

ЗАСОБИ ТА ЗАХОДИ, СПРЯМОВАНІ НА ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЮ СИСТЕМНИХ АВАРІЙ

О.Ф. Буткевич, докт. техн. наук, **Н.Ф. Колесникова**, **О.І. Козлова**, **О.А. Литвинова**

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

Представлено деякі результати виконання першого етапу робіт за проектом «Комплекс науково-технічних засобів та заходів з підвищення рівня керованості режимів ОЕС України та запобігання виникненню системних аварій: дослідження та розробки» цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Об'єднання-2». Наведено узагальнені результати дослідження ефективності засобів демпфірування небезпечних низькочастотних коливань режимних параметрів енергосистем. Розглянуто функціональні можливості розробленого програмного забезпечення для виконання автоматизованих розрахунків аварійних режимів складних електричних мереж та вибору уставок релейного захисту. Бібл. 9, рис. 3.

Ключові слова: енергосистема, електрична мережа, низькочастотні коливання, демпфірування, уставка релейного захисту, аварійний режим, програмне забезпечення.

Сьогодні об'єднана енергосистема (ОЕС) України переживає не найкращі часи, оскільки більша частина її генеруючого обладнання фізично зношена та неефективна. Якщо виходити з офіційних статистичних даних, то ще рік тому (станом на кінець 2012 р.) 81 % устаткування ТЕС і ТЕЦ вже перевищило межу фізичного зношення (200 тис. год) і потребувало модернізації або заміни (зношеність устаткування, окрім зменшення надійності функціонування, призводить до зменшення робочої потужності, перевитрат палива та погіршення екологічних показників), а блоки АЕС наближаються до закінчення терміну проектної експлуатації (понад 70 % блоків потребуватимуть подовження терміну експлуатації на найближчі 10 років). Не набагато кращий стан мають і електричні мережі (ЕМ): 42,2 % повітряних ліній (ПЛ) електропередачі напругою 220...330 кВ експлуатуються понад 40 років, 64,4 % основного устаткування трансформаторних підстанцій вичерпали свій розрахунковий технічний ресурс. Значна кількість об'єктів розподільних ЕМ також відпрацювала свій ресурс: 40,5 % ПЛ та 37,6 % трансформаторних підстанцій потребують реконструкції або заміни.

На тлі такого загального стану електроенергетики України все ж мають місце і приклади модернізації та реконструкції існуючих об'єктів ОЕС України та введення в експлуатацію нових об'єктів, продовжується впровадження сучасних мікропроцесорних пристроїв (МП) релейного захисту (РЗ) та автоматики, впроваджуються новітні системи діагностування, моніторингу та ін. Тобто, попри всі складнощі, в ОЕС України з'являються деякі елементи, деякі складові «руху», притаманні ЕС високорозвинутих країн. Наявність же сучасних систем моніторингу, якими в таких ЕС та енергооб'єднаннях (ЕО) є WAMS (аббревіатура від Wide Area Measurement System), дає змогу з використанням синхронізованих вимірів векторів напруги розв'язувати низку актуальних задач системного рівня, до яких належить і задача ідентифікації в реальному часі небезпечних низькочастотних коливань режимних параметрів (НЧК) ЕС та ЕО [3,7,9]. Вона є однією з задач проблеми унеможливлення коливного порушення стійкості ЕС (ЕО) внаслідок виникнення НЧК, яка є актуальною для ЕС та ЕО країн Європи, Америки, а також Китаю, Японії, РФ (Росії) та ін. Крім впливу традиційних чинників (флуктуацій навантажень електроспоживання, якщо вони відбуваються з частотою, близькою до однієї з власних частот ЕО [1], аварійних збурень, комутацій у схемах електричних з'єднань, здійснюваних оперативним персоналом, та ін.) виникненню зазначених коливань сприяє і зростання частки відновлюваних джерел енергії, зокрема вітрових електростанцій у балансі активної потужності ЕС. Ключовим завданням цієї проблеми є демпфірування зазначених НЧК.

Під час виконання частини робіт, передбачених проектом, було проаналізовано та систематизовано особливості застосування існуючих в ЕС та ЕО світу засобів демпфірування НЧК, визначено напрями доцільного використання та розвитку засобів демпфірування НЧК в ОЕС України. Номенклатура засобів, які можуть використовуватися для демпфірування зазначених коливань, досить різноманітна. До таких засобів належать, насамперед, гнучкі керовані системи змінного струму (FACTS), серед яких виділяємо: статичні тиристорні компенсатори; статичні тиристорні компенсатори на базі перетворювачів напруги (вони подібні до синхронних компенсаторів, але безінерційні) та інші різновиди (схеми) тиристорно-керованих пристроїв поздовжньої компенсації (ТКПК), фазоповоротні пристрої; пристрої (схеми) з керованою комбінованою компенсацією; керовані шунтуючі реактори з підмагнічуванням постійним струмом; надпровідні керовані індуктивні накопичувачі енергії, вставки постійного струму, системні стабілізатори (PSS), автоматичні регулятори збудження сильної дії (АРЗ-СД) синхронних машин (СМ). Серед зазначених засобів відсутні автоматичні регулятори частоти обертання турбін (хоча, виходячи з їх призначення, це було б природно), оскільки вони не забезпечують ефективне демпфірування НЧК внаслідок невисокої швидкодії. Засоби FACTS мають різні вартість та призначення, не обмежуючись демпфіруванням НЧК ЕС: більшість засобів FACTS, залежно від режиму функціонування пристрою, призначено для стабілізації напруги та регулювання (підтримки) потоку не лише активної, але і реактивної потужностей по ПЛ електропередачі. У порівнянні з іншими засобами FACTS, ТКПК є досить ефективними щодо демпфірування низькочастотних коливань режимних параметрів ЕС. На жаль, як ТКПК, так і інші зазначені засоби (не лише FACTS) ще не набули поширення в ОЕС України (насамперед, внаслідок поки що відносно високої вартості), а основними засобами, які знаходяться в експлуатації і можуть забезпечувати ефективне демпфірування НЧК, залишаються системи автоматичного керування збудженням (САКЗ) СМ з АРЗ-СД та системними стабілізаторами PSS (останні входять до складу САКЗ, що експлуатуються в ЕС багатьох країн світу).

Під час виконання цієї частини робіт проекту було проаналізовано методи оцінки показників демпфірування коливань режимних параметрів ЕС, що базуються на модальному аналізі та ідентифікації. З використанням передавальних функцій оглядовості та керованості розглянуто вплив САКЗ СМ на показники демпфірування коливань режимних параметрів ЕС. Було розроблено та налагоджено моделі для виконання розрахунково-експериментальних досліджень впливу завантаження міжсистемних зв'язків ЕС та значень параметрів САКЗ СМ на виникнення НЧК режимних параметрів в ЕС (на рис. 1 представлено приклад виникнення незгасаючих НЧК потоку активної потужності по ПЛ, що з'єднує частини модельованої ЕС), досліджено структури САКЗ СМ в аспекті ефективності демпфірування коливань параметрів режиму ЕС.

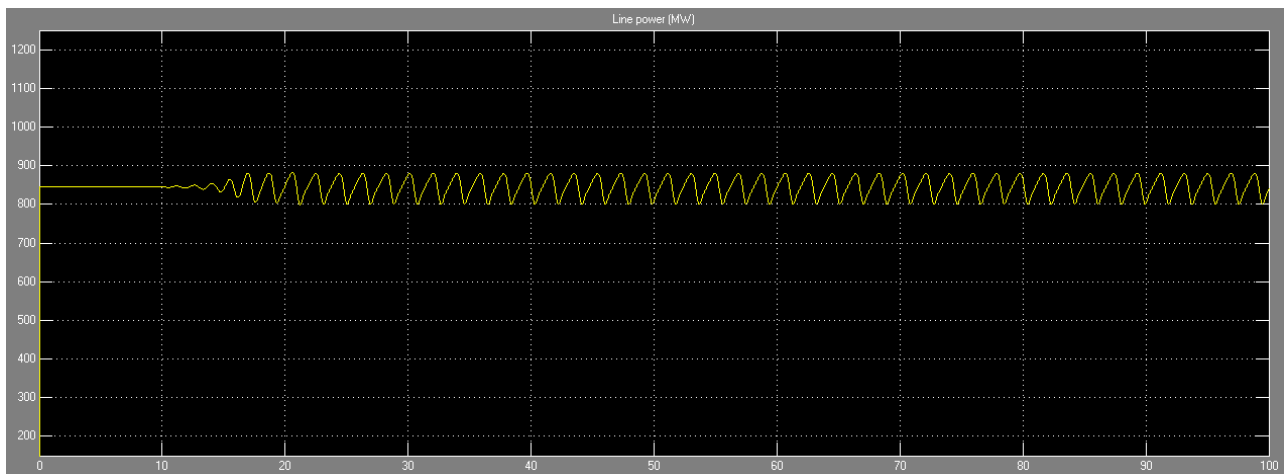


Рис. 1

Виконано порівняльний аналіз засобів демпфірування НЧК ЕС, зокрема проаналізовано особливості структур САКЗ СМ, представлених у стандарті IEEE Std3.421.5-2005 [8], зокрема AC1A, AC4A, AC5A, DC1A, DC2A, ST1A, ST2A, ST4B, ST5B, ST6B та PSS типів: PSS2B, PSS3B, PSS4B. Кожна така структура САКЗ відповідає певній технічній реалізації САКЗ СМ, орієнтованій на системи збудження певного типу, однак в експлуатаційній практиці під час моделювання режимів ЕС іноді використовують деякі узагальнення та спрощення моделей САКЗ СМ. Тому метою зазначеного аналізу було, насамперед, одержання оцінок впливу моделей САКЗ на “поведінку” ЕС. Результати експериментально-модельної перевірки показали, що серед зазначених моделей краще себе зарекомендували щодо можливостей налагодження для забезпечення стійкості ЕС моделі САКЗ типу ST4B разом з PSS2B та ST5B з PSS4B. Суттєвими “плюсами” PSS є можливість компенсації фазового запізнювання між виходом збудника і електричним моментом СМ та можливість забезпечення його селективності для демпфірування певних небезпечних мод НЧК. Власне, завдяки цьому і забезпечується ефективність САКЗ з PSS щодо демпфірування НЧК. Зроблено порівняння закордонних структур САКЗ СМ та тих, що використовуються в країнах пострадянського простору, зокрема в Україні. Насамперед, це стосується САКЗ з АРЗ-СД СМ. Підготовлено тестові схеми та моделі ЕС для виконання експериментально-розрахункових досліджень, які дали змогу дослідити вплив різних чинників на виникнення та ефективність демпфірування НЧК ЕС.

Порівняльний аналіз результатів виконаних досліджень підтвердив наявність проблеми ефективного налагодження САКЗ СМ в багатомашинній ЕС для демпфірування небезпечних НЧК ЕС, яка не є тривіальною. У разі традиційного налагодження АРЗ-СД СМ в ЕС проблеми, пов’язані з виникненням низькочастотних електромеханічних коливань окремих груп СМ, залишаються “поза увагою”: зазвичай для налагодження САКЗ СМ використовують модель одночастотного руху “СМ – ШНП”, в якій “представництво” ЕС обмежується шинами нескінченної потужності (ШНП), і перевірка результатів налагодження та функціонування САКЗ конкретних СМ у складі відповідної моделі ЕС не завжди спроможна виявити небажані “системні” ефекти.

З урахуванням поточного стану та перспектив розвитку ОЕС України комплексна проблема демпфірування НЧК та забезпечення її стійкості має вирішуватися в напрямках ефективного використання в структурах САКЗ СМ як «системної» інформації, так і локальної.

Підвищення адаптивності та ефективності САКЗ СМ має досягатися у різний спосіб:

- вибіркоким налагодженням певних (попередньо визначених) АРЗ-СД СМ для демпфірування деяких низькочастотних мод;
- на базі використання «системної» інформації, одержуваної від WAMS або систем автоматичного керування WACS (аббревіатура від Wide-Area Control System), які будуть створені на базі сучасних електровимірвальних реєструючих пристроїв “Регіна-С” [2, 6] з урахуванням характеристик каналів передачі інформації;
- розробленням ефективніших структур САКЗ СМ, що характеризуються обмеженою кількістю вхідних сигналів і використанням параметрів магнітного поля в зазорі СМ для стабілізації руху ротора, надання САКЗ властивостей робастності та адаптивності як до зміни параметрів СМ, так і ЕС.

У зв’язку зі змінами, які відбуваються в ЕМ ОЕС України, насамперед, внаслідок збільшення кількості приєднань споживачів до ЕМ та впровадження в ЕМ сучасних МП РЗ та автоматики, про що йшлося вище, виникла потреба детальнішого урахування елементів ЕМ 110...750 кВ під час розрахунків аварійних режимів та уставок типових РЗ і МП захистів REL670, 7SA522 та інших для ПЛ та автотрансформаторів (АТ) складнозамкнених ЕМ. Схеми ЕМ напруги 110...750 кВ, які використовують служби релейного захисту та автоматики (СРЗА) ДП «НЕК «Укренерго» та регіональних ЕС України для розрахунків аварійних режимів і уставок різних захистів, містять понад 2900 вузлів. Для виконання таких розрахунків в ЕС України використовують програмний комплекс V-VI-50, розрахований на використання схем ЕМ, до складу яких входять не більше 3000 вузлів [5], що не дає змоги враховувати всі необхідні (виходячи з нових потреб експлуатації) елементи ЕМ напруги 110...750 кВ. До та-

ких елементів належать, наприклад, шини усіх ступенів напруги трансформаторів та АТ, схеми секціонування та ін., що необхідно для розрахунків і узгодження уставок МП захистів, введення проміжних вузлів на ПЛ 110 кВ для можливості детального відображення ділянок із взаємною індукцією (останнє необхідно не лише для розрахунків та узгодження уставок МП захистів, а і для уточненого визначення місця пошкодження в ЕМ). Під час експлуатації ЕС виникає потреба в регулярних розрахунках струмів коротких замикань (КЗ), складних несиметрій, розрахунків уставок типових захистів (струмових захистів нульової послідовності від замикань на землю, дистанційних захистів (ДЗ) та міжфазних струмових відсічок від міжфазних КЗ, розрахунків уставок МП захистів (від замикань на землю, від міжфазних та інших видів КЗ), розрахунків еквівалентів та ін., але наявний в експлуатації програмний комплекс V-VI-50 вже не може задовольнити такі потреби. Тому розробленню моделей та програм розрахунку аварійних режимів та уставок типових та МП захистів, які б відповідали новим потребам експлуатації і забезпечували розрахунки з використанням схем ЕМ, до складу яких входять не більше 10 000 вузлів (далі скорочено – схеми ЕМ до 10 000 вузлів), було підпорядковано іншу частину робіт, передбачених проектом. У результаті їх виконання було розроблено такі технологічні програми:

- послідовного коригування, «розмноження», порівняння та видачі інформації щодо базових інформаційно-математичних моделей складних ЕМ (БММ);
- одночасного коригування даних стосовно усіх послідовностей, «розмноження» даних, порівняння та видачі довідкової інформації стосовно БММ;
- програмний модуль автоматичної трансформації існуючих БММ, орієнтованих на схеми ЕМ до 3 000 вузлів, у БММ схеми ЕМ до 10 000 вузлів (передбачається «розширення-наповнення» БММ додатковою інформацією завдяки детальнішому поданню схем ЕМ); повномасштабну верифікацію модуля здійснено під час трансформації БММ ЕМ Дніпровської та інших ЕС;
- програма автоматизованих розрахунків еквівалентів стосовно «розрахункових» районів ЕМ (фрагментів ЕМ, в яких моделюються аварійні пошкодження);
- автоматизованих розрахунків еквівалентів та аварійних параметрів КЗ у вузлах ЕМ;
- автоматизованих розрахунків аварійних параметрів режимів КЗ в автоматично сформованих «розрахункових» районах ЕМ;
- автоматизованих розрахунків складнонесиметричних режимів в автоматично сформованих «розрахункових» районах ЕМ з урахуванням навантажувальних режимів та перехідних процесів;
- автоматизованих розрахунків уставок типових струмових захистів нульової послідовності (СЗНП) від замикань на землю;
- автоматизованих розрахунків уставок типових дистанційних захистів (ДЗ) від міжфазних КЗ;
- автоматизованих розрахунків уставок міжфазних струмових відсічок (МСВ) від міжфазних КЗ.

Розроблені програмні засоби об'єднано в *Комплекс*, який забезпечує можливість автоматизованого виконання зазначених вище розрахунків для схем ЕМ до 10000 вузлів. Під час розрахунків враховуються: відмінності (різні значення) електрорушійних сил (ЕРС) у схемах прямої послідовності; складні індуктивні зв'язки ПЛ у схемах нульової послідовності; коефіцієнти трансформації трансформаторів та АТ; ємнісні провідності та шунтуючі реактори на ПЛ 400...750 кВ; комплексні опори елементів ЕМ; складні з'єднання елементів, що мають нульовий опір (вимикачі, роз'єднувачі та ін.); параметри навантажувальних режимів та перехідних процесів за різних умов вибору уставок та аналізу спрацьовування РЗ. Всі згадані вище види розрахунків з урахуванням впливу зазначених чинників виконуються на основі БММ відповідної ЕМ, що постійно зберігається у зовнішній пам'яті (на жорсткому диску).

БММ містить інформацію про схеми прямої та нульової послідовностей ЕМ, а також необхідні характеристики вузлів, які знаходяться в базовій моделі найменувань вузлів (БМН), яка є складовою БММ. До складу інформації БММ входять також дані про вітки схе-

ми ЕМ та матриці узагальнених вузлових параметрів по кожній з послідовностей (\bar{G}_{mn} , де m – кількість вузлів, а n – кількість відповідних параметрів), а для схем прямої послідовності – також і доаварійні значення напруги вузлів. Під час формування та використання БММ враховується розрідженість вихідних та перетворених за Гаусом матриць вузлових провідностей.

На рис. 2, як приклад, представлено одну із форм надання користувачеві результатів розрахунку доаварійних значень напруги: ліва частина містить фрагмент протоколу виконання операцій з БММ, а права – фрагмент результатів виконання зазначених операцій.

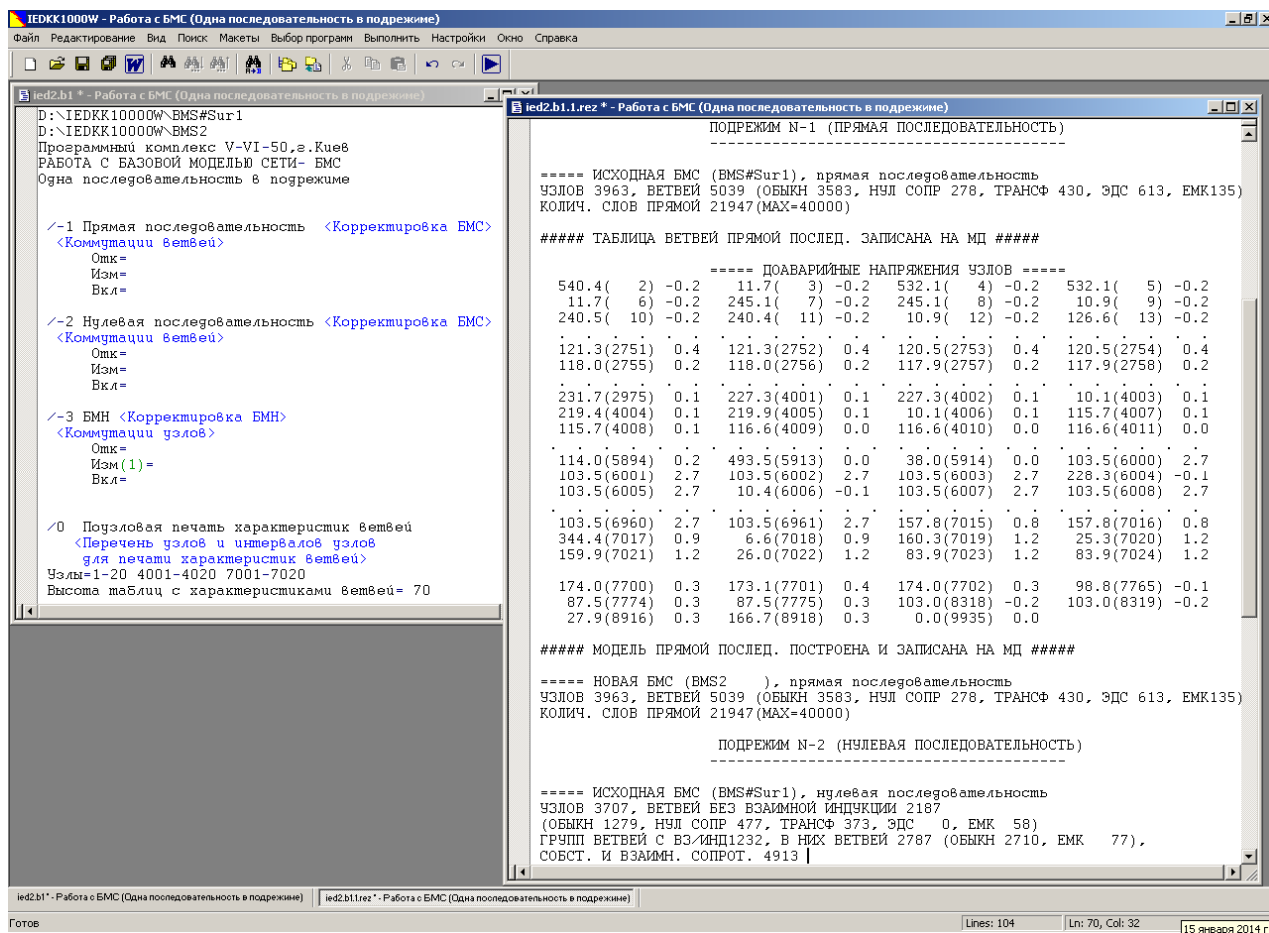


Рис. 2

Коригування БММ виконується у спеціальному «радикальному» підрежимі, що містить очікувані (які враховуються під час моделювання) трифазні комутації елементів ЕМ. У Комплексі передбачено такі види комутацій: підключення, відключення, відключення і заземлення елементів і зміна їхніх ідентифікаторів та параметрів (поздовжніх опорів, поперечних провідностей, коефіцієнтів трансформації та ЕРС), введення й видалення вузлів в БМН і зміна в БМН їхніх типів та найменувань. Забезпечена також можливість автоматизованого введення в БММ проміжних вузлів на ПЛ: у БММ «фіксуються» такі проміжні вузли (раніше відсутні) на вітках, що заміщують відповідні ПЛ ЕМ (або їх «коридори»), на яких потрібно в явному вигляді вказати відповідні стаціонарні проміжні вузли, у тому числі на ПЛ з ємнісною провідністю і «складною» взаємною індукцією. Така комутація в «радикальному» підрежимі потрібна під час врахування в БММ фактичних «топологічних» змін ПЛ, наприклад, у зв'язку з появою на ПЛ різного роду відгалужень, транзитних підстанцій та ін. Вона забезпечує можливість реалізації автоматичного моделювання КЗ уздовж ПЛ у відсутніх в БММ «плаваючих» проміжних вузлах та визначення місця КЗ.

Передбачено можливість виконання автоматизованих розрахунків доаварійних струмів в усіх генераторних вітках БММ та доаварійної напруги у вузлах їх приєднань, а також

для заданих вузлів – розрахунки доаварійної напруги цих вузлів та доаварійних струмів в елементах, приєднаних до них. Такі розрахунки призначено, насамперед, для виявлення небалансу вихідного доаварійного режиму БММ: за результатами розрахунків може бути оцінено ступінь «розбалансованості» вихідного режиму БММ та встановлено її причини. Якщо небаланси суттєві, вони можуть бути мінімізовані зміною ЕРС генераторів та коефіцієнтів трансформації трансформаторів і АТ.

Засоби *Комплексу* забезпечують виконання розрахунків параметрів режимів для всіх видів КЗ і в різних поєднаннях, розрахунки виконуються як для вибору уставок РЗ, так і для вибору обладнання.

В основу розробленого програмного забезпечення розрахунків аварійних режимів ЕС, вибору уставок РЗ покладено методу, що базується на використанні методу вузлових напруг та методу симетричних складових. Вона дає змогу ефективно використовувати локальний характер аварій у багатоваріантних розрахунках, для кожного з них реалізується ієрархічне математичне моделювання складної ЕМ з подвійним її еквівалентуванням: БММ еквівалентується до базової математичної моделі району (БМР), БМР – до базової математичної моделі частини району (БМЧР). Незважаючи на значну кількість підрежимів, кожний з таких розрахунків охоплює, як правило, відносно невеликий «розрахунковий» район ЕМ, оперування яким під час виконання необхідних багатоваріантних розрахунків є ефективнішим (за критерієм тривалості розрахунків), ніж оперування всією ЕМ (особливо, якщо враховувати значне «розширення» БММ у разі використання схем ЕМ до 10 000 вузлів).

Трифазні комутації підрежиму, що розглядається, автоматично враховуються безпосередньо в БМЧР, «охоплюваного» цим підрежимом.

Використовуючи принципи виконання розрахунків з застосуванням БМЧР [4], розроблено такі програми (їх інтегровано до *Комплексу*): Варіантних розрахунків параметрів режимів КЗ в районі; Варіантних розрахунків складних несиметрій; Варіантних розрахунків уставок СЗНП; Варіантних розрахунків уставок ДЗ; Варіантних розрахунків уставок МСВ.

Для кожного РЗ розрахунки параметрів режимів КЗ і перевірки уставок реалізуються кожною програмою індивідуально. Вихідна інформація для розрахунків і перевірки РЗ формується за ієрархічним принципом з використанням спеціальних *макетів завдань*, описаних вербально. Наведемо приклади команд, передбачених для кожного захисту: «Узгодження», «Забезпечення необхідної чутливості», «Перевірка чутливості», «Зона охоплення» та ін. Такі команди містять (у макеті завдань) найменування елементів, де моделюється КЗ, та номери розрахункових підрежимів, а також іншу допоміжну інформацію. Команда «Узгодження» додатково містить інформацію про суміжні елементи, їхні захисти та уставки, з якими слід узгоджувати за цією командою вибір уставки ступеня РЗ. Розрахунки та перевірка уставок СЗНП передбачені для чотириступінчастих захистів з можливістю перевірки чутливості реле напряму потужності. Розрахунки і перевірка уставок ДЗ передбачені для триступінчастих, а уставок МСВ – для одноступінчастих захистів.

Оскільки в ЕМ ОЕС України поряд з типовими РЗ використовуються і МП захисти (7SA513, 7SA522, REL521, REL670 та ін.), то це потребувало збільшення кількості як команд «Узгодження» (у макетах завдань команд «Узгодження» містяться дані про суміжні елементи, які стосуються не лише типових, а й МП захистів), так і підрежимів. Потреба узгодження типових та МП захистів змусила зробити команди «Узгодження» різноманітнішими за формою та змістом, також збільшити БМР до 140 вузлів, а БМЧР – до 120 вузлів. Узгодження типових захистів з МП захистами виконується програмами з урахуванням їхніх полігональних характеристик, коефіцієнтів компенсації, дистанційних опорів та ін.

Результати розрахунків, одержані програмами *Комплексу*, записуються в пам'ять, видаються для перегляду та друку у вигляді спеціалізованих таблиць (за кожною із заданих команд), що містять крім безпосередньо результатів розрахунків також і відповідні коментарі, необхідні для прийняття правильних рішень.

На рис. 3 наведено приклад представлення користувачеві *Комплексу* результатів розрахунку уставок СЗНП.

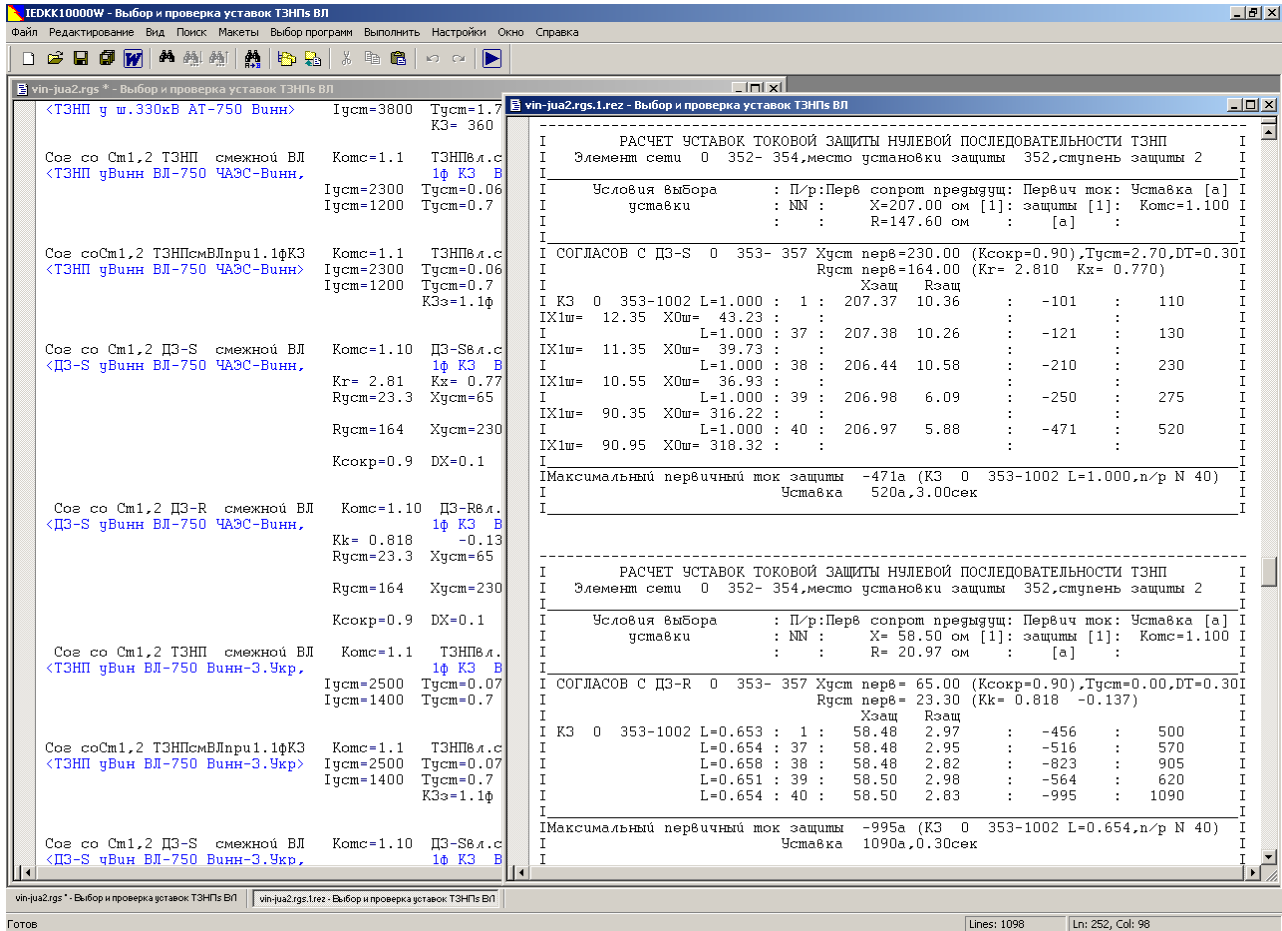


Рис. 3

З використанням БММ ОЕС України (ДП «НЕК «Укренерго»), БММ Дніпровської ЕС та БММ Магістральних ЕМ Західного Сибіру (РФ) проведено тестування розроблених програм *Комплексу*. Результати виконаного тестування свідчать про цілковиту працездатність та ергономічність розроблених програмних засобів.

1. *Буткевич О.Ф.* Проблемно-орієнтований моніторинг режимів ОЕС України // Техн. електродинаміка. – 2007. – № 5. – С. 39–52.
2. *Буткевич О.Ф., Тутик В.Л.* Моніторинг та діагностування електроенергетичних об'єктів та систем України на базі комплексів «Регіна» // Гідроенергетика України. – 2010. – № 3. – С. 46–49.
3. *Буткевич О.Ф., Чижевський В.В.* Виявлення в режимі реального часу небезпеки коливного порушення стійкості об'єднаних енергосистем // Вісн. Вінницького політехн. ін-ту. – 2011. – № 6. – С. 164–167.
4. *Крылов В.А.* Моделирование сложной электрической сети и режимов электроэнергетических систем для выбора уставок микропроцессорных защит фирмы Siemens // Техн. електродинаміка. Темат. вип. «Проблеми сучасної електротехніки». – 2002. – Ч. 1. – С. 97–100.
5. *Крылов В.А., Романенко Н.П., Колесникова Н.Ф., Свирид А.С., Козлова Е.И., Литвинова О.А., Герман А.И.* Комплексное программное обеспечение (V-VI-50ПЗ) автоматизированных расчетов на ПЭВМ аварийных режимов и уставок РЗ в сложных электрических сетях // Техн. електродинаміка. Темат. вип. «Проблеми сучасної електротехніки». – 2006. – Ч. 8. – С. 9–10.
6. *Стогній Б.С., Сопель М.Ф., Слинко В.М. та ін.* Створення технічних засобів системи моніторингу перехідних режимів енергосистем та їх метрологічне забезпечення // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАН України, 2007. – № 1(16). – С. 16–22.
7. *Стогній Б.С., Буткевич А.Ф., Зорин Е.В., Левколюк А.В., Чижевський В.В.* Проблемно-орієнтований моніторинг режимов энергообъединения // Техн. електродинаміка. – 2008. – № 6. – С. 52–59.
8. *IEEE Std 3.421.5-2005* // IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies, 2005. – 85 p.
9. *Kyrylenko O., Butkevych O., Chyzhevskiy V.* Monitoring of operational parameters of interconnected power systems // PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review), R. 88 NR 3a/2012, 25–27.

А.Ф. Буткевич, докт. техн. наук, **Н.Ф. Колесникова**, **Е.И. Козлова**, **О.А. Литвинова**

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

Средства и меры, направленные на предотвращение возникновения системных аварий

Представлены некоторые результаты выполнения первого этапа работ по проекту «Комплекс научно-технических средств и мероприятий по повышению уровня управляемости режимов ОЭС Украины и предотвращения возникновения системных аварий: исследования и разработки» целевой комплексной программы научных исследований НАН Украины «Объединение-2». Представлены обобщенные результаты исследования эффективности средств демпфирования опасных низкочастотных колебаний режимных параметров энергосистем. Рассмотрены функциональные возможности разработанного программного обеспечения для автоматизированных расчетов аварийных режимов сложных электрических сетей и выбора уставок релейной защиты. Библ. 9, рис. 3.

Ключевые слова: энергосистема, электрическая сеть, низкочастотные колебания, демпфирование, уставка релейной защиты, аварийный режим, программное обеспечение.

O.F. Butkevych, **N.F. Kolesnykova**, **O.I. Kozlova**, **O.A. Lytvynova**

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
56, Peremohy avenue, Kyiv-57, 03680, Ukraine

The means and measures aimed at prevent the occurrence of system accidents

Some results of the 1st stage of the works related to the project "Complex scientific and technical facilities and measures to improve the controllability degree of Ukrainian IPS modes and prevention of systemic accidents: researches and development" that belongs to the targeted comprehensive program of scientific researches of NAS of Ukraine "Consolidation-2" are presented. The generalized study results of the means effectiveness to damping of dangerous low-frequency oscillations in the power systems are described. Some features of developed software for automated calculations of emergency modes of complex electrical networks and choice of setpoints of relay protections are examined. References 9, figures 3.

Key words: power system, electrical networks, low-frequency oscillations, damping, setpoint of relay protection, emergency mode, software.

Надійшла 30.01.2014

Received 30.01.2014