

## ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМІВ В ОЕС УКРАЇНИ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ЗАДАЧ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО КЕРУВАННЯ

*Наведено основні технічні характеристики та показники засобів моніторингу перехідних режимів, показано можливість підвищення надійності системи оперативно-диспетчерського керування ОЕС України завдяки новим можливостям розв'язання задач диспетчерського керування, які з'являються з впровадженням таких засобів.*

*Приведены основные технические характеристики и показатели средств мониторинга переходных режимов, показана возможность повышения надежности систем оперативно-диспетчерского управления ОЭС Украины благодаря новым возможностям решения задач диспетчерского управления, которые возникают при внедрении таких средств.*

Підготовка об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України до паралельної роботи з об'єднанням енергосистем європейських країн потребує розв'язання цілої низки науково-технічних задач. Це пов'язано з тим, що надійну, гнучку і ефективну роботу енергосистеми можна забезпечити при переході на новий рівень інформаційного забезпечення при вирішенні задач оперативного керування. Однією із основних складових такої проблеми є вирішення задачі моніторингу перехідних процесів, що передбачає створення відповідних засобів збору інформації та програмних комплексів для її обробки, які повинні відповідати цілому ряду вимог [6]. Крім того, складовою цієї проблеми є визначення оптимальних, з точки зору спостережуваності, місць розташування нових пристроїв реєстрації інформації. Таким чином, забезпечення необхідного рівня надійності та безпеки функціонування ОЕС України потребує вирішення задачі моніторингу частоти, потужності, струму, напруги та їх кутових параметрів. Її реалізація забезпечить:

- проведення оперативним персоналом НЕК «Укренерго» та енергосистем моніторингу плинних режимів за рахунок динамічного представлення системних параметрів, приведених до єдиного часу на всіх об'єктах енергосистем;
- перевірку достовірності розрахункових моделей та оцінку результатів розрахунків режимів;
- створення бібліотеки режимів;
- створення передумов для впровадження АСК ТП енергетичних об'єктів (ЕО) та вдосконалення АСДК енергосистем (ЕС);
- створення інформаційної бази для виконання ефективного комплексу «порадника диспетчера», що діє в режимі, наближеному до реального часу, за рахунок швидкісних синхронізованих у часі телевимірів та даних телесигналізації;
- забезпечення проведення чіткого і достовірного аналізу причин виникнення, розвитку та визначення особливостей ліквідації аварійного режиму.

Таким чином, можна сказати, що створення системи моніторингу технологічних процесів являє собою складну задачу. Її вирішення вимагає застосування найбільш сучасних апаратних засобів, широкого використання математичного апарата, розробки достатньо складного програмного та метрологічного забезпечення. Мова йде про використання нової технології векторного вимірювання режимних параметрів ЕС, яка забезпечує синхронізацію вимірювань шляхом використання супутникової глобальної системи позиціонування (GPS), що надає оперативному персоналу якісно нову інформацію (вектори напруги) [3]. Пристрої синхронізованих вимірювань векторів напруги (використовується аббревіатура PMU – від Phasor

Measurement Unit) надають нові можливості для розв'язання низки задач оперативно-диспетчерського та автоматичного керування ЕС. Протокол обміну інформацією, який використовується в системі збору даних при наявності PMU – IEEE C37.118-2005. Розроблений в ІЕД НАН України реєструючий прилад (РП) «Регіна-Ч» за своїми технічними та функціональними характеристиками не має аналогів в Україні і, як засвідчив досвід практичної експлуатації, нічим не поступається кращим закордонним аналогам, а за окремими показниками перевершує їх. Він забезпечує реєстрацію миттєвих значень струмів і напруги, збереження та обробку результатів вимірювань; їх відображення у вигляді, найбільш інформативному для персоналу (текстові повідомлення, графіки, таблиці, осцилограми та ін.), а також передачу інформації на будь-який рівень ієрархії керування з її прив'язкою до сигналів точного часу.

Декілька слів про склад системи моніторингу перехідних режимів (СМІР) (рис. 1). Система призначена для постійного спостереження за параметрами режимів електроенергетичних систем, оцінкою та прогнозом розвитку поточних режимів роботи та видачею отриманої інформації в цифровому вигляді системам керування та інформаційним системам, що застосовуються в електроенергетиці.

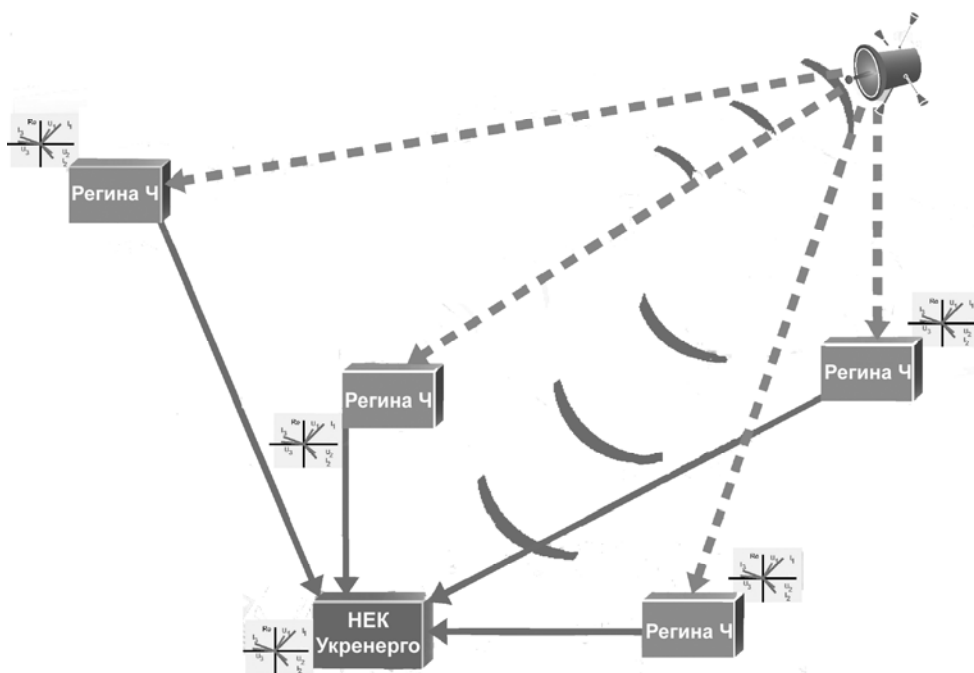


Рис. 1

Система моніторингу перехідних режимів є глобальною для території України, охоплює ключові вузли ОЕС України і здійснює синхронізований моніторинг та реєстрацію системних параметрів, а саме нормальних (сталих) і аварійних (перехідних) режимів роботи електроенергетичних систем. Вона реалізується на основі високоточних РП «Регіна-Ч», які встановлюються на вузлових підстанціях та найбільш відповідальних ЕО.

Система на ЕО являє собою один чи декілька реєстраторів сигналів з багатофункціональними вимірювальними перетворювачами (БВП) для вимірювання миттєвих значень фазних струмів і напруги та розрахунку електричних параметрів. Комунікаційний сервер забезпечує збір, реєстрацію і архівацію даних, які надходять від БВП, прийом сигналів точного часу від GPS-приймача, надання даних за запитами віддалених споживачів в *on-line* та *off-line* режимах. Крім того, передбачена установка монітора для оперативної візуалізації зареєстрованих та розрахованих параметрів, блока гарантованого електроживлення для забезпечення роботи РП «Регіна-Ч» під час тимчасової перерви електроживлення, комплексу виробів (антена, пристрій синхронізації і т.д.) для прийому сигналів точного часу від GPS та передачі їх в реєстратор. Всі ці прилади об'єднані в локальну обчислювальну мережу, яка по-

єднує БВП або інші пристрої моніторингу нижнього рівня та сервер збору даних (Fast Ethernet 100 Мбит/с, TCP/IP). Віддалений комп'ютер верхнього рівня встановлюється в диспетчерському центрі (ДЦ) ОЕС (НЕК «Укренерго») та відповідної ЕС для одержання інформації від комутаційного сервера.

Використання інформації, одержуваної від РП «Регіна-Ч», надає нові можливості для розв'язання найбільш актуальних задач системного значення, що розв'язуються в *off-line* і в *on-line* режимах, частина яких без таких систем моніторингу не могла бути розв'язана взагалі, а якість результатів розв'язання іншої частини задач не завжди відповідає сучасним вимогам (рис. 2). Найбільш важливим результатом створення і впровадження вітчизняної системи моніторингу, реєстрації і синхронізації системних режимних параметрів є ціла низка перспектив вдосконалення принципів і алгоритмів автоматичного і оперативного керування режимами роботи ОЕС України. Виділимо деякі з них:

- вичерпний аналіз аварійних подій;
- верифікація моделей ЕС;
- оцінювання стану ЕС;
- моніторинг низькочастотних коливань режимних параметрів для запобігання коливному порушенню стійкості;
- моніторинг допустимості поточних режимів.

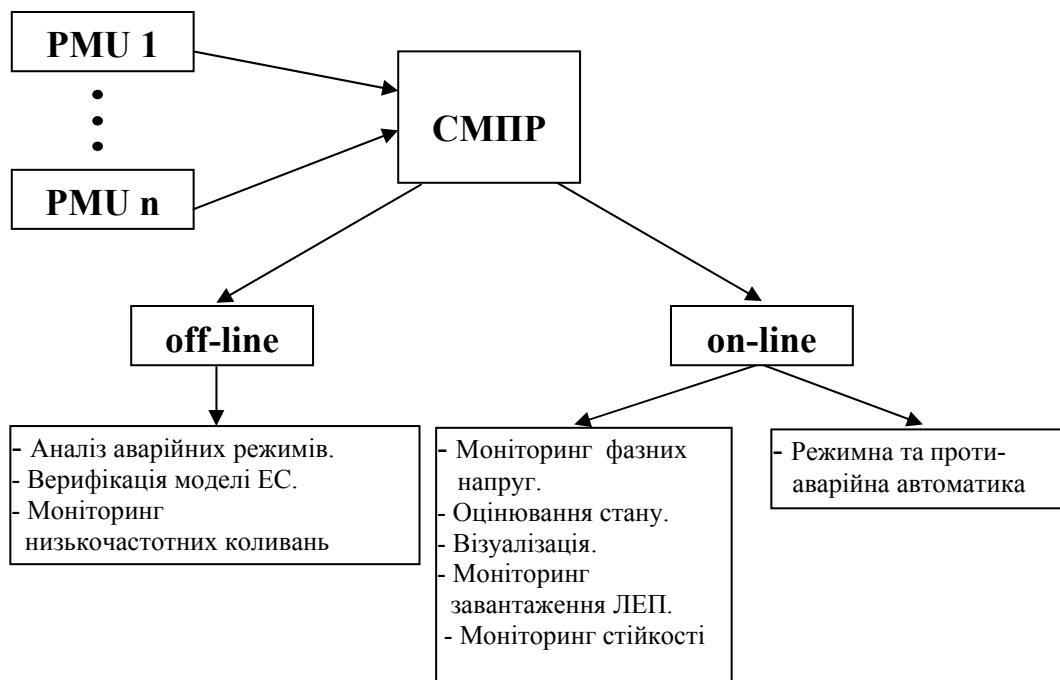


Рис. 2

Синхронізація в часі, реєстрація і архівація дискретних подій, що надходять від ЕО (підстанцій, електростанцій), дають змогу аналізувати коректність роботи системної автоматики.

До основних технічних характеристик та показників РП «Регіна-Ч» слід віднести час відновлення всього набору даних, що передаються від БВП на сервер і становить 20 мс; інтервал розрахунку середніх значень даних БВП – від одного до 50 періодів частоти мережі з кроком в один період та кількість аналогових входів – один перетворювач забезпечує прийом і вимірювання чотирьох струмів (три фази і нейтраль) і трьох напруг фаз відносно нуля.

Прилад забезпечує при переході на реєстрацію перехідних режимів швидкість вимірювання частоти від 5 мГц/с. При цьому забезпечується можливість формування архівів на сервері з кроком 0,005 Гц, якщо швидкість зміни частоти (зменшення чи збільшення частоти) перевищує уставку 0,005...2 Гц/с чи якщо діюче значення будь-якої з фазних напруг нижче уставки (величина уставки береться з діапазону 0...120 %). Тривалість архівних записів від-

повідно складає при записі параметрів режиму до аварії – 100 с; аварійний процес – до 1000 с. Запис ведеться безперервно протягом 72 год у режимі самописця (циклічність і кількість записуваних параметрів в архівах налаштовується файлом конфігурації). В системі забезпечуються самоконтроль та діагностування справності технічних засобів, передбачена можливість заміни вмонтованого програмного забезпечення в РС та «прив'язка» усієї інформації до сигналів точного часу, що надходять від GPS-приймача, та виведення її на монітор і принтер у вигляді, який потребує персонал (цифрові масиви та текстові повідомлення, графіки та таблиці), а також передача на будь-який рівень ієрархії керування.

Щодо основних метрологічних характеристик слід відзначити, що основна зведена похибка вимірювання і розрахунку електричних величин не перевищує  $\pm 0,5\%$  в діапазоні 0,2...6 А в каналах струму та 0...120 В у каналах напруги; похибка синхронізації вимірювального перетворювача від GPS не перевищує  $\pm 20$  мкс (за наявності секундного імпульсу); абсолютна похибка вимірювання частоти не перевищує  $\pm 0,001$  Гц; абсолютна похибка вимірювання кута вектора напруги між синусоїдою напруги мережі і синусоїдою 50 Гц, «прив'язаною» до астрономічного часу, складає не більше  $\pm 1$  град.

Систему обладнано апаратурою для передачі вимірних та розрахованих значень виділений або комутованим каналом зв'язку. Результати синхронізованих вимірювань та обробки інформації записуються та передаються на вищі рівні ієрархії керування (в ДЦ ЕС та ОЕС України). Аварійна експрес-інформація передається на верхні рівні ієрархії за ініціативою системи моніторингу, не чекаючи запиту.

Прилад «Регіна-Ч» не має жорстких функціональних обмежень і може використовуватись у складі інформаційно-вимірювальних та керуючих систем різного призначення. Це дозволяє, використовуючи якісно нову інформацію у поєднанні з функціональними можливостями ієрархічного оперативно-керуючого комплексу (ІОКК) автоматизованої системи диспетчерського керування (АСДК) ОЕС України, забезпечити розв'язання широкого спектра задач оперативного керування.

Визначення місць розташування РМУ (РП «Регіна-Ч») для створення СМІР з метою одержання інформації, яка забезпечить розв'язання комплексу задач оперативного керування ЕО України, є самостійною задачею. Від вибору місць розташування РМУ залежить як можливість виявлення оперативно-диспетчерським персоналом випадків виникнення аномальних режимів, так і можливість розв'язання задач керування режимами ЕС. Тому крім створення системи одержання якісно нової інформації потребує розв'язання основна задача – створення засобів (зокрема моделей) для використання синхронізованих вимірювань режимних параметрів. Мова йде про величини векторів напруги. Це дозволяє одержати розв'язки найбільш актуальних задач, наприклад, задачі визначення допустимості поточних режимів за запасом статичної стійкості. Але зазначену задачу не можна розв'язувати не прив'язавшись до задачі вибору місць розташування РП «Регіна-Ч» на об'єктах ОЕС України. Тому досягти максимальної ефективності від створення та використання СМІР можливо лише за умов системного використання інформації, яка надходить від РМУ, що потребує і відповідного (оптимального) розташування таких пристроїв [1, 2, 5].

З огляду на велику різноманітність режимів та змін у топології електричної мережі, відмінностях в інформаційних потребах задач, які наразі розв'язуються засобами ІОКК та будуть розв'язані завдяки надходженню синхронізованих вимірів режимних параметрів, задачу визначення місць розташування РМУ складно формалізувати, проте вже одержано результати, які свідчать про можливість і доцільність використання запропонованого підходу до її розв'язання [5]. Задачі, розв'язання яких стає можливим завдяки інформації, одержуваній від систем моніторингу, реалізованих на базі РП «Регіна-Ч», можна поділити на задачі, пов'язані з аналізом подій, що відбулися в ЕС, та задачі, що безпосередньо стосуються реалізації процесу керування.

Задачі, пов'язані з аналізом, виконуються в режимі *off-line* на базі одержаної «синхронізованої» інформації, яка стосується подій, що мали місце. Завдяки наявності «позначок часу», перш за все біля дискретних сигналів функціонування пристроїв релейного захисту та автома-

тики (РЗА) та комутаційних апаратів, значно спрощується аналіз послідовності подій, причин та наслідків технологічних порушень і аварій, які мали місце. Результати такого аналізу дозволяють встановити правильність функціонування (і відповідно настройки) пристроїв РЗА.

Зареєстрована РП «Регіна-Ч» інформація надає можливість верифікації динамічних моделей ЕС. Завдяки можливості визначення з високою точністю частоти та швидкості її зміни в різних точках ОЕС України з'являється можливість визначення динамічних характеристик ОЕС. З використанням інформації, яка надається СМІР, можна уточнити значення крутизни частотної характеристики ОЕС України, однієї з найважливіших її динамічних характеристик, що безпосередньо враховується в процесі оперативного керування, оскільки саме ця характеристика свідчить про спроможність ЕС відновлювати порушення балансу активної потужності і забезпечувати утримання частоти в допустимих межах. Згідно з вимогами USTE, раптове виникнення у синхронній зоні аварійного небалансу активної потужності величиною в 3000 МВт не повинно призводити до відхилення частоти понад 180 мГц, причому зазначене відхилення мусить бути компенсовано лише самим *первинним* регулюванням, без використання інших керуючих впливів. Тому одержання інформації щодо крутизни частотної характеристики важливо і в аспекті інтеграції ОЕС України в USTE, оскільки дозволяє завчасно визначити рівень відповідності системи первинного регулювання ОЕС України вимогам USTE (середнє значення крутизни частотної характеристики енергооб'єднання Західної Європи становить 25000 МВт/Гц).

Виконання вимог щодо вимірювання частоти синусоїдального сигналу з абсолютною похибкою, що не перевищує  $\pm 0,001$  Гц, можливе лише за умови правильного і раціонального вибору частоти дискретизації сигналу з подальшою апроксимацією переходів синусоїди через нуль, що забезпечує задану точність вимірювань. У результаті досліджень було встановлено, що найприйнятнішою для вимірювання частоти синусоїдального сигналу є частота дискретизації 5 кГц з подальшою апроксимацією переходів синусоїди через нуль степеневим поліномом третього порядку. Перед апроксимацією сигнал піддається фільтрації, в результаті чого виділяється його перша гармоніка, яка і використовується. Діапазон частот, що нормовані для РП «Регіна-Ч», знаходиться в межах від 45 до 55 Гц.

Задачі, які безпосередньо пов'язані з оперативним керуванням і виконуються в режимі *on-line*, можна поділити на задачі моніторингу та задачі оцінювання поточних режимів. Завдяки можливості візуалізації інформації щодо поточного режиму ОЕС України, одержаної від систем моніторингу різних електроенергетичних об'єктів, диспетчерський персонал має можливість контролювати та правильно його оцінювати. Особливо важливе значення для розв'язання задач оцінювання та діагностування режимів ЕС мають синхронізовані вимірювання фазних кутів напруги, практичне одержання та використання яких із впровадженням РП «Регіна-Ч» стало можливим.

Фазні кути напруги на системах шин підстанцій є найбільш «важливими» змінними вектора стану, оскільки ці кути пов'язані з межами статичної стійкості, перетоком потужності по ЛЕП. Постійна реєстрація синхронізованих змінних стану системи (включаючи фазні кути) дозволяє також проводити верифікацію і уточнення розрахункових моделей мережі і результатів математичного моделювання.

Таким чином, володіючи точними синхронізованими параметрами режиму, легко визначити й інші параметри мережі.

Аналіз архівів синхронізованих вимірювань фазних кутів у «ключових» точках ЕС до і після аварійних відключень (блоків, ліній) дає змогу також сформулювати висновки щодо наявності резервів в енергосистемі для реагування на різні порушення режиму.

Внаслідок того, що СМІР дозволяє отримати раніше недоступну інформацію про значення точно виміряних фазних кутів напруги у різних точках ОЕС України, з'являється інформаційна база для принципового вдосконалення систем підтримки диспетчера в аварійних ситуаціях і, надалі, систем автоматизованого протиаварійного управління режимами.

Першим кроком у цьому напрямі, на наш погляд, може бути створення на базі синхронізованих вимірювань з ЕО, ЕС бібліотеки алгоритмів, що ідентифікують різні аварійні й близькі до аварійних ситуації, такі як поділ системи, коливання, наближення до граничних

меж потужності, що передається по перетинах, та ін. Один з перспективних підходів до розв'язання цієї задачі може бути знайдений на шляху застосування теорії розпізнавання образів і технологій штучних нейронних мереж.

Наслідком використання даних, що надходять з РП «Регіна – Ч» у нормальних режимах, є покращення результатів розв'язання задачі оцінювання стану ЕС (завдяки використанню вимірів фазових кутів напруги) в ІОКК АСДК, призначеному для комплексного розв'язання задач оперативного розрахунку і оптимізації поточних режимів, у тому числі в умовах неповноти та невисокої точності вихідної інформації.

Однією із задач, розв'язання якої на базі системи проблемно-орієнтованого моніторингу сприяє підвищенню ефективності режимів ОЕС України, є задача забезпечення ефективного використання пропускнуої спроможності міждержавних та внутрішніх електричних зв'язків ОЕС України. Ефективність використання пропускнуої спроможності перетинів основної електричної мережі ОЕС України залежить від можливості реалізації режимів з максимальними перетоками активної потужності за умови, що величини перетоків ще залишаються допустимими з точки зору порушення стійкості ОЕС. Обмеження зазначених перетоків обумовлюється вимогами забезпечення стійкості ОЕС України у відповідності з чинними керівними вказівками [4], якими передбачено визначення максимально допустимих перетоків активної потужності в контрольованих перетинах, виходячи з найбільш несприятливих (в аспекті запасів стійкості) змін режимів. У результаті для кожного перетину використовується мінімальне з усіх значень максимально допустимих перетоків, одержаних у результаті об'єднання режимів у різний спосіб. Використання синхронізованих вимірювань векторів напруги дало підстави для створення у формі поліному Колмогорова-Габоора моделей моніторингу допустимості поточних режимів ОЕС за запасами статичної стійкості [4–6],

Зазначені моделі забезпечують можливість класифікації режимів в *on-line* режимі надходження інформації від РП «Регіна-Ч», розташованих на заздалегідь визначених об'єктах ОЕС України.

Використання СМПР разом з іншими задачами дає змогу також вирішити проблему моніторингу низькочастотних коливань режимних параметрів з метою унеможливлення коливального порушення стійкості [5]. Загроза коливального порушення стійкості ЕО виникає внаслідок зростання у часі амплітуди таких коливань. Небезпечні низькочастотні коливання пов'язані з протифазними коливаннями на домінуючих власних частотах ЕО (домінуючі власні частоти «належать» домінуючим модам) певних груп синхронних машин (СМ). Вони можуть виникати при появі навіть малих збурних сил, періодична зміна яких відбуватиметься з частотою, близькою до однієї із домінуючих власних частот ЕО. Внески таких домінуючих мод у результуючі амплітуди коливань режимних параметрів ЕО будуть значно більшими від внесків інших мод. Тому сам факт об'єднання ЕС на паралельну роботу (прикладом чого є підготовка ОЕС України до паралельної роботи з УСТЕ) априорі є тим чинником, який може призводити до зміни характеру проблеми стійкості, найбільш суттєво впливаючи на умови функціонування, перш за все, міжсистемних електричних зв'язків.

Таким чином, були визначені основні критерії вибору місць розташування засобів СМПР. По-перше, забезпечення спостережуваності, вирішення задач візуалізації, аналізу (*on-line*) та оцінювання стану ЕС з необхідною точністю та за умови достатньої обґрунтованості рішень, що приймаються. По-друге, можливість оцінки допустимості плинного режиму за критерієм забезпечення запасу статичної аперіодичної стійкості за активною потужністю в найбільш «слабких» перетинах ОЕС України. І, зрештою, необхідність попередження небезпечного збільшення амплітуд низькочастотних коливань режимних параметрів, що призводить до коливального порушення стійкості ЕС.

Для дослідження режимів роботи ЕС крім їх моделювання традиційно використовуються натурні експерименти – як пасивні (до таких можна зарахувати і контрольні вимірювання режимних параметрів ЕО у період зимового максимуму та літнього мінімуму навантажень, результати обробки яких використовуються як інформаційна основа для планування електричних режимів), так і активні. Натурні експерименти завжди слугували засобом пере-

вірки адекватності моделей ЕС, їх здатності відтворювати реальну «поведінку» ЕС. Інша справа, не всі результати моделювання можуть бути перевірені шляхом безпосередніх, прямих натурних випробувань. Тому дослідження режимів ЕС шляхом поєднання математичного моделювання та натурних (пасивних і активних) експериментів залишається до цього часу найбільш конструктивним шляхом одержання інформації щодо властивостей ЕС, їхньої «поведінки» при виникненні різних схемно-режимних умов.

При цьому важлива роль відводиться дослідженню умов виникнення низькочастотних коливань режимних параметрів, які безпосередньо пов'язані з динамічними властивостями ЕО, що «проявляються», перш за все, через домінуючі власні частоти ЕС. Визначення таких частот для базових схемно-режимних умов функціонування ОЕС України є лише першою в низці задач, метою розв'язання яких є забезпечення ефективного демпфірування небезпечних коливань режимних параметрів та унеможливлення коливального порушення стійкості ЕЕО. Крім того, попереднє визначення згаданих вище груп СМ (протифазні коливання яких можуть відбуватися на домінуючих власних частотах) впливає і на вибір місць розташування пристроїв синхронізованих вимірювань режимних параметрів (перш за все, векторів напруги в різних точках ЕО).

Вичерпну відповідь (за винятком особливих випадків за О.М. Ляпуновим) щодо стійкості «в малому» та частот власних коливань вільного руху ЕС за відповідного усталеного режиму можна одержати в результаті визначення власних чисел характеристичної матриці, що відповідає запису в нормальній формі лінеаризованих рівнянь збуреного руху ЕС. Проте можливий і інший підхід, який, на відміну від зазначеного вище, крім визначення (*off-line*) власних частот ЕО передбачає також можливість використання обчислювальних процедур обробки інформації (*on-line*) при створенні засобів контролю параметрів поточних режимів з метою убезпечення коливального порушення стійкості ЕС.

За реальних умов функціонування ЕС моніторинг їх домінуючих власних частот (в аспекті виявлення загрози коливального порушення стійкості ЕС) можна забезпечити шляхом спектрального аналізу вибірок даних – результатів «синхронізованого моніторингу» режимних параметрів, що стосуються тих ліній електропередачі (ЛЕП), по різні боки яких (в різних частинах ЕС) знаходяться згадувані вище групи СМ. Проте це потребує попереднього (*off-line*) визначення як домінуючих власних частот, так і відповідних ЛЕП ЕС.

Для досягнення зазначеної мети перевірено можливість одержання інформації про домінуючі власні частоти ЕС та ЛЕП, що розділяють відповідні групи СМ, шляхом спектрального аналізу вибірок миттєвих значень режимних параметрів, одержаних у результаті моделювання електромеханічних перехідних процесів в ЕС. Зазначені процеси обумовлювалися виникненням малих збурень в електричній мережі ЕС. Одержані в результаті такого моделювання вибірки даних містять інформацію, яка позбавлена впливу різних чинників, що мають місце за реальних умов функціонування ЕС. Слід зазначити, що у вибірках даних, які формуються під час «синхронізованого моніторингу» режимних параметрів, відтворюється вплив багатьох чинників. Це потребувало додаткового дослідження різних методів спектрального аналізу в аспекті їх придатності для використання в *on-line* режимі функціонування системи моніторингу. Мова йде про дослідження їх швидкодії та «розрізняючої спроможності», особливо необхідної в разі наявності близьких домінуючих власних частот ЕС.

На першому етапі працездатність даного підходу було перевірено на тестових схемах ЕС [2, 5]. Одержані результати дали цілком задовільну збіжність з одержаними раніше (іншими методами) значеннями домінуючих власних частот ЕС. При моделюванні електромеханічних перехідних процесів в ЕС збурення початкового режиму в різних точках ЕС здійснювалося у вигляді трифазних коротких замикань різної тривалості, починаючи з 0,02 с. Тривалість перехідних процесів становила 20 с, крок чисельного інтегрування брався рівним 0,02 с, формування вибірок режимних параметрів здійснювалося з дискретністю 0,02 с. У подальшому даний підхід було також застосовано для перевірки можливості визначення домінуючих власних частот ОЕС України [2]. Попередній аналіз одержаних результатів дав можливість виділити окремі домінуючі власні частоти, які присутні в частотному спектрі коливань

потоків активної потужності по ЛЕП, що входять до складу різних контрольованих перетинів електричної мережі ОЕС України.

У подальшому при виконанні більш масштабних досліджень електромеханічних перехідних процесів в ОЕС України з'являються підстави для визначення перетинів основної мережі, які в першу чергу потребуватимуть реалізації «синхронізованого моніторингу» режимних параметрів і таким чином будуть розширені місця встановлення РМУ.

В НЕК «Укренерго» за досвітом експлуатації вважають найбільш напруженими, за тих чи інших умов, зокрема, у ремонтних режимах, шість основних перетинів ОЕС України. Це перетин Захід–Вінниця, який забезпечує видачу потужності Хмельницької та Рівненської АЕС у дефіцитний регіон і далі на схід; Вінниця – Південно-Українська АЕС; південний перетин, який відділяє від ОЕС частину Дніпровської та Південної енергосистеми з Кримською енергосистемою; зв'язки ОЕС – Одеса з Молдовою та ОЕС – Крим і, зрештою, Дніпро – Донбас.

Крім зазначених вище першочергових задач, розв'язання яких стає можливим внаслідок створення і впровадження СМІР, з'являється також можливість реалізації моніторингу (перш за все, відповідних моделей) допустимості поточних режимів за умовою забезпечення динамічної стійкості і тепер вже практично може ставитися питання про створення якісно нових систем протиаварійної автоматики.

Таким чином, беручи до уваги зазначене вище, перший етап масштабного впровадження РМУ в ОЕС України був підпорядкований розв'язанню найбільш актуальних задач оперативного керування шляхом створення засобів та елементів проблемно-орієнтованої системи моніторингу її режимів [1, 2]. До таких задач слід віднести оцінювання стану ЕС та ОЕС України, визначення допустимості плинних режимів ОЕС за запасами статичної стійкості та попередження зростання амплітуд небезпечних в аспекті порушення стійкості низькочастотних коливань режимних параметрів, обумовлених зростанням амплітуд відповідних складових, частоти яких відповідають домінуючим власним частотам вільних коливань ОЕС України.

Відповідно до інформаційних потреб зазначених задач були визначені основні критерії вибору місць розташування засобів СМІР. На рис. 3 вказані місця розстановки реєстраторів для першої черги СМІР.

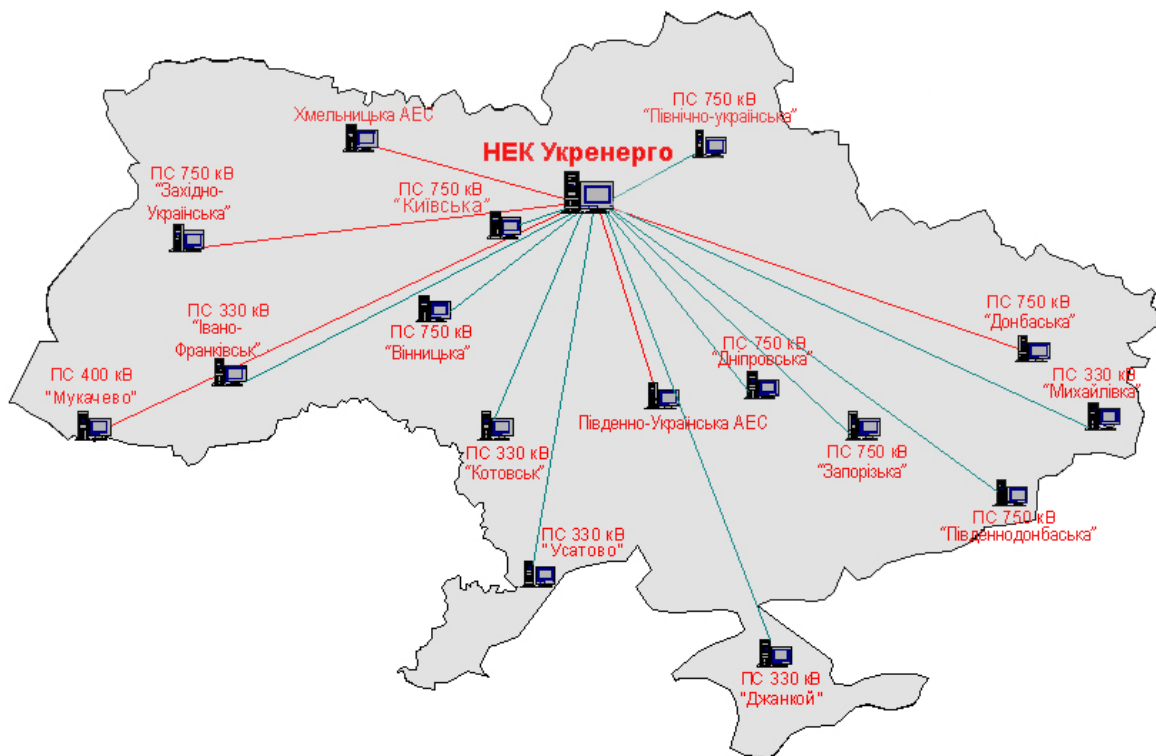


Рис. 3

Впровадження в ОЕС України Р11 «Регіон-Ч» дало змогу створити передумови для розвитку технології організації керування на основі величин, отриманих при організації векторного вимірювання параметрів режимів ЕЕС з високою точністю та дискретністю і з син-



хронізацією вимірювань з використанням супутникової GPS. Це забезпечило можливість надання оперативному персоналу якісно нової інформації (вектори напруги), яка характеризує завантаження ЛЕП, проведення вичерпного аналізу аварійних подій. Використання даних вимірів фазних кутів напруги дозволило значно підвищити надійність АСДК при відмовах окремих каналів одержання інформації; поліпшити обґрунтованість рішень у процесі «відбраковки» результатів вимірювань, які мають значні похибки; підвищити ймовірність прийняття правильних рекомендацій при перевірці стану топології мережі; підвищити стійкість обчислювального процесу за рахунок поліпшення властивостей матриць Якобі (внаслідок використання прямих вимірювань незалежних змінних). Таким чином, більш висока точність додаткових вимірювань сприяла одержанню і більш адекватної оцінки режимів у цілому. В кінцевому результаті створені передумови для розробки та впровадження в ОЕС України СМПР і, таким чином, забезпечена можливість ефективного використання пропускнуої спроможності електричних мереж, визначаючи допустимість поточних режимів за умовою забезпечення їх стійкості.

1. *Буткевич О.Ф., Кириленко О.В.* Першочергові завдання проблемно-орієнтованої системи моніторингу режимів ОЕС України // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2007. – № 597. – С. 129–135.
2. *Стогний Б.С., Буткевич А.Ф., Зорин Е.В., Левконюк А.В., Чижевский В.В.* Проблемно-ориентированный мониторинг режимов энергообъединения // Техн. електродинаміка. – 2008. – №6. – С. 52–59.
3. *Стогний Б.С., Уцаповський К.В., Мольков А.Н., Сопель М.Ф., Павловський В.В., Пилипенко Ю.В.* Система глобального моніторинга, синхронізація і реєстрація системних параметрів ОЭС України – основа нового качества автоматизированного и оперативного управления // Энергетика та електрифікація. – 2006. – №4. – С. 8–11.
4. *ГКД 34.20.575-2002.* Стійкість енергосистем. Керівні вказівки. – К.: КВІЦ, 2002. – 48 с.
5. *Butkevych O., Kyrylenko O.* Power System Operation Control Based on Synchronized Phasor Measurements // Przegląd Elektrotechniczny. – 2008. – № 4. – P. 77–79. (Poland).
6. *UCTE Operation Handbook.* <http://www.ucte.org/>, UCTE, Brussels, 2004.