

В. М. Сулейманов, канд. техн. наук, проф.;
В. О. Комар, канд. техн. наук, доц.;
Надеран Реза

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ДІЙ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО ПЕРСОНАЛУ В РЕЖИМНОМУ ТРЕНАЖЕРІ

Запропоновано метод оцінювання дій диспетчерського персоналу під час тренувань, який ґрунтується на використанні інтегрального показника якості тренувань. Інтегральний показник дозволяє комплексно оцінити дії диспетчера з урахуванням надійності електропостачання, якості електроенергії і економічності режимів ЕЕС.

Вступ

Однією з основних причин аварій в електроенергетиці є «людський фактор». Зростання рівня технічного оснащення контролю і оцінки процесів в електроенергетичних систем (ЕЕС) і реалізації керувальних впливів не змінює цієї ситуації, оскільки властивості і можливості людини залишаються не змінними. Перехід до нової моделі енергоринку (двосторонні договори, балансувальний ринок) і стійка тенденція до розосередженості генерувальних потужностей підвищує роль диспетчера (системного оператора) у веденні режиму [1, 2]. Тому від кваліфікації і натренованості диспетчерського персоналу залежить не лише економічна ефективність роботи системи, але й надійність і якість послуг, які надаються нею.

Підвищення кваліфікації здійснюється під час навчання диспетчерів на тренажерах [3]. Тренажери диспетчерського персоналу ЕЕС є складними людино-машинними системами, що адекватно відображають основний характер діяльності диспетчера. Розвиток Smart Grid-технологій відкриває нові можливості для побудови режимних тренажерів. Так в [4] запропоновано структуру, яка дозволяє проводити тренування з оптимального ведення режиму паралельно з працюючим оперативним персоналом. Це дозволяє миттєво оцінювати дії персоналу, що навчається, максимально наблизити умови тренування до реальних, а згодом і колективно приймати рішення з оптимального ведення режиму.

Динамічні тренувальні завдання характеризуються необхідністю формування оцінки динамічних ситуацій (станів) [5]. Окрім оцінювання лише відповідності дій оперативного персоналу нормативам і інструкціям, як це зазвичай виконуються в тренажерах оперативних перемикачів, за мету ставиться натренувати диспетчера виконувати дії, які на певному проміжку часу будуть утримувати систему в станах, що характеризуються найкращою надійністю та економічністю. Шляхи утримання системи у станах з максимальною ефективністю і, відповідно, набори дій, які забезпечують ці шляхи, можуть бути різними. Різні шляхи досягнення мети керування мають різну ефективність за вартістю, безпекою, тривалістю і іншими характеристиками, а це має впливати на оцінку діяльності диспетчера.

Метою статті є розробка методу оцінювання дій диспетчерського персоналу під час тренувань. Пропонований метод ґрунтується на використанні інтегрального показника якості тренувань, який зважає враховує наскільки близько знаходиться реальний режим ЕЕС до бажаного економічного.

Інтегральний показник якості тренувань

Оскільки диспетчер в процесі керування повинен не лише притримуватись режимних критеріїв керування, але й прагнути до досягнення економічної ефективності функціонування системи, то інтегральний показник якості тренувань повинен містити економічні складові доходів і компенсацій в процесі передачі і розподілу електричної енергії. В [6] запропоновано визначати його так:

$$F = \sum_{j \in M} \left\{ c_j (W_j^H - W_{j\text{нд}} - W_{j\text{ня}}) - \sum_{i \in N_0} c'_i W'_i - f_j W_{j\text{нд}} - d_j W_{j\text{ня}} - g_j \Delta W_j \right\} \Rightarrow \max, \quad (1)$$

де M — кількість вузлів; N_0 — кількість зв'язків з іншими системами; W_j^H — електрична енергія, яку повинен отримати вузол j ; W'_j — електрична енергія, яку отримує вузол j від іншої системи по зв'язку i ; $W_{j\text{нд}}$ — недовідпущена електроенергія; $W_{j\text{нк}}$ — неякісна електроенергія;

ΔW_j — втрати пов'язані з передачею електроенергії до вузла j ; c_j — питома вартість (тариф) переданої електроенергії споживачам у вузлі j ; c_i — вартість електроенергії отриманої від системи i , ($c'_i = c_i - c_j$); f_j — питомий збиток або компенсація втрат від недовідпуску електроенергії; d_j — питомий збиток або компенсація втрат від неякісної електроенергії; g_j — питома вартість втрат електроенергії.

Для порівняльної оцінки дій диспетчера показник якості (1) доцільно привести до безрозмірного виду, що дозволить не лише спростити аналіз результатів тренування, але й дозволить оцінити виконання програми реалізації завдання в цілому і за окремими його складовими. Для приведення (1) до безрозмірного виду винесемо за дужки $c_m W_m^H$ і розділимо на $\sum_{m=1}^M c_m \cdot W_m^H$ (максимальний дохід, який можна отримати в «ідеальній» системі).

$$F_* = \frac{\sum_{m=1}^M \pi_m \left\{ \begin{aligned} & E_{*m}(D) - \sum_{i \in N_0} c'_i k_i(D) - f_{m*} \cdot b_m(D) (1 - E'_{*m}(D)) - \\ & - d_{m*} b_m(D) (E'_{*m}(D) - E_{*m}(D)) - g_{m*} \sum_{n=1}^N T_n(D) \cdot (1 - b_m(D)) \end{aligned} \right\}}{\sum_{m=1}^M c_m \cdot W_m^H} \quad (2)$$

де $\pi_m = \frac{c_m W_m^H}{\sum_{m=1}^M c_m \cdot W_m^H}$ — вагові коефіцієнти; D — множина можливих дій диспетчера;

$b_j(D) = (1 - E_{*j}(D)) \left(1 - \sum_{i \in N_0} k_i \right)$ — коефіцієнт, який залежить від якості функціонування системи і можливостей міжсистемних зв'язків; T_s — коефіцієнт розподілу втрат потужності у вітці s

від потужності у вузлі j ; $k_i = \sum_{v=1}^l \frac{W_{v'}}{W_{ji}'} \cdot P[W_v]$ — коефіцієнт, який характеризує пропускну здатність зв'язку між системами; $P[W_v]$ — імовірність знаходження зв'язку в стані v , що характеризується пропускну здатністю W_v .

Отриманий показник характеризує ефективність функціонування системи, що зумовлена діями диспетчера, по відношенню до ефективності функціонування «ідеальної» системи. Величина показника F_* змінюється від 1 до 0. Очевидно, що чим ближче інтегральний показник якості тренувань знаходиться до одиниці, тим ефективніші дії диспетчера по веденню режиму. Щодо програми виконання завдання, то достатньо інформативним є аналіз вагових коефіцієнтів, оскільки за ними можна визначити найбільш вагомий вузол і з нього починати розв'язувати поставлену задачу.

Перерахунок інтегрального показника виконується після кожної дії диспетчера пов'язаної з впливом на режим системи. Оскільки інтегральний показник якості тренувань ґрунтується на використанні показника функціональної готовності, то в тренажері передбачається підготовка вхідної інформації для розрахунку необхідних показників. Для створення умов наближених до реальних в базі даних (БД) тренажера формується інформація щодо показників надійності (в нашому випадку інтенсивностей відмов і відновлень елементів електричної мережі) і відповідності відхилення напруги вимогам ДЕСТ.

Алгоритм методу оцінювання якості тренувань диспетчера

Виконання алгоритму (рис. 1) починається за запитом тренажера після виконання диспетчером дій зі зміни режиму системи. З БД тренажера вибирається необхідна інформація для початку виконання трьох паралельних процесів. Перший процес — оцінка показника функціональної готовності системи. Для цього аналізується схема мережі. Використовуючи інтенсивності відмов та відновлень, формується і розв'язується система рівнянь Колмогорова. Другий процес — оцінка відхилень напруги за результатами статистичних даних і результатів розрахунку режимів. Третій процес — розрахунок матриці коефіцієнтів втрат потужності.

Після оцінки показника функціональної готовності для всіх вузлів мережі визначаються мате-

матичні очікування неякісної і невідпущеної електроенергії. Визначаються втрати потужності від кожного вузла навантаження. Перевіряється баланс потужності. Якщо баланс не виконується, то аналізується можливість збалансувати потужність за рахунок закупки на балансуєчому ринку, особливості якого враховані в моделі енергоринку. Після того як баланс зійшовся підраховується значення інтегрального показника, яке передається в БД тренажера. В кінці тренувань за збереженими даними оцінюється середнє значення показника якості тренувань диспетчера. Крім остаточної оцінки в процесі тренувань виявляються слабкі сторони в підготовці диспетчера.

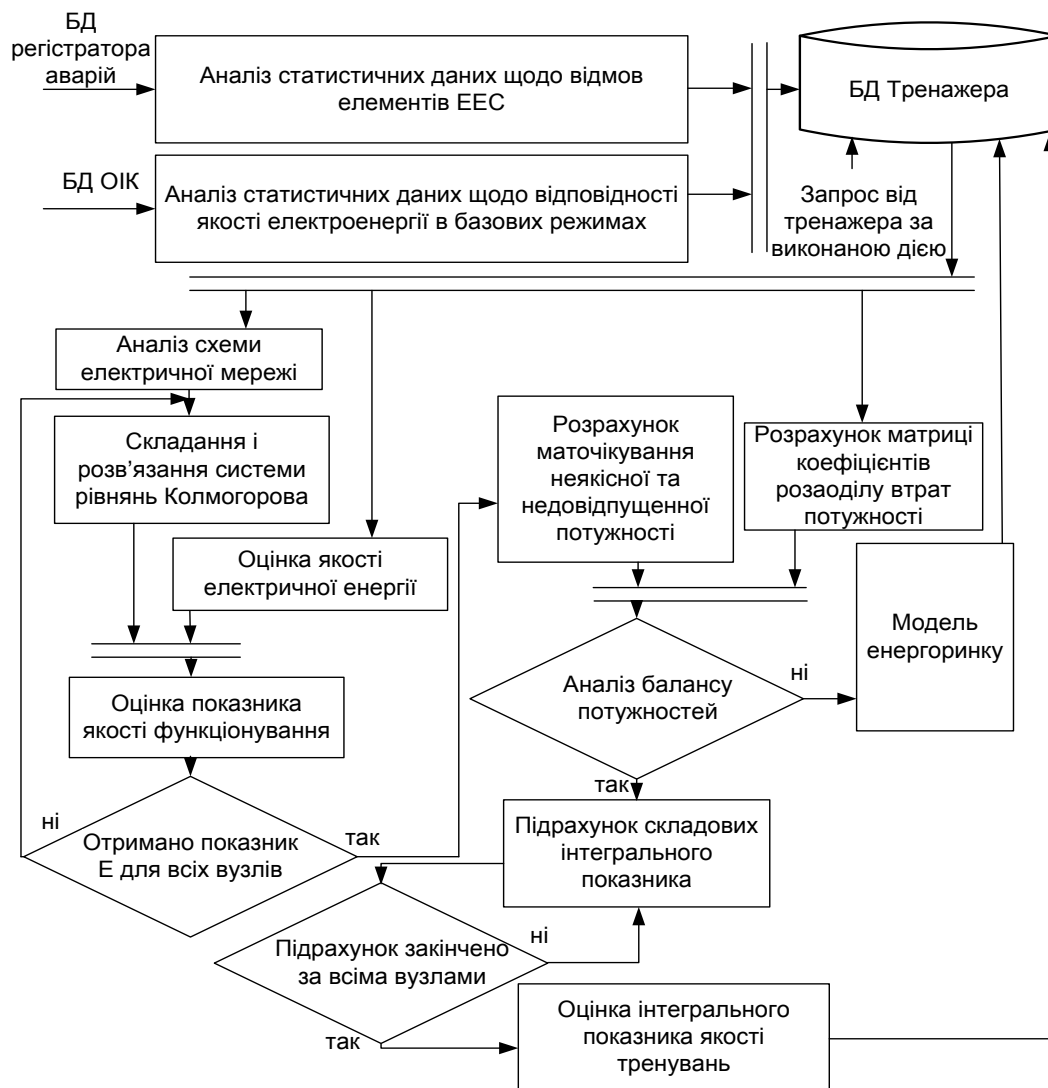


Рис. 1. Алгоритм оцінювання показника якості тренувань

Приклад оцінки дій персоналу

Для перевірки роботоздатності запропонованого методу оцінки дій диспетчерського персоналу проаналізовано оперативне управління режимом мережі на прикладі тестової схеми IEEE (рис. 2).

Диспетчер реалізує результати оптимізаційного розрахунку за критерієм мінімуму втрат. Відповідно до розрахунку необхідно змінити коефіцієнти трансформації трансформаторів 5—6, 4—7, 4—9. Дії виконуються послідовно одна за іншою. В результаті перемикань втрати зменшуються, якість електроенергії незначно але збільшується. При цьому математичне очікування невідпуску потужності зростає, оскільки перемикання РПН збільшує імовірність виходу з ладу трансформатора.

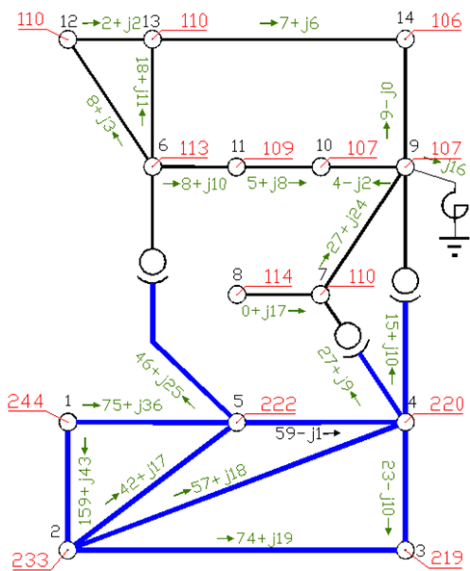


Рис. 2. Тестова схема IEEE — 14 вузлів

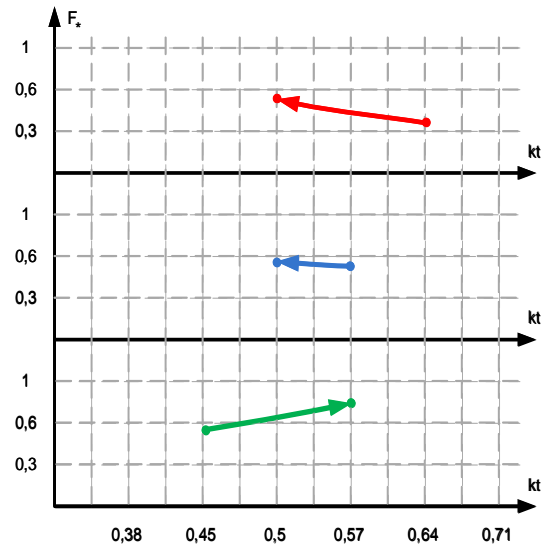


Рис. 3. Зміна інтегрального показника якості дій диспетчерського персоналу від зміни коефіцієнта трансформації

За результатами дій проводиться розрахунок інтегрального показника якості тренувань диспетчерського персоналу. Він показав збільшення ефективності функціонування системи з 0,32 (до реалізації перемикань) до 0,71 після реалізації.

Висновки

Використання інтегрального показника якості тренувань дозволяє комплексно оцінювати готовність диспетчерського персоналу до виконання завдань оптимального керування режимом ЕЕС. За рахунок того, що інтегральний показник якості тренувань дозволяє оцінити кваліфікацію диспетчера не по відношенню до думки інструктора (експерта), а по відношенню до того як близько режим ЕЕС знаходиться до економічного, можна уникнути суб'єктивності оцінки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дьяков А. Ф. Проблемы надежности и безопасности энергоснабжения в условиях либерализации и дерегулирования в электроэнергетике // Энергетик. — 2005. — № 8. — С. 2—8.
2. Правила оптового рынка электрической энергии Украины / Затверджено Постановою НКРЕ від 12.09.2003 № 921
3. Магид С. И. Нормативно-технические требования и современная реализация тренажеров для обеспечения надежности оперативного персонала электроэнергетических объектов / С. И. Магид, И. Ш. Загретдинов, М. Ю. Львов, С. В. Мищеряков, Л. П. Музыка, Е. Н. Архипова // Оперативное управление в электроэнергетике. Подготовка персонала и поддержание его квалификации. — 2006. — № 4. — С. 30—43.
4. Комар В. А. Тренажер персонала оперативного управления режимом электроэнергетической системы как элемент Smart Grid-технологий / В. А. Комар, А. Б. Бурькин, Надеран Реза // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. — № 3. — 2011. — Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2011_3/2011-3_ru.files/ru/11voksgt_ru.pdf
5. Самойлов В. Д. Модельное конструирование компьютерных приложений / В. Д. Самойлов — К.: Наукова думка, 2007. — 193 с.
6. Сулейманов В. Н. Моделирование интегрального показателя качества тренировки диспетчерского персонала / В. Н. Сулейманов, В. А. Комар, Надеран Реза // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Технічні науки. — 2011. — Вип. 116. — С. 32—34.

Рекомендована кафедрою електричних станцій і систем

Стаття надійшла до редакції 10.10.11
Рекомендована до друку 15.11.11

Сулейманов Віктор Миколайович — професор кафедри електричних мереж і систем.

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

Комар Вячеслав Олександрович — доцент кафедри електричних станцій і систем.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Надеран Реза — директор фірми «Таван».

Іран, м. Горган