.

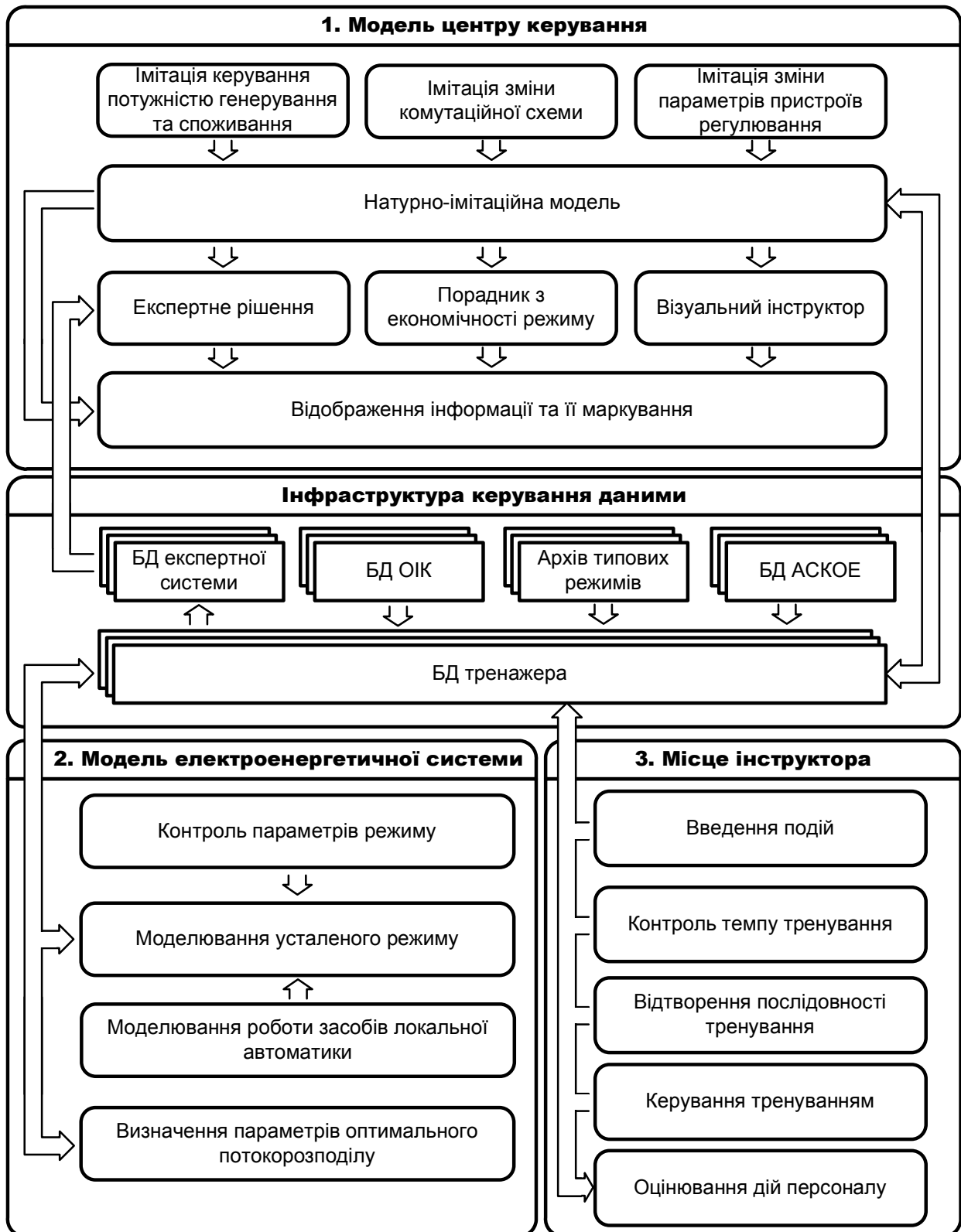


Рис. 2. Структура тренажера підготовки оператора з оптимального оперативного керування

Перший рівень дозволяє реалізувати модель центру керування за допомогою наявного графічного середовища, наприклад, наявної SCADA-системи. На цьому рівні відбувається

зв'язок з базою даних (БД) тренажера, зчитування з БД та відображення поточного стану обладнання та параметрів режиму, а також видача команд оптимального керування процесом у реальному часі.

Використання графічного середовища SCADA-системи виправдано також тим, що такі системи мають вбудовані аналітичні інструменти для підтримки комунікацій між об'єктами сервіс-орієнтованої архітектури, тому модель центру керування може бути реалізована на підставі довільної SCADA-системи з графічним середовищем та підтримкою БД.

На другому рівні за допомогою моделі електроенергетичної системи виконується відтворення усталених режимів з використанням натурних даних з БД оперативно-інформаційного комплексу ЕЕС або БД автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), а також контролюються параметри імітованого режиму. Оптимізація режимів передбачає натурне моделювання усталених режимів ЕЕС на підставі сформованого вектору незалежних параметрів електроенергетичної системи [6, 7]. Формування останнього є складним завданням, розв'язання якого – одна з базових функцій Smart Grid.

Місце інструктора (див. рис. 2) передбачено для зміни режиму тренування з автоматичного (за даними ОІК) на рольовий режим, у якому інструктор контролює швидкість зміни навантаження, вводить раптові події, коригує неправильні рішення, оцінює якість тренування та ін.

Отже, застосування розробленої структури тренажера підготовки оператора з керування на базі імітаційної моделі ЕЕС з урахуванням параметрів системи з БД ОІК (тобто натурно-імітаційної моделі ЕЕС [7]) дозволяє забезпечити навчання, підвищити якість та ефективність диспетчерських тренувань і сертифікації персоналу з оптимального ведення режиму електроенергетичної системи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стогний Б., Павловский В. Определение транзитных потерь мощности в фрагментированных электрических сетях областных энергоснабжающих компаний // Энергетическая политика Украины. – 2004. – №5. – С. 26–31.
2. Бурикін О. Б. Визначення втрат потужності від транзитного перетікання в електричних мережах [Електронний ресурс] / Бурикін О. Б., Видмиш В. А., Медяний П. П. // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – № 1. – 2010. Режим доступу до журн.: http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/VNTU/2010-1.files/uk/10abbien_ua.pdf.
3. Стогний Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Интеллектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення // Технічна електродинаміка. – 2010. – № 6. – С. 44–50.
4. Debs, A.; Hansen, C.; Yu-Chi Wu, “Effective electricity market simulators”, Computer Applications in Power, IEEE., 2001. – vol. 14., Issue 1. pp. 29–34.
5. Don Von Dollen, Report to NIST on the Smart Grid Interoperability Standards Roadmap. [Електронний ресурс] // August 10, 2009. Режим доступу: http://collaborate.nist.gov/twiki-sggrid/pub/_SmartGridInterimRoadmap/InterimRoadmapFinal/Report_to_NISTAugust10.pdf
6. Aschower N., Handschin E., Dobesch H., Grein W., Petroianu A. State estimation simulation for the design of an optimal on-line solution. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. PWRS-1, No 1, February 1986
7. Лежнюк П.Д., Бурикін О.Б., Лесько В.О. Натурно-імітаційна модель оцінки чутливості втрат потужності в електроенергетичних системах до транзитних перетікань // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія – 2008. – №1. – С. 83-87.

Комар В'ячеслав Олександрович – к. т. н., доцент кафедри електричних станцій і систем, тел. 598377.

Бурикін Олександр Борисович – к. т. н., доцент кафедри електричних станцій і систем, тел. 598259.

Вінницький національний технічний університет.

Надеран Реза – директор фірми "Таван"(Tavan), м. Горган, Іран, tavan_engco@hotmail.com