

Голові спеціалізованої вченої ради Д 26.185.01
Інституту проблем моделювання в енергетиці
ім. Г.Є. Пухова НАН України
03164, Київ-164, вул. Генерала Наумова, 15

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, старшого наукового співробітника, доцента кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів та систем теплоенергетичного факультету Київського політехнічного інституту ім. Ігоря Сікорського Верляня Андрія Анатолійовича на дисертаційну роботу Гурєєва Віктора Олександровича на тему «Методи і комп'ютерні технології побудови веб-орієнтованих тренажерних систем оперативно-диспетчерського персоналу магістральних електромереж», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

У структурі сучасної технології виробництва (споживання) електроенергії найбільш важливою частиною є підсистема безперервної підготовки кадрів, контролю їх знань і підтримки кваліфікації.

Надійність та безперервність роботи електроенергетичних систем (ЕЕС), в першу чергу, забезпечує кваліфікований персонал, який управляє режимами роботи енергетичного устаткування для виробництва та споживання електроенергії.

Потрібно відмітити, що система підготовки та підвищення кваліфікації кадрів у енергетичній галузі України ще декілька десятиліть тому була однією з кращих у світі. Підтвердженням цього є те, що сьогодні її використовують Америка, Англія, Німеччина, і Франція. Існував принцип - на усіх рівнях управління вибирати завжди кращих з кращих, основні критерії - глибокі професійні знання і навички управління об'єктами енергетики, які знаходяться у сфері його відповідальності.

Сьогодні ця система потребує застосування сучасних інноваційних технологій для модернізації і розвитку саме тренажерної підготовки. Відсутність у системі підготовки персоналу сучасних комп'ютерних тренажерів підвищує вірогідність виникнення катастрофічної глобальної системної аварії в об'єднаній електроенергетичній системі (ОЕС) України.

Таким чином, дисертаційна робота Гурєєва Віктора Олександровича є актуальною, оскільки спрямована на вирішення важливої науково-прикладної проблеми в галузі електроенергетики, а саме розроблення теорії побудови веб-орієнтованих тренажерних систем з врахуванням особливостей їх впровадження, масштабування та підтримки функціонування в умовах ОЕС України.

2. Загальна характеристика роботи

В цілому дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, яка включає анотацію, вступ, 5 розділів, висновки, список літератури, що налічує 333 найменувань та 3 додатка.

В анотації представлено скорочений зміст дисертаційної роботи по кожному розділу.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, на основі чого сформульовано наукову проблему, мету й напрямки досліджень. Охарактеризовано наукову новизну отриманих результатів, їх практичну цінність, показано взаємозв'язок розв'язуваних завдань з науковими програмами. Надано відомості про публікації та апробації.

У *першому розділі* розглядаються проблеми і принципи організації існуючої системи підготовки персоналу в магістральних електромережах України, нормативна і навчально-методична база, а також шляхи її удосконалення.

Наведено багато невирішених проблем діючої системи підготовки персоналу, підвищення кваліфікації та контролю компетентностей: відсутні державні та галузеві професійні стандарти

УПМЕ Вх. 342
30.11.2020р.

професійно-технічної освіти і системи підвищення кваліфікації та тренажерної підготовки оперативно-диспетчерського персоналу, відсутня система підготовки кадрів професійної еліти; через відсутність потрібних тренажерів та відповідної учбово-методичної бази в енергетиці не можна реалізувати сучасний компетентнісний підхід, який закріплений в Законі України «Про вищу освіту»"; відсутні на державному рівні доступні відкриті загальні веб-ресурси для отримання персоналом структурованих знань з питань підвищення кваліфікації та багато інших невіршених актуальних проблем.

В роботі проаналізовано ці проблеми і запропоновано методи, технології і шляхи їх вирішення з використанням новітніх інформаційних технологій.

Досліджуються проблеми розвитку та застосування комп'ютерних тренажерних систем в MEM ОЕС України і в розвинених країнах світу, аналізуються наукові та технічні проблеми побудови комп'ютерних тренажерів, тренажерних систем і теоретичні основи технології їх конструювання, пропонується стратегія інноваційного розвитку електроенергетики на базі сучасних інтелектуальних концепцій.

Виявлено та сформульовано технічні і наукові проблеми побудови та функціонування комп'ютерних розподілених тренажерних систем у великих енергосистемах. Розглянуто сучасні питання стратегії розвитку віртуальних технологій в енергетиці на базі концепцій Smart Grid, IoT, BigData та Industry 4.0.

У *другому розділі* роботи розглядаються питання онтологічного аналізу предметної області досліджень і розробки концептуальної, логічної і фізичної схем бази даних інформаційної частини моделі MEM ОЕС України, розглянуто проблеми побудови і моделювання інформаційної частини великих ЕЕС та ОЕС для використання у веб-орієнтованих тренажерних системах оперативно-диспетчерського персоналу MEM.

В роботі акцент зроблено на дослідженні математичних моделей ЕЕС для використання в моделюючому комплексі розподілених тренажерних систем. ЕЕС є електричною частиною енергетичної системи зі споживачами електричної енергії, які об'єднані спільністю процесу виробництва, передачі, розподілу і споживання електричної енергії. Декілька паралельно працюючих ЕЕС утворюють ОЕС України. Основна мета ОЕС України - забезпечити надійну і стійку паралельну роботу окремих ЕЕС і необхідну споживачам електроенергію високої якості і необхідної кількості без обмежень. Рівень надійності роботи ОЕС значною мірою залежить від рівня кваліфікації експлуатаційного оперативно-диспетчерського персоналу. Створення найбільш ефективних систем навчання і тренажерної підготовки оперативного персоналу MEM можливе із застосуванням повної інформаційної частини моделі ОЕС України.

У *третьому розділі* розглядаються теоретичні проблеми моделювання веб-орієнтованих комп'ютерних тренажерів і аналізуються важливі властивості методів розрахунку параметрів режимів великих ЕЕС і ОЕС, моделі яких використовуються в режимних комп'ютерних тренажерах оперативно-диспетчерського персоналу MEM.

Комп'ютерний тренажер для оперативно-диспетчерського персоналу MEM є програмно-технічним функціонально орієтованим засобом навчання, який забезпечує персонал можливістю адекватно моделювати задані режими роботи і умови експлуатації устаткування великих енергосистем в навчальному процесі для формування ключових компетентностей персоналу за допомогою різноманітних тренувальних занять.

Режими роботи великих ЕЕС в загальному вигляді описуються математичною моделлю у вигляді системи алгебро-диференціальних рівнянь високої розмірності. В роботі розглянуто проблеми моделювання усталених і перехідних режимів (УР і ПР) роботи великих ЕЕС, а також математичні, інформаційні і комп'ютерні моделі методів моделювання, включаючи питання збіжності ітераційних процесів різних методів моделювання, існування і єдиності розв'язання систем нелінійних рівнянь стану електричних мереж (ЕМ).

У роботі досліджуються можливості одного із найбільш поширеного у світі методу Ньютона-Рафсона для моделювання режимів великих енергосистем та багатоопорного методу (БОМ) розрахунку контурних струмів (РКС) з метою перевірки доцільності їх використання у

комп'ютерних тренажерних системах.

В роботі розглянуто численні приклади, у яких досліджується вплив трьох важливих факторів: коефіцієнта прискорення внутрішнього ітераційного процесу K_1 , який сприяє приведенню ЕМ до замкнутого виду та знаходиться у діапазоні від 0 до 1, коефіцієнта прискорення зовнішнього ітераційного процесу K_2 , який сприяє уточненню струмів вузлів і знаходиться у діапазоні від 0 до 1, та кількість ітерацій внутрішнього ітераційного процесу K_3 , який може знаходитися у діапазоні від 5 – 75, на цільову функцію Y у вигляді кількості ітерацій розрахунку режимів роботи великої кількості тестових електричних мережі із об'ємами від 14 до 15000 вузлів. В результаті досліджень запропоновано новий метод розрахунку оптимальних коефіцієнтів прискорення ітераційних процесів розрахунку усталених режимів роботи великих енергосистем.

В четвертому розділі розглянуто теоретико-методологічні основи комп'ютерних технологій конструювання веб-орієнтованих тренажерних систем підготовки оперативно-диспетчерського персоналу в МЕМ, також досліджені деякі питання, пов'язані з можливими кіберзагрозами технологічного характеру.

В роботі аналізувались дві віртуальні платформи VMware – платна і XEN/KVM – умовно безкоштовна з відкритим кодом. Кращі швидкісні показники були отримані на XEN. Для операційної системи SUSE Linux ця технологія є вбудованою, вона легко інтегрується з віддаленими серверами і БД.

Розподілена система баз даних (РСБД) і серверів додатків обчислювальної мережі (ОМ) веб-орієнтованої тренажерної системи об'єднана в глобальну мережу (ГМ) і може функціонувати у складі приватної або загальної корпоративної хмарної інфраструктури з доступом в Інтернет.

Окремі бази даних і сервери додатків, включаючи віртуальні, можуть встановлюватися в різних, зручних для цих цілей, місцях (АЕС, ТЕС, ГЕС, енергопостачальні компанії та ін.).

В роботі розвинуто теоретичні та методологічні основи функціонування моделюючого комплексу веб-орієнтованих тренажерно-моделюючих систем підготовки персоналу, запропоновані принципи побудови ефективних методів розрахунку параметрів режимів роботи великих ЕЕС.

У п'ятому розділі дисертації розглядаються питання модельної організації функціонування веб-орієнтованих тренажерних систем підготовки персоналу МЕМ.

Наведено приклади застосування комп'ютерних технологій організації функціонування веб-орієнтованих тренажерних систем підготовки персоналу, заснованих на принципах розподіленого середовища моделювання віртуальної системи підготовки персоналу в МЕМ, яка демонструє її нові функціональні можливості. Головну увагу приділено розв'язанню задач інтеграції підсистем веб-орієнтованих комп'ютерних протиаварійних тренажерів для підготовки персоналу на різних рівнях ієрархічної системи управління ОЕС України.

Основні результати та висновки є обґрунтованими на основі системності проведених досліджень.

Загальний обсяг дисертації складає 429 сторінок, в тому числі 299 сторінок основного тексту, включаючи 99 рисунків і 12 таблиць.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, наданих у дисертації, їхня достовірність

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів та висновків отриманих у процесі виконання досліджень підтверджена:

- використанням сучасних методів математичного та комп'ютерного моделювання;
- детальним та всебічним аналізом отриманих результатів;
- достовірністю отриманих результатів, що засвідчено актами впровадження;
- матеріали дисертації доповідались і обговорювались на міжнародних й всеукраїнських науково-технічних конференціях, а також на наукових семінарах.

4. Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі

Основні наукові результати роботи:

Вперше запропоновано:

- метод організації процесів моделювання, зокрема: визначення складу та структури концептуальної схеми предметної області досліджень, підготовка первинної інформації для моделюючого комплексу веб-орієнтованих тренажерних систем;

- система автоматизації розрахунків на базі багатопорної топологічної моделі мережі ЕЕС та ОЕС, яка на відміну від наявних дає змогу враховувати у розрахункових моделях вироджені контури, що можуть утворюватися окремим опорними (балансуючими) вузлами.

Удосконалено:

- підхід до створення тренувальних занять на основі використання заздалегідь підготовленої повномасштабної моделі електричної мережі, представляючи моделі управління для тренувальних занять, що розробляються, у вигляді наборів даних (зрізів) або у вигляді функціональних залежностей;

- технологію конструювання функціональних груп моделей стану об'єкта управління веб-орієнтованих тренажерних систем на основі аналізу протиаварійної робочої діяльності оперативно-диспетчерського персоналу у вигляді наборів певних параметрів. Використання таких моделей різко зменшує вимоги до продуктивності персональних комп'ютерів (ПК), задіяних в процесі навчання і тренажерної підготовки персоналу тренувальних занять.

Набули подальшого розвитку:

- метод побудови моделі управління об'єктами електричної мережі, що відповідає моделі робочої діяльності персоналу під час виконання тренувальних завдань в процесі їх створення, яка, на відміну від моделі об'єкту, дає змогу представляти на-бори сценаріїв тренувальних занять у вигляді семантичної мережі, вузлами якої є відповідні стани об'єктів управління після чергового збурення, а зв'язки відображають процеси моделювання реакції моделі об'єктів управління на відповідні збурення у вигляді зміни станів режимів;

- метод розрахунку комплексних параметрів усталених режимів і перехідних процесів роботи енергосистем підвищеної продуктивності, орієнтований на ітераційне урівноваження струмів і потужності контурів;

- метод формування і підтримки ключових компетентностей оперативно-диспетчерського персоналу МЕМ ОЕС України.

5. Повнота викладу наукових положень, висновків, рекомендацій в опублікованих працях

Основні результати, які отримані в дисертаційній роботі, опубліковано у 62 працях, з них у 3 монографіях, 43 статтях, 2 свідоцтвах про реєстрацію авторського права, 14 тезах доповідей і матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій. Матеріали дисертаційної роботи у повній мірі висвітлені в опублікованих працях.

6. Відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертація та автореферат оформлені відповідно до існуючих вимог. Викладені у авторефераті мета роботи, об'єкт, предмет дослідження, наукова проблема, пункти наукової новизни та висновки взаємопов'язані між собою та відповідають темі дисертації. Тема та зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи.

7. Практичне та наукове значення одержаних результатів

Практичне значення одержаних результатів. Результати досліджень використовувались при виконанні господарських договорів під керівництвом автора, що підтверджено відповідними актами впровадження. Розроблені тренажерні системи були впроваджені в ПрАТ НЕК "Укренерго" і використовуються на 137-и високовольтних підстанціях напругою 220 ...750 кВ. У 2004 році програмні комплекси тренажерних систем оперативних перемикачів в електричних мережах були впроваджені в навчальний процес двох кафедр факультету електроенергетехніки та автоматики Київського політехнічного інституту ім. Ігоря Сікорського. Починаючи з 2007 року у Центрі підвищення кваліфікації керівників і спеціалістів Мінекоенерго КПІ ім. Ігоря

Сікорського проводяться заняття з підвищення кваліфікації диспетчерів районів електромереж, центральних диспетчерських служб енергосистем та енергопостачальних ком-паній з використанням розробленого автором повнофункціонального режимного тренажера ПОРТ.

8. Автореферат дисертації оформлений згідно з існуючими вимогами і його зміст адекватно відображає положення дисертаційної роботи.

9. Зауваження до дисертаційної роботи:

1. В дисертації розглядаються методи і комп'ютерні технології побудови сучасної електронної професійної системи підготовки персоналу за допомогою сучасної електронної системи навчання (LMS Moodle) та використання таксономії Блума в частині навчання і контролю знань, про що сказано лише в самій дисертації, а в авторефераті не згадується.

2. Мало уваги в роботі було приділено дослідженню наявних сучасних методів розв'язку систем нелінійних алгебраїчних рівнянь з метою їх використання в комп'ютерних тренажерах.

3. На мою думку, в деяких випадках було б доцільним скористатись стандартними програмами з відомих бібліотек C++ або Java для отримання розв'язку математичних задач з наперед заданою точністю розв'язку.

4. В дисертаційній роботі розглядається низка математичних моделей для побудови об'єктів моделювання веб-орієнтованих комп'ютерних тренажерів, які є не достатньо коректними. Бажано було б надати умови існування і єдиності (де це можливо) розв'язків цих задач.

5. У третьому розділі дисертаційної роботи для пошуку оптимальних коефіцієнтів прискорення ітераційних процесів розрахунку режимів роботи великих енергосистем використовується відомий метод повного факторного експерименту (ПФЕ), але не досліджено наявність екстремумів вибраних для цих цілей поліномів та не наведено математичних доказів їх існування або відсутності.

6. В дисертаційній роботі ретельно розглянуто властивості параметричних методів розв'язку великих нелінійних алгебраїчних систем. Але, на жаль, не наведено результати порівняння параметричних методів із запропонованим автором багатоопорним методом розрахунку режимів електроенергетичних систем та методом Ньютона-Рафсона.

7. В роботі використовуються інколи невдалі терміни, наприклад, «математичні, топологічні, інформаційні і комп'ютерні моделі методів моделювання», «сумарна потужність всіх вузлів електричної мережі» і таке ін.

8. Не наведено обґрунтування вибору методу розв'язку системи диференціальних рівнянь, які використовуються для опису тривалих електромеханічних процесів в комп'ютерних тренажерах.

9. В роботі не подано результати дослідження яким чином розраховуються найбільш важливі параметри впливу об'єднаної енергосистеми на режими роботи великих джерел енергії – теплових і атомних електростанцій.

Приведені зауваження не є визначними та не знижують загальний рівень проведених досліджень.

Висновки

1. Дисертаційна робота Гурєєва Віктора Олександровича є завершеною науковою працею, що містить нові науково обґрунтовані результати, важливі для ефективного використання в енергетиці.

2. Сукупність наукових положень, сформульованих та обґрунтованих у дисертаційній роботі, має практичну цінність і становить вирішення науково-прикладної проблеми розроблення теорії побудови веб-орієнтованих тренажерних систем оперативно-диспетчерського персоналу магістральних електромереж з врахуванням особливостей їх впровадження, масштабування та підтримки функціонування в умовах ОЕС України.

3. Дисертаційна робота за змістом відповідає вимогам Паспорту спеціальності 01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи.

4. Матеріали дисертації достатньо апробовані, доповідались на міжнародних і всеукраїнських конференціях, наукових семінарах, висвітлені в 62 наукових публікаціях, з них 3 монографії, 2 авторських свідоцтва, 29 статей у фахових виданнях, з них в журналах, що входять до міжнародних наукометричних баз - 11, 14 у збірниках матеріалів і тез доповідей міжнародних та всеукраїнських конференцій, 14 в інших виданнях.

5. Структура дисертації є обґрунтованою.

6. Наведені зауваження не змінюють загальну позитивну оцінку наукової значимості й практичної цінності дисертаційної роботи.

7. За науковим рівнем, практичною цінністю, апробацією та публікаціями дисертаційна робота відповідає вимогам пп. 9,10,12,13 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою КМУ №567 від 24.07.2013 р. (зі змінами, внесеними згідно з Постановами КМУ №656 від 19.08.2015 р., №1159 від 30.12.2015 р. та №567 від 27.07.2016 р.), а її автор - Гурєєв Віктор Олександрович - заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник,
доцент кафедри автоматизації
проекування енергетичних процесів
та систем теплоенергетичного факультету
Київського політехнічного інституту
ім. Ігоря Сікорського



Верлань Андрій Анатолійович

Підпис Верланя А.А.  затверджую.

Заст. декана ТЕС
Е. Шевель

