

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

**В.М. Авраменко**, докт. техн. наук, **П.О. Черненко**, докт. техн. наук, **В.Л. Прихно**, канд. техн. наук, **О.В. Мартинюк**, канд. техн. наук, **Н.Т. Юнєєва**, канд. техн. наук, **Н.Ф. Колесникова**, мол. наук. співроб.

Інститут електродинаміки НАН України,  
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

*Наведено основні результати досліджень, спрямованих на подальший розвиток методів моделювання великих електроенергетичних систем, що виконувалися в 2012 р. у відділі моделювання електроенергетичних об'єктів і систем у рамках НДР "Система-5" та "Монітор-К".* Бібл. 7, рис. 3, таблиця.

**Ключові слова:** електроенергетичні системи, математичне моделювання, програмне забезпечення, динамічна стійкість, аварійний режим, оцінювання стану, прогнозування навантаження.

### Моделі й програмні засоби для розрахунків стійкості складної ЕЕС з урахуванням мікропроцесорного регулятора потужності турбін АЕС

Забезпечення стійкості є однією з найважливіших вимог при експлуатації ЕЕС. Нові можливості для підвищення ефективності вирішення цього завдання відкриваються завдяки новим, мікропроцесорним засобам автоматики та протиаварійного керування. Використання цих засобів вимагає розробки відповідного математичного та програмного забезпечення, на що і спрямована ця робота.

Для розрахунків електромеханічних перехідних процесів і динамічної стійкості ОЕС України необхідне досить повне врахування теплофізичних процесів в устаткуванні АЕС, які покривають більше половини навантаження ОЕС. Модель АЕС повинна враховувати основні системи регулювання реактора, що дає змогу контролювати основні фізичні параметри процесів у обладнанні реактора, зокрема, підвищення тиску пари в парогенераторі, спричинене швидким закриттям регулюючих клапанів турбіни під дією регулятора потужності при різкому зниженні електричної потужності енергоблока під час короткого замикання поблизу шин АЕС. Для реакторів типу ВВЕР для процесів в активній зоні реактора використовуємо [2] так звану модель "миттєвого стрибка", яка не враховує динаміки нейтронної потужності залежно від зміни концентрації нейтронів, тобто обмежимося лише диференціальним рівнянням

$$dC / dt = \lambda(N - C),$$

$$N = \beta * C / (\beta - \rho), \quad \rho = \alpha_T (\Theta_T - \Theta_{T0}) + \alpha_p (z_p - z_{p0}),$$

де  $C$  – концентрація еквівалентного джерела запізнених нейтронів;  $N$  – нейтронна потужність, відносних одиниць (в.о.);  $\lambda$  – постійна розпаду ядра-випромінювача, 1/с;  $\beta$  – частка запізнених нейтронів;  $\rho$  – реактивність реактора;  $\Theta_T$  – середня температура теплоносія, град;  $z_p$  – величина переміщення регулюючих стержнів, см;  $\alpha_T$  – еквівалентний температурний коефіцієнт реактивності, в.о./град;  $\alpha_p$  – коефіцієнт реактивності регулюючої групи стержнів, в.о./см;

$$d\Theta_T / dt = (\beta / (-\lambda_T)) [N - \Delta B_2 - N_0 (1 + a_f (f - f_0) / f_0)] / T_{TP},$$

$$\Delta B_2 = \alpha_{TP} [\Theta_T - \Theta_{T0} - \alpha_{II} (p_{II} - p_{II,0})],$$

де  $\Delta B_2$  – величина зміни тепловіддачі у другий контур, в.о.;  $f$  – частота електричного струму в системі живлення власних потреб станції, Гц;  $p_{II}$  – тиск пари в парогенераторі, в.о.;  $T_{TP}$  – еквівалентна постійна часу теплофізичних процесів в реакторі, с;

$$dp_{II} / dt = (\mu_0 + \Delta B_2 - G_T) / T_{II},$$

де  $G_T$  – витрата пари на турбіну, в.о.;  $T_{II}$  – постійна часу процесів в парогенераторі, с;  $\mu_0$  – величина відкриття регулюючих клапанів турбін, в.о.

Моделі теплової динаміки ТЕС та АЕС, мікропроцесорного протиаварійного керування реалізовані у програмному комплексі АВР-74 розрахунку перехідних процесів і стійкості ЕЕС, який є розвитком попередніх розробок [1]. Програмування виконано з використанням Visual C++ і забезпечує роботу з операційною системою MS Windows 2000. Удосконалення програмного комплексу розрахунку перехідних процесів у складних ЕЕС виконано за рахунок використання програмного блока on-line моделювання мікропроцесорного регулятора потужності турбіни АЕС розробки Харківського приладобудівного заводу ім. Т.Г. Шевченка [3]. Електрогідравлічна частина служить для перетворення електричного сигналу регулятора і сигналів зворотних зв'язків від сервомоторів регулюючих клапанів у сигнал управління силовим гідроприводом. До складу електрогідравлічної частини входять електрогідравлічний перетворювач, датчики переміщення гідроприводів та їх відсічних золотників, підсумовуючий підсилювач, які утворюють електрогідравлічний слідкуючий привод.

Математична модель енергосистеми (ММЕС) і математична модель системи регулювання (ММСР) являють собою два незалежних процеси, які працюють одночасно під управлінням ОС Windows XP і не впливають один на одного. Зв'язок між цими двома процесами має здійснюватися за принципом "Запит - Відповідь".

Заключні випробування розробленого програмного забезпечення здійснювались на режимі, який було отримано ієрархічним оцінюванням стану за даними НЕК «Укренерго» 02.03.2012 19:30. Загальна характеристика режиму: 719 вузлів, 1142 гілок, сумарна потужність навантаження енергосистеми 25000 МВт, Бурштинська ТЕС працює окремо, частота 50 Гц, Запорізька АЕС представлена шістьма блоками, сумарною потужності 5045 МВт.

Проведено контрольні розрахунки стійкості при збуренні – двофазному короткому замиканні на землю у районі шин 750 кВ тривалістю 0,1 с з неуспішним АПВ лінії 750 кВ, результати яких показано на рис. 1 з боку ММСР та рис. 2 з боку ММЕС. Розрахунок динамічної стійкості виконано за такими умовами: тривалість перехідного процесу 10 с, інтервал інтегрування 0,02 с, з врахуванням теплової частини АЕС. Розроблена промислова версія програми для розрахунків перехідних процесів ЕЕС з урахуванням мікропроцесорного регулятора потужності турбін АЕС дасть змогу, з одного боку, виконувати налаштування регуляторів потужності з урахуванням реального електромережевого оточення і динаміки електростанцій ОЕС України, а з іншого – виконувати розрахунки стійкості ОЕС України з урахуванням адекватного моделювання регуляторів турбін АЕС.

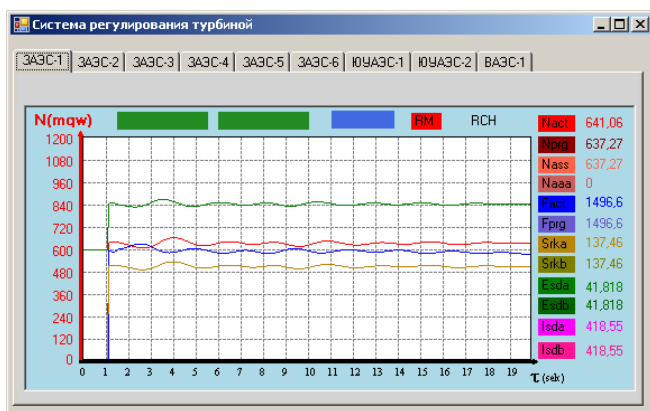


Рис. 1

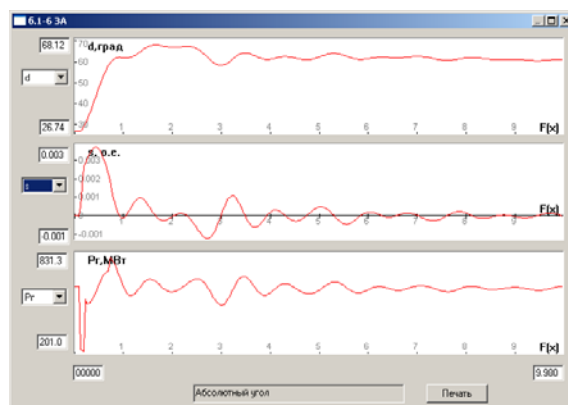


Рис. 2

### Трирівневе короткострокове прогнозування сумарного електричного навантаження енергооб'єднання України

В умовах переходу енергетичного сектору України до перспективної моделі ринку двосторонніх договорів та балансуючого ринку електричної енергії задача короткострокового прогнозування сумарного електричного навантаження (СЕН) на інтервал упередження до семи діб набуває нової актуальності. Так, на відміну від існуючої моделі енергоринку єдиного покупця, в перспективній моделі короткострокові прогнози СЕН є вихідною інформацією

для формування заявок щодо об'єму електроенергії при укладанні договорів між суб'єктами енергоринку – енергогенеруючими та електропостачальними компаніями (а також потужними електроспоживачами). Таким чином, одночасно із підвищенням вимог щодо точності та надійності короткострокових прогнозів СЕН, розширюється коло суб'єктів прогнозування. Це обумовлює актуальність досліджень, спрямованих на вирішення зазначеної задачі, проведення порівняльного аналізу існуючих та розробку нових методів прогнозування електричного навантаження енергооб'єктів.

Проведені дослідження показали переваги ієрархічної трирівневої моделі (обласні – регіональні – об'єднана електроенергетичні системи) сумарного електричного навантаження енергооб'єднання України для вирішення задачі короткострокового прогнозування [5], що обумовлено більш коректним врахуванням впливу метеорологічних і астрономічних факторів. Такий підхід одночасно дає змогу вирішити задачу прогнозування СЕН таких суб'єктів перспективного ринку, як обленерго, що підвищує його практичну цінність.

На рис. 3 показано блок-схему одно-, дво- та трирівневого вирішення задачі короткострокового прогнозування СЕН ОЕС України.

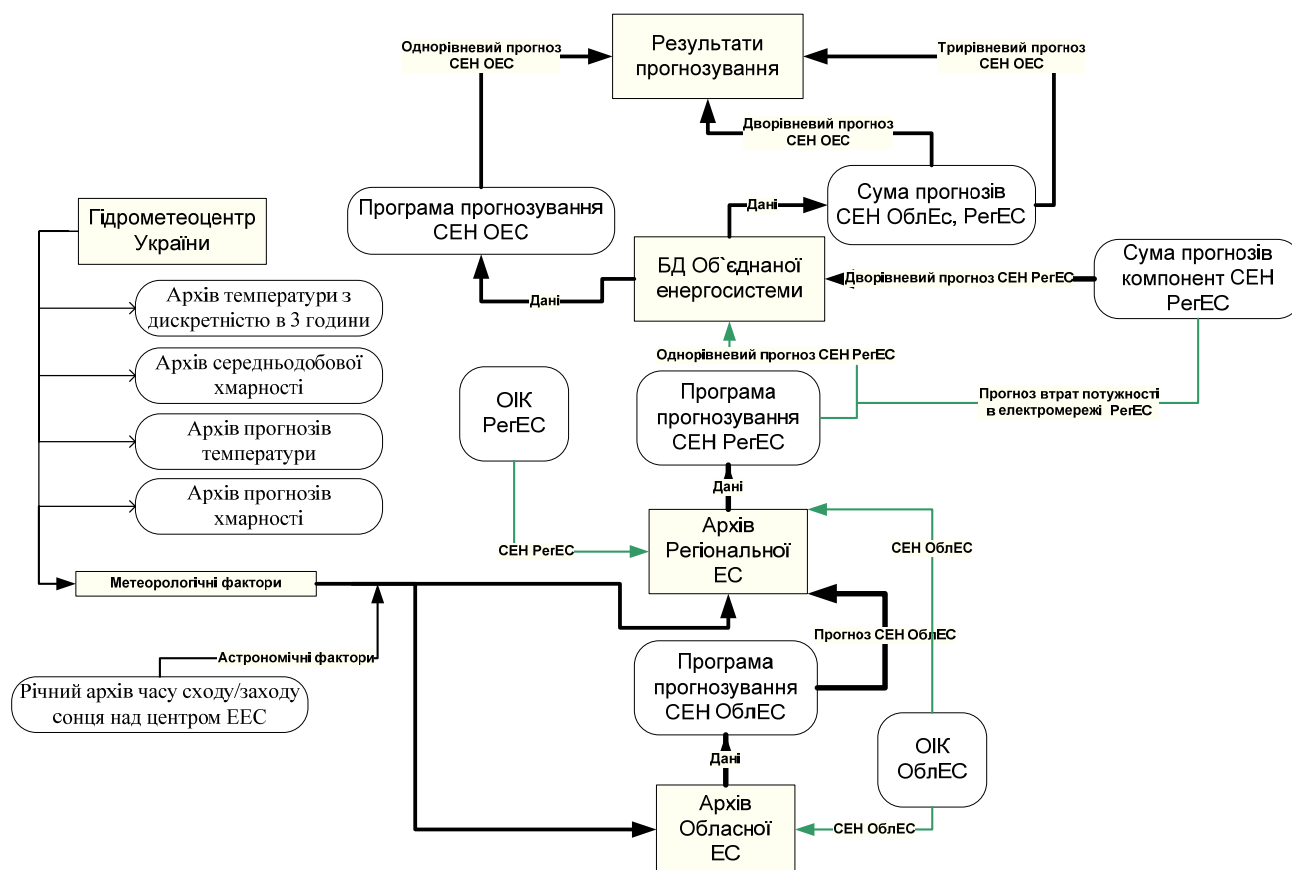


Рис. 3

За результатами досліджень розроблено математичну модель сумарного електричного навантаження кожного з наведених ієрархічних рівнів, алгоритм та експериментальну програму одно-, дво- та трирівневого короткострокового прогнозування СЕН ОЕС України [6, 7]. Проведено апробацію методики з використанням реальних даних енергооб'єднання України за періоди з 01.02.2008 по 28.02.2008 та з 01.02.2010 по 28.02.2010. Обрані періоди характеризувалися різкими коливаннями середньодобової температури, а також всіма типами погоди (сніг, дощ, без опадів), що сприяло перевірці надійності математичної моделі впливу на СЕН метеорологічних факторів. Розрахунки проводилися потужнево на інтервал упередження сім діб. В якості вихідних даних використовувалися добові графіки СЕН ОЕС, регіональ-

них і обласних енергосистем, а також наведені вище значення метеорологічних факторів на відповідному ієрархічному рівні. Як прогнозні значення метеорологічних факторів використовувалися фактичні дані про температуру повітря та тип погоди в обласних центрах України. Параметри математичної моделі СЕН, а також необхідна довжина передісторії визначалися виходячи з критерію мінімальної похибки прогнозу СЕН на попередньому тижневому інтервалі. Результати прогнозування СЕН енергооб'єднання наведені в таблиці.

Статистичні характеристики похибки прогнозування погодинних значень СЕН ОЕС України на період з 01.02.10 по 28.02.10

Характеристика методу	Однорівневий	Дворівневий	Трирівневий
Середня похибка, MAPE [%]	1,9	1,7	1,0
Мінімальна похибка, [%]	0,0	0,0	0,0
Максимальна похибка, [%]	6,7	6,3	4,1
Середньоквадратична похибка, %	1,7	1,6	0,8

Відповідно до наведених результатів трирівневий метод прогнозування з використанням даних обласних енергосистем забезпечує суттєво вищу точність як за середньою/середньоквадратичною, так і за максимальною похибками. Зокрема, використання трирівневого методу при точному прогнозі метеорологічних факторів у понад 90 % випадках забезпечило похибку, меншу 2 %. При цьому суттєві похибки (>4 %) мали місце лише в одному випадку. Також слід відмітити, що згідно з отриманими результатами, дворівневий метод прогнозування є кращою альтернативою однорівневному.

Після розробки сервісних блоків та проведення детального тестування на різних ієрархічних рівнях енергооб'єднання програмний комплекс короткострокового прогнозування може бути впроваджено в ДП «Енергоринок», НЕК «Укренерго» та в обласних електроенергетичних системах України.

#### **Програмні засоби для супроводу розрахунків режимів енергосистем, що виконуються в реальному масштабі часу**

У практиці диспетчерського управління режимами енергосистем програма оцінювання стану (ОС) використовується для різних цілей. У зв'язку з цим існує і декілька способів організації роботи з нею. Передусім, необхідно виділити два основні варіанти – для виконання епізодичних розрахунків і для проведення розрахунків у реальному масштабі часу. В останньому випадку програма оцінювання, як правило, входить до складу деяких програмних комплексів. Для прикладу можна навести використання ОС у складі систем централізованої протиаварійної автоматики і в різних варіантах комплексів, що називаються порадами диспетчера.

Засоби для виконання епізодичних розрахунків давно розроблено і є невід'ємною складовою частиною комплексів, орієнтованих у своєму використанні на співробітників служб електричних режимів і диспетчерський персонал. Обов'язковою вимогою для них є наявність графічного інтерфейсу, за допомогою якого аналізуються результати і формуються умови для виконання імітаційних розрахунків.

Використання ОС в системах реального часу до останнього часу не мало необхідної сервісної підтримки. У зв'язку з цим виникали проблеми налаштування і супроводу розрахунків, що виконуються в автоматичному режимі без взаємодії з технологом. Як правило, розробники програмних комплексів брали на себе реалізацію функції формування бази даних реального часу і не приділяли належної уваги проблемі аналізу результатів. При цьому технологи, які відповідають за роботу комплексу, не мали засобів, за допомогою яких можна було б аналізувати роботу системи за певний період часу і поглиблено розглядати деякі особливі режими. Останні, як правило, і представляють найбільший інтерес для аналізу. Наприклад, супроводжуючих систему завжди цікавлять режими, розрахунки яких завершилися невдало (виникла розбіжність обчислювального процесу). Значний інтерес можуть представляти режими з великою кількістю відбракованих помилок у вимірах або з непоміченими, яку не вдалося здолати передбаченими для цієї мети засобами. Також часто виникає за-

дача відбору режимів з характерними особливостями, наприклад, із зафіксованими перевантаженнями за струмами в гілках, перевантаженнями за потоками потужності в контрольованих перерізах або порушеними допустимими рівнями напруги у вузлах розрахункової схеми.

Все це стало спонукальним мотивом для розробки системи супроводу розрахунків, що виконуються в реальному масштабі часу. Передусім, очікувалося, що наявність такої системи позбавить розробників програмних комплексів реального часу від необхідності створення власних програмних засобів, не завжди достатніх за своїми функціональними можливостями і не завжди оптимально побудованих. При розробці системи супроводу ставилася задача спадкоємства підходів і принципів побудови, закладених в програму, орієнтовану на виконання епізодичних розрахунків. Реалізація цієї задачі забезпечує можливість технологам у повсякденній практиці використовувати багато в чому звичний для себе інтерфейс користувача.

Впродовж 2011–2012 рр. проводилися роботи зі створення програмних засобів супроводу розрахунків, що виконуються в реальному часі. Розробка, по суті, є розвитком ПК "КОСМОС". Нині основні роботи зі створення системи завершені, і вона може бути впроваджена в промислово експлуатацію в НЕК "Укренерго" і в енергосистемах України.

Система супроводу забезпечує запам'ятовування результатів кожного з розрахунків, виконаних у реальному часі. Для забезпечення цієї функції розроблені власні архіви. Інформація, що зберігається в них, дає змогу переглядати узагальнені характеристики режимів, розрахованих за певний період часу, а також відбирати для поглибленого аналізу будь-які з режимів, що зацікавили технолога з тих або інших причин.

Величини, що характеризують роботу за заданий час, представляються у вигляді таблиці, яка може бути відсортована за будь-яким параметром. При цьому кожен рядок відповідає певному розрахунку і містить дані як про якість ОС, так і про якість сформованого режиму, що встановився. Приміром, таблиця може бути відсортована за кількістю відбракованих помилкових вимірів або ж за кількістю порушених обмежень (за струмами, потоками в перерізах або рівнями напруги).

Усі параметри режиму можуть бути представлені у вигляді графіків, що характеризують зміну тієї або іншої величини за часом. Графіки можуть ілюструвати як зміну параметра, що відповідає конкретному елементу схеми (наприклад, струму в заданій гілці), так і деяких узагальнених величин (сумарних споживань, генерацій, втрат та ін.).

Будь-який режим, що відповідає деякій точці графіка або рядку таблиці, може бути розкрито для поглибленого аналізу. Після відображення параметрів режиму на графічному зображенні схеми технолог може використовувати звичні для себе засоби аналізу конкретного режиму. Багатовіконний інтерфейс, покладений в основу розробки, дає змогу одночасно розкривати декілька режимів і зіставляти їх між собою. При цьому вікна, що містять відібрані режими, можуть бути певним чином впорядковані, поділяючи між собою екран комп'ютера.

Працездатність системи підтверджена великою кількістю розрахунків, що імітують роботу систем реального часу. Програма-імітатор при виконанні тестових розрахунків спиралася на моделі енергосистем і реальну телеметрію, наперед вибрану з архівів оперативно-інформаційних комплексів.

### **Автоматизація розрахунків аварійних режимів складних ЕЕС та уставок мікропроцесорних захистів**

У рамках НДР «Система-5» було продовжено роботу по створенню інтелектуалізованої системи для розрахунків аварійних режимів, уставок РЗ і уставок в МП пристроях [4]. Було розроблено такі методики: діагностики і моніторингу макетованих вихідних даних інтелектуалізованої системи, формування бракууючої вихідної інформації для виділення районів складної електричної мережі як для розрахунків аварійних режимів та уставок РЗ, так і для розрахунків уставок в МП пристроях у складі інтелектуалізованої системи, заповнення макетів вихідної інформації, їх аналізу і обробки інтелектуалізованою системою. Спеціалізована програма, наявна в системі, внаслідок аналізу вихідних даних формує для виділення району всю бракууючу інформацію. Крім того, формується на основі знань про наочну область (тобто про РЗ), які закладені в цю програму, бракууюча інформація власне для вибору

уставок МП захистів. Розроблено словник інтелектуалізованої системи для розрахунків РЗ у складних електричних мережах для позначення умов, цілей і висновків та способів обробки вихідної інформації. Ця інтелектуалізована система забезпечуватиме спілкування з користувачем на основі природно-мовних конструкцій, якими є спеціалізовані інтелектуалізовані макети завдань на основі природної мови. Макети відображають специфіку наочної області, тобто РЗ, у текстовому вигляді, вміст процесів, об'єктів і зв'язків між ними. Завдяки словнику користувач (тобто релейник) розуміє вихідні дані й результати роботи системи.

Важливим засобом забезпечення надійності ОЕС України є використання сучасних систем захисту елементів електричних мереж ОЕС. Чільне місце серед цих систем захисту з точки зору функціональності, реактивності та ергономічності займають струмові та дистанційні захисти в перспективних мікропроцесорних (МП) пристроях REL670 фірми АВВ, які знайшли досить широке розповсюдження в електричних мережах 110...750 кВ ОЕС України. З метою забезпечення надійності енергооб'єднання України в рамках комплексної програми НАН України «Об'єднання» розроблено програмне забезпечення, яке в складних електричних мережах великого розміру, з урахуванням необхідних впливових факторів, дає змогу автоматизовано виконувати численні багатоваріантні розрахунки аварійних режимів з обчисленням відповідних струмів і напруг, і на їх основі – обґрунтованих уставок струмових та дистанційних захистів у МП пристроях REL670. Методика, покладена в основу розробленого програмного забезпечення, базується на прямому методі вузлових напруг і методі симетричних складових, ефективно використовує локальний характер такого виду багатоваріантних розрахунків. Як показали дослідження, вибір кожного захисту потребує 100...200 і більше підрежимів із трифазними комутаціями елементів електричної мережі. Для автоматизованих розрахунків уставок струмових захистів в МП пристроях REL670 було розроблено: програмні засоби розрахунків уставок максимальних струмових захистів (двоступінчатих, ненаправлених, з вимірами фазних струмів при всіх видах КЗ і струмів нульової послідовності при КЗ на землю); програмні засоби розрахунків уставок струмових захистів нульової послідовності від КЗ на землю (чотириступінчатих, з визначаємою направленістю ступенів і вимірами струмів і напруг нульової послідовності). Для дистанційного захисту в МП пристроях REL670 (програма розрахунків уставок дистанційних захистів від усіх видів КЗ) були розроблені і реалізовані у створеній програмі спеціалізовані обчислювальні технології окремих розрахунків уставок по  $X$  та  $R$  для полігональної характеристики даного захисту, з компенсацією вимірів фазних дистанційних опорів при КЗ на землю, з врахуванням у багатьох розрахункових ситуаціях таких чинників, як перехідні активні опори в місці КЗ, параметри режимів навантажень і електромеханічних перехідних процесів, далі – з урахуванням особливостей самої полігональної характеристики дистанційних захистів у МП пристроях REL670, узгоджень дистанційних захистів з суміжними як однотипними, так і різними різнотипними захистами та ін. Розрахункові команди, передбачені в розроблених програмах для кожного захисту в пристроях REL670: «Відстройка», «Узгодження», «Забезпечення необхідної чутливості», «Перевірка чутливості», «Зона охоплення». Програмне забезпечення, про яке йшлося, у складі Програмного комплексу IEDKK-R670 впроваджено для промислової експлуатації в службах релейного захисту та автоматики Національної енергетичної компанії (НЕК) "Укренерго", Дніпровської, Південно-Західної, Західної, Донбаської, Центральної, Південної, Кримської та Північної ЕС для розрахунків уставок в МП пристроях REL670 фірми АВВ в складних електричних мережах 110...750 кВ ОЕС України. Створені програми дають змогу ефективно виконувати необхідні розрахунки і вибирати на їх основі якісні уставки спрацювання, що суттєво підвищує надійність функціонування ОЕС України в аварійних умовах.

У рамках НДР «Монітор-К» були розроблені спеціалізовані програми, призначені для цілей визначення місця пошкодження (ВМП): програма розрахунків струмів КЗ з видачею результатів у вигляді проблемно-орієнтованих таблиць розрахункових аварійних величин – ТРАВ, програма розрахунків безпосередньо місць пошкодження повітряних ліній (ПЛ) по зареєстрованих значеннях аварійних струмів і напруг, що задаються, із видачею результатів у вигляді проблемно-орієнтованих таблиць розрахункових місць пошкодження – ТРМП. Ко-

жна ТРАВ містить необхідні аварійні струми, напругу та їх відношення (а за бажанням – і комбінації відношень), розраховані у відповідному підрежимі при КЗ необхідного виду і значенні перехідного опору в кожній «плаваючій» точці ПЛ, віддаленій на відповідній відстані в кілометрах від початку ПЛ, наведеній в цій ТРАВ для обчислюваних аварійних параметрів. Зареєстровані виміри (та їх відношення), будучи прирівненими до розрахункових аварійних параметрів в ТРАВ, дають змогу отримати з ТРАВ відповідні ним відстані місць пошкодження ПЛ для відповідних підрежимів, виду КЗ і значення перехідного опору в місці КЗ, для яких була побудована теперішня ТРАВ. Друга розроблена спеціалізована програма формує для конкретного підрежиму сукупність таблиць розрахункових місць пошкодження в кілометрах від початку ПЛ з КЗ. При цьому кожна ТРМП містить координати МП для всіх заданих (зареєстрованих) вимірів (струму і напруги відповідної послідовності або фазних величин) при цьому виді КЗ і відповідному значенні перехідного активного опору із заданого їх переліку. Програмне забезпечення у складі Програмного комплексу V-V1-50ПЗ впроваджено в промислову експлуатацію в службах релейного захисту та автоматики Дніпровської, Південно-Західної, Західної, Донбаської, Центральної, Південної, Кримської, Північної ЕС та ін. для ВМП ПЛ у складних електричних мережах 110...750 кВ ОЕС України.

1. Авраменко В.Н. Модели, методы и программные средства для расчета и анализа переходных режимов и устойчивости ЭЭС // Пр. Ин-ту электродинамики: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАН України, 2007. – Вип. 18. – С. 12–19.
2. Авраменко В.М., Юнеєва Н.Т., Гурєєва Т.М., Козлов М.Ю., Коровко А.М. Підвищення стійкості ОЕС України за допомогою мікропроцесорного регулювання потужності турбін енергоблоків АЕС // Вісн. Вінницького політехн. ін-ту. – 2011. – № 3. – С. 93–97.
3. Авраменко В.М., Юнеєва Н.Т., Коровко А.М. Організація розрахунку стійкості складної ЕЕС з урахуванням мікропроцесорного регулятора потужності ЕЕС // Техн. электродинаміка. – 2012. – № 2. – С. 32–34.
4. Крылов В.А. Исходные условия и методические основы автоматизированных расчетов на ПЭВМ уставок защит в микропроцессорных устройствах REL670 в сложных электрических сетях // Пр. Ин-ту электродинамики НАН Украины: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАН України. – 2011. – Вип. 28. – С. 26–27.
5. Мартинюк О.В., Черненко П.О. Алгоритми та програмні засоби трирівневого короткострокового прогнозування електричного навантаження енергооб'єднання України // Енергетика та електрифікація. – 2012. – № 7. – С. 3–8.
6. Черненко П.О., Мартинюк О.В. Багаторівневе короткострокове прогнозування сумарного електричного навантаження енергооб'єднання // Вісн. Вінницького політехн. ін-ту. – 2011. – № 2. – С. 74–80.
7. Черненко П.О., Мартинюк О.В. Підвищення ефективності короткострокового прогнозування електричного навантаження енергооб'єднання // Техн. электродинаміка. – 2012. – № 1. – С. 63–70.

УДК 621.311:004.415.2

**В.Н. Авраменко**, докт. техн. наук, **П.А. Черненко**, докт. техн. наук, **В.Л. Прихно**, канд. техн. наук, **А.В. Мартинюк**, канд. техн. наук, **Н.Т. Юнеєва**, канд. техн. наук, **Н.Ф. Колесникова**, мл. научн. сотр.

Институт электродинамики НАН Украины,  
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина

**Математическое моделирование и программные средства для диспетчерского управления электроэнергетическими системами**

*Приведены основные результаты исследований, направленных на дальнейшее развитие методов моделирования больших электроэнергетических систем, выполнявшихся в 2012 г. в отделе моделирования электроэнергетических объектов и систем в рамках НИР «Система-5» и «Монитор-К». Библ. 7, рис. 3, таблица.*

**Ключевые слова:** электроэнергетические системы, моделирование, программное обеспечение, динамическая устойчивость, аварийный режим, оценивание состояния, прогнозирование нагрузки.

**V.M. Avramenko, P.O. Chernenko, V.L. Prykhno, O.V. Martyniuk, N.T. Yunicieva, N.F. Kolesnykova**

Institute of Electrodynamics of National Academy of Science of Ukraine,  
Peremogy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

**Mathematical simulation and soft ware for dispatcher control of the electric power systems**

*Basic results of the researches, sent to further development of methods of simulation of the large electric power systems executed in 2012 year, are brought in the department №3 of simulation of electric power objects and systems within the framework of scientific works "Система-5" and "Монитор-К". References 7, figures 3, table.*

**Key words:** electric power systems, simulation, soft ware, transient stability, emergency states, state estimation, forecast.

Надійшла 16.05.2013

Received 16.05.2013