

Інформаційні та телекомунікаційні системи та технології, захист інформації

УДК 621.311:004

DOI: [10.20535/2312-1807.2017.22.4.104615](https://doi.org/10.20535/2312-1807.2017.22.4.104615)

Комп'ютерний протиаварійний тренажер диспетчерів об'єднаної енергосистеми України

Авраменко В. М., д.т.н.

e-mail avr@ied.org.ua

Юнєєва Н. Т., к.т.н.

e-mail untunt@ukr.net

Гурєєва Т. М.

e-mail avr@ied.org.ua

Інститут електродинаміки НАН України

Київ, Україна

Гурєєв В. О., к.т.н.

e-mail avr@ied.org.ua

НВ ТОВ «Інфотех»

Київ, Україна

Реферат—Мета дослідження – формування структури комп'ютерного протиаварійного тренажера диспетчерів ОЕС України. Метод дослідження – імітаційне комп'ютерне моделювання електроенергетичних систем (ЕЕС). Розроблено структуру КИТД з використанням розрахунків динаміки після великих збурень за допомогою ПК AVR-74 і віртуальних структур відображення післяаварійних режимів ОЕС на віддалених клієнтських моніторах корпоративної мережі НЕК «Укренерго» засобами повнофункціонального режимного тренажера ПОРТ. Використання тренажера продемонстровано на прикладі тренування диспетчерів ОЕС України на тему «Балансування режиму після роботи автоматики розвантаження електростанції при вимиканні лінії електропередачі в перетині ОЕС України Захід-Вінниця».

Бібл. 3, рис. 7.

Ключові слова — об'єднана енергосистема; диспетчер; комп'ютерний тренажер; віртуальна структура; післяаварійний режим.

I. Вступ

Великі системні аварії в об'єднаних енергосистемах (ОЕС) з порушенням стійкості паралельної роботи потужних теплових і атомних електростанцій призводять до великих матеріальних збитків і загрожують втратою живучості з катастрофічними наслідками щодо життя і здоров'я людей, стану довкілля. Суттєвим чинником запобігання такого розвитку аварій є підготовка диспетчерського персоналу ОЕС до ефективних дій в таких умовах. Сучасна комп'ютерна техніка створює можливість для побудови тренажерів такого призначення [1,3].

Системні аварії з загрозами живучості ОЕС мають каскадний характер і починаються з порушення стійкості ОЕС. Основну мережу ОЕС України створюють лінії 750 кВ, які з'єднують атомні електростанції (АЕС) між собою та з дефіцитними енерговузлами. Стійкість такої системи можна розглядати лише для ОЕС в цілому і відповідно дії диспетчерів центрального диспетчерського пункту ОЕС і диспетчерів регіональних енергосистем повинні бути узгоджені і відпрацьовані під час спільних тренувань. Сучасна розподілена комп'ютерна мережа дозволяє ефективно вирішувати цю задачу.



Ефективне дослідження стійкості складних ЕЕС з врахуванням автоматичних регуляторів агрегатів електростанцій та протиаварійної системної автоматики забезпечує програмний комплекс ІЕД НАН України АВР-74 [2].

Функціонування створюваного комп'ютерного протиаварійного тренажера диспетчерів (КПТД) продемонструємо на прикладі збурення в перетині ОЕС Захід-Вінниця, яке спричиняє дію протиаварійної автоматики, в режимі максимального навантаження зимового дня.

II. СТРУКТУРА І ФУНКЦІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОТИАВАРІЙНОГО ТРЕНАЖЕРА ДИСПЕТЧЕРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДИНАМІКИ ЕЕС

Сьогодні важливе місце в наукових дослідженнях і інноваційних розробках займають інформаційні хмарні технології (обчислення). Під хмарними технологіями, як правило, розуміють, спеціальним чином організоване програмно-апаратне забезпечення, яке за допомогою зручного і ефективного інтерфейсу забезпечує користувачів Інтернету широкими можливостями видаленого доступу до необхідних ресурсів баз або сховищ даних, програмного забезпечення і обчислювальним потужностям віртуальних серверів додатків - віддалених комп'ютерів.

Структура комп'ютерного протиаварійного тренажера диспетчерів показана на рис. 1.

Комп'ютерний протиаварійний тренажер диспетчерів забезпечує:

- формування розрахункової моделі ОЕС з використанням інформації про ретроспективні режими з архіву ПК КОСМОС;
- розрахунки нормальних, ремонтних, обважнених і самоусталених за частотою і напругою післяаварійних стаціонарних електричних режимів ОЕС;
- перевірку статичної і динамічної стійкості ОЕС з урахуванням автоматичних регуляторів збудження синхронних генераторів, автоматичних регуляторів частоти обертання турбо- і гідроагрегатів електростанцій, системної протиаварійної автоматики;
- розрахунки тривалих перехідних процесів після раптового порушення балансу активної потужності ОЕС з врахуванням дії автоматики частотного розвантаження і автоматики обмеження підвищення частоти струму;
- виконання розрахунків каскадних аварій за заданим сценарієм;
- видачу оперативної інформації про режим ОЕС на віддалені монітори тренажера, яке здійснюється засобами повнофункціонального режимного тренажера ПОРТ.

Для дослідження стійкості в разі великих збурень (короткого замикання, вимикання ліній або генераторів) в ПК АВР-74 реалізована модель, яка нехтує швидкозагасаючими електромагнітними процесами в електричній мережі і в колах статорів синхронних машин. В результаті рівняння динаміки ЕЕС набувають вродженого вигляду

$$\begin{aligned} \frac{dX_1}{dt} &= F_1(X_1, X_2, t) \\ F_2(X_1, X_2) &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

де X_1 – вектор інтегрованих змінних, X_2 – вектор неінтегрованих змінних. Відповідно, вектор-функція F_1 характеризує підсистему змінних, які визначаються чисельним інтегруванням диференціальних рівнянь, а F_2 – це сукупність алгебраїчних рівнянь квазістаціонарного електричного режиму ЕЕС в кожний момент часу t . Для розв'язання системи (1) в АВР-74 реалізовані високоефективні чисельно-аналітичні методи [2].

На рис. 2 та рис. 3 показані меню для завдання реалізованих в програмному комплексі математичних моделей синхронних генераторів, систем автоматичного регулювання збудження генераторів і потужності турбін, парогенераторів ТЕС і АЕС, комплексного навантаження у вузлах ЕЕС, різноманітних засобів протиаварійної системної автоматики.

Наведемо приклад тренування диспетчерів ОЕС України на тему «Балансування режиму після роботи автоматики розвантаження станції АРОЛ».

В якості інформаційної моделі використовуємо сформовану тестову модель перетину Захід-Вінниця (54 вузла, 72 гілки, 18 генераторів), в якій представлена електрична мережа 750 кВ і 330 кВ Південно-Західної ЕЕС і її зв'язки з суміжними регіональними енергосистемами. Розглядається ізольований від ЄЕС Росії режим ОЕС України. Режим перетину показаний на рис. 4.

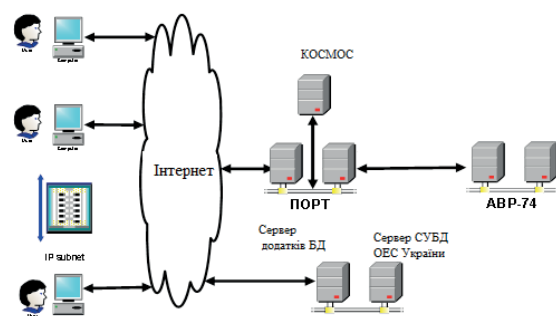


Рис. 1 Структура комп'ютерного протиаварійного тренажера диспетчерів

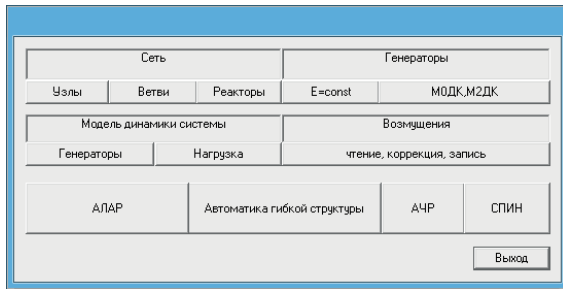


Рис. 2 Меню задания моделей элементов ЕЕС

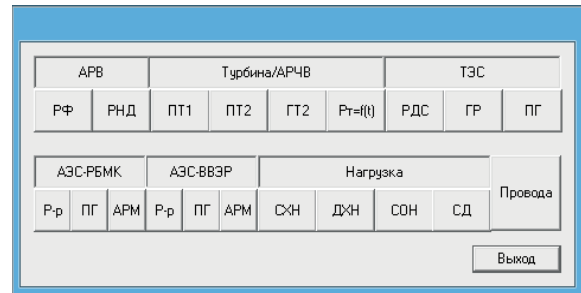


Рис. 4 Меню «Топологічно незалежна інформація»

Сечения						
Сечения						
Назва...	Состав	Перето...	Перето...	Ток ли...		
	808-703 ХАЭС... -ЧАЭС750.	-1211.7	142.6	1011.7		
	809-803 ХАЭС330. -ШЕПЕТОВ.	-81.3	18.0	143.0		
	945-827 ЗУ 750 -ВН-750.	-996.4	421.4	931.6		
	810-818 ХМЕЛЬНИЦ -БАР....	-332.7	58.5	587.2		
	905-821 ИВ.ФРАНК -ЧЕРНОВЦЫ	-376.7	89.1	698.1		
Зап-Вин		-2398.8	729.6			
	803-712 ШЕПЕТОВ. -ЖИТОМИР.	-0.0	-0.0	0.0		
	703-727 ЧАЭС750. -ЧАЭС330.	-560.5	-48.1	468.9		
	703-727 ЧАЭС750. -ЧАЭС330.	-540.3	-47.2	452.1		

Рис. 3 Режим перетину Захід-Вінниця

На рис. 5 наведений фрагмент електричної мережі, на якому засобами ПОРТ нанесені параметри післяаварійного режиму.

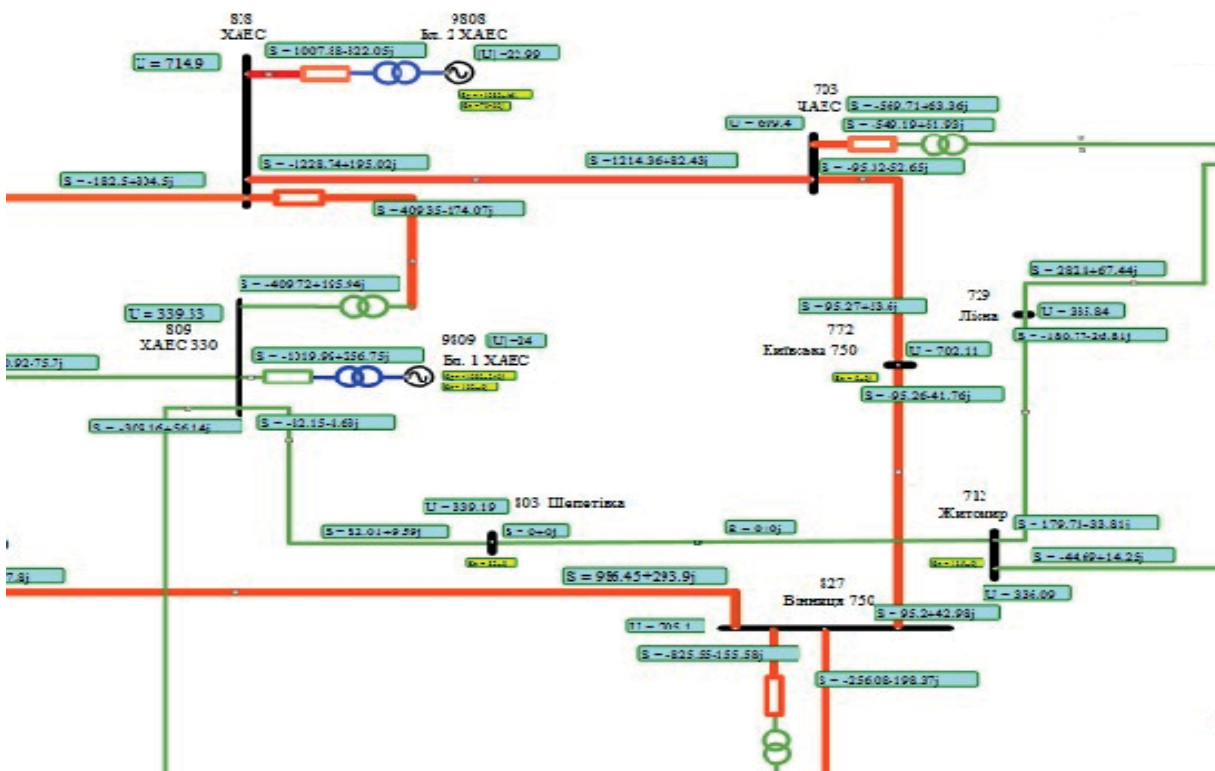


Рис. 5 Фрагмент електричної мережі з результатами розрахунку післяаварійного режиму



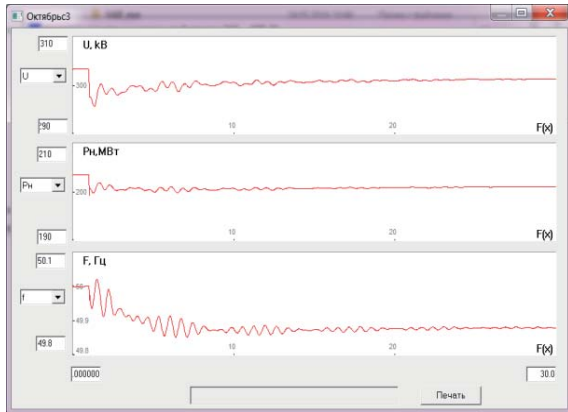


Рис. 6 Результати розрахунку перехідного режиму після дії АРОЛ

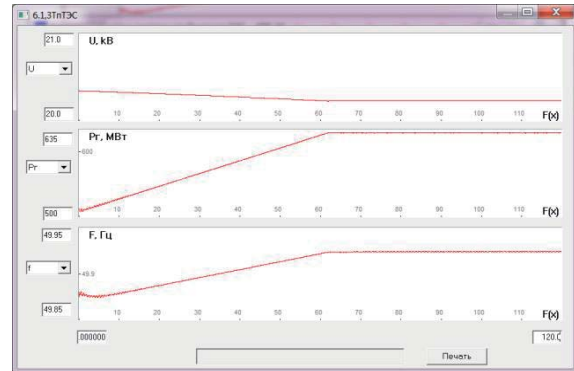


Рис. 7 Результати розрахунку перехідного режиму після заходів для підвищення частоти

ВИСНОВКИ

- 1) Запропонована структура комп'ютерного протиаварійного тренажера диспетчерів ОЕС України з використанням розрахунків динаміки після великих збурень і відображення післяаварійних режимів ОЕС на віддалених клієнтських моніторах корпоративної мережі НЕК Укренерго, яка на відміну від існуючих враховує математичну модель ОЕС України і базується на сучасних хмарних технологіях, що покращить якість оперативно-диспетчерського керування ЕЕС.
- 2) Функціонування тренажера протестовано на прикладі тренування диспетчерів ОЕС України на тему «Балансування режиму після роботи автоматики розвантаження станції АРОЛ», що довело ефективність його використання для аналізу складних аварійних режимів ЕЕС і навчання диспетчерського персоналу.

Надійшла до редакції 20 червня 2017 р.

УДК 621.311:004

Компьютерный противоаварийный тренажер диспетчеров объединенной энергосистемы Украины

Авраменко В. М., д.т.н.

e-mail avr@ied.org.ua

Юнеева Н. Т., к.т.н.

e-mail untunt@ukr.net

Гуреева Т. М.

e-mail avr@ied.org.ua

ЛІТЕРАТУРА

- [1] V. N. Avramenko, V. A. Gurieiev and T. M. Hurieieva, «Metodika i programmye sredstva dlya protivoavariynogo obucheniya dispatcherskogo personala OES Ukrainyi [Methodology and software for the emergency training dispatcher staff of United Power System of Ukraine],» *Electric networks and systems*, no. 2, pp. 14-20, 2016.
- [2] V. N. Avramenko, V. A. Krylov, P. A. Chernenko и V. L. Pryhno, *Matematicheskie modeli i programmye sredstva dlya resheniya zadach avtomatizirovannogo dispatcherskogo upravleniya energosistemami [Mathematical models and software tools for solving problems of automated supervisory control of power systems]*, Kyiv: Institut Elektrodinamiki Nacionalnoi Akademii Nauk Ukrainy, 2012, p. 303.
- [3] "Moodle Pty Ltd (AU)," [Online]. Available: <https://moodle.org/>. [Accessed 24 09 2015].



Институт электродинамики НАН Украины
Киев, Украина

Гуреев В. О., к.т.н.
e-mail avr@ied.org.ua

НП ООО «Инфотех»
Киев, Украина

Реферат—Цель исследования – формирование структуры компьютерного противоаварийного тренажера диспетчеров ОЭС Украины. Метод исследования – имитационное компьютерное моделирование ЭЭС. Разработана структура КПТД с использованием расчетов динамики после больших возмущений с помощью ПК AVR-74 и виртуальных структур отображения послеаварийных режимов ОЭС на отдаленных клиентских мониторах корпоративной сети НЭК «Укрэнерго» средствами полнофункционального режимного тренажера ПОРТ. Использование тренажера продемонстрировано на примере тренировки диспетчеров ОЭС Украины на тему «Балансирование режима после работы автоматики разгрузки электростанции при выключении линии электропередачи в сечении ОЭС Украины Запад-Винница».

Библ. 3, рис. 7.

Ключевые слова — объединенная энергосистема; диспетчер; компьютерный тренажер; виртуальная структура; послеаварийный режим

UDC 621.311:004

A computer emergency trainer for dispatchers of the united power system of Ukraine

V. M. Avramenko, Dr.Sc.(Eng.)

e-mail avr@ied.org.ua

N. T. Yunieieva, PhD

e-mail untunt@ukr.net

T. M. Hurieieva

e-mail avr@ied.org.ua

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine

V. O. Hurieiev, PhD

e-mail avr@ied.org.ua

SP Infotech Ltd.

Kyiv, Ukraine

Abstract—The purpose of this work is forming structure of emergency trainer for dispatchers of the IPS of Ukraine. The research method is computer simulation of electric power systems. The trainer structure is developed using dynamics calculations after big disturbances using software AVR-74 and virtual structures to display post emergency EPS modes using full-scale mode simulator PORT. Operation of the developed trainer has been demonstrated for an example of dispatcher training on the theme «Balancing mode of the IPS of Ukraine after wearing-out of emergency automatics in case of line disconnecting in the IPS cross section West-Vinnitsa». As an information model, is used the test-based model of the West-Vinnitsa section (54 bases, 72 branches, 18 generators), in which the electric network of 750 kV and 330 kV of the South-Western EPS and its connections with adjacent regional power systems are presented. Electric mode of the IPS of Ukraine is isolated from the UPS of Russia. The calculations of the stability at the cross section of West-Vinnitsa for planning the regime of winter maximum load showed the need for automatic unloading of the Rivne nuclear power plant (RNPP), which, in the case of switching off power transmission line 330 kV Shepetovka-Zhytomyr, turns off the units 1,2 RNPP. The current frequency in the post emergency mode after wearing-out of emergency automatics is the 49.88 Hz. It requires action to restore the normal frequency level. Consistent steps to increase the frequency are: loading Dnipro-1 hydro power plant (HPP) up



to a maximum capacity of 600 MW, loading Kremenchug HPP at 150 MW, loading two units of Trypilsky power plant up to 630 MW. As a result, the frequency is set to 49.92 Hz.

Computer emergency trainer for dispatchers provides:

- formation of the calculation model of the UPS with the use of information about retrospective regimes from the archive of the software KOSMOS;
- calculations of normal, repair, weighted and self-aligned on frequency and voltage of post-emergency stationary electric modes of the IPS;
- verification of static and dynamic stability of the UPS taking into account the automatic regulators of excitation of synchronous generators, automatic regulators of turbine speed and hydro units of power stations, system anti-emergency automatics;
- calculations of long transient processes after a sudden disturbance of the balance of active power of the IPS, taking into account the effect of frequency unloading automation and automation of limiting the increase of the frequency of current;
- execution of calculations of cascading accidents in a given scenario;
- issuance of operative information about the mode of IPS to remote monitors of the simulator, which is carried out by means of a full-function mode simulator PORT.

Ref. 3, fig. 7.

Key words — united power system; dispatcher; computer simulator; virtual structure; post emergency mode.

