

ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ ТА КОМПЛЕКСИ

УДК 621.311

ОПЕРАТИВНИЙ АНАЛІЗ ПІСЛЯВАРІЙНОГО СТАНУ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЗАСОБАМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

О.Ф. Буткевич^{1,2}, докт. техн. наук, **Є.В. Парус**¹, канд. техн. наук

1 – Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, м. Київ, 03057, Україна,
e-mail: butkevych@ied.org.ua

2 – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,
пр. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна

Викладено особливості реалізованого в інтелектуальній системі підходу до розв'язання задачі оперативного аналізу післяаварійного стану розподільних електричних мереж для підтримки рішень диспетчера з відновлення електропостачання. Для розв'язання задачі використовуються телесигнали, що свідчать про спрацьовування вимикачів та засобів релейного захисту і автоматики. Бібл. 4, рис. 4.

Ключові слова: розподільна електрична мережа, аналіз післяаварійного стану, підтримка рішень диспетчера, інтелектуальна система.

Вступ. На поточному етапі інформатизації розподільних електричних мереж (ЕМ) України напругою 110 кВ і нижче практичне виконання багатьох завдань, що забезпечують реалізацію функцій оперативно-диспетчерського керування, здійснюється в умовах неповноти оперативної інформації. Це впливає на оперативність виконання завдань і відповідно на ефективність диспетчерського керування в цілому. Задача оперативного аналізу післяаварійного стану (ПАС) таких ЕМ належить до основних задач диспетчерського керування ЕМ, від результатів розв'язання якої з прийняттям правильних рішень черговим диспетчером (ЧД) ЕМ залежатиме час усунення пошкоджень, що відповідно впливатиме на обсяги недовідпуску електроенергії та матеріальні збитки, обумовлені аварійним знеструмленням споживачів, не кажучи вже про додаткові транспортні витрати (насамперед пального) оперативно-виїзних бригад, обумовлені пошуком місця аварійного пошкодження, «незручності» в соціальній сфері та ін. Певне уявлення про характерні «середньостатистичні» обсяги недовідпуску електроенергії споживачам внаслідок їх аварійних знеструмлень можуть дати, наприклад, дані за перші 7 місяців 2017 року, коли сумарний недовідпуск електроенергії склав 197,3 МВт·год.

Виникненню ПАС ЕМ передують спрацьовування (як і відмови) пристроїв релейного захисту (РЗ) та автоматики (РА теж є одним із видів автоматики електроенергетичних систем), вимикачів, сигналізації, можливі випадки хибного спрацьовування РЗ та відмов окремих засобів прийому-передавання інформації (ЗППІ). Умови аналізу ПАС розподільних ЕМ рівня обленерго, на відміну від системотвірних мереж електроенергетичних систем, характеризуються неповнотою оперативної інформації. Беручи до уваги потребу оперативності зазначеного аналізу, результати якого є основою для прийняття рішень ЧД ЕМ, доцільно використовувати спеціалізовану інтелектуальну систему (ІС) для розв'язання задачі оперативного аналізу ПАС ЕМ з метою підтримки прийняття рішень ЧД ЕМ. Внаслідок розв'язання ІС цієї задачі диспетчер матиме інформацію про пошкоджені елементи ЕМ та перебіг аварійних подій, відмови спрацьовування РЗ, вимикачів, ЗППІ, хибно спрацьовавши РЗ.

Мета статті – викласти основні особливості реалізованого в розробленому прототипі ІС підходу до розв'язання задачі оперативного аналізу ПАС ЕМ рівня обленерго для підтримки рішень чергового диспетчера ЕМ з відновлення електропостачання.

кті аналізу ПАС ЕМ. Можливі пояснення такого стану справ недостатньою інформаційною ємністю чи погіршенням надійності засобів телемеханіки внаслідок «заведення» зазначених сигналів від РЗ та автоматики не є переконливими і скоріше можуть свідчити про відсутність у працівників, які займаються питаннями інформатизації ЕМ, необхідних підстав для надання ЧД ЕМ інформації про спрацьовування РЗ та автоматики, адже на автоматизованому робочому місці ЧД ЕМ наразі відсутні програмні засоби, які б використовували таку інформацію під час розв'язання оперативних задач диспетчерського керування, а ефективність використання такої інформації ЧД «в ручному режимі» (без застосування спеціалізованих засобів) видається сумнівною. Певну уяву про РЗ та автоматику, що використовуються в ЕМ ПрАТ «Київобленерго», може надати рис. 2, де показано склад та характеристики РЗ та автоматики на шинах 110 кВ ПС «Бориспіль» 110/35/10 кВ (використані аббревіатури та позначення пристроїв на рис. 2 є усталеними і добре відомими фахівцям, тому відповідних пояснень не потребує).

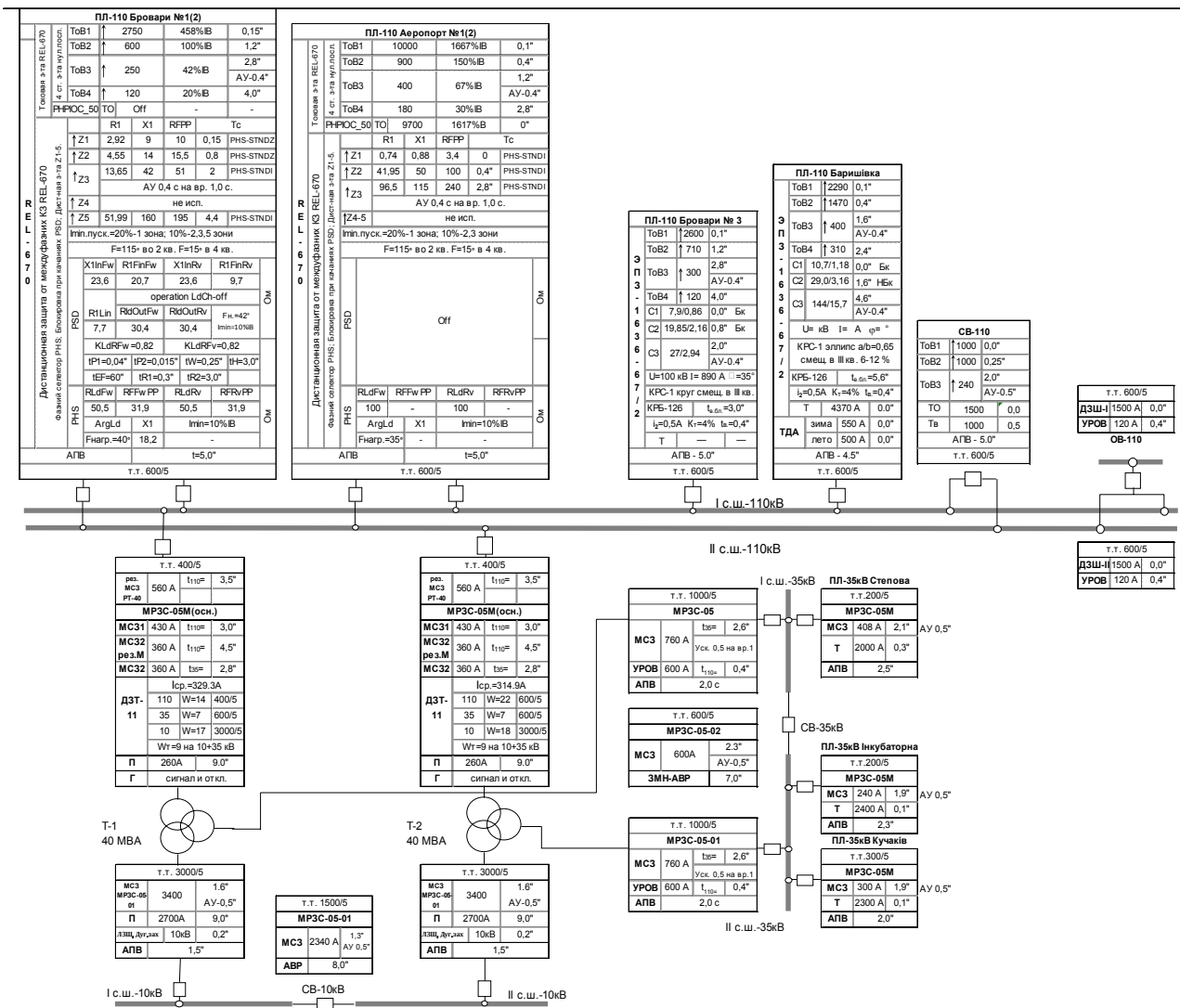


Рис. 2

З подальшою інформатизацією ЕЕС України та ЕМ зокрема і переходом до цифрових ПС на ПДК ЕМ (в комп'ютер на автоматизованому робочому місці ЧД ЕМ) надходитимуть більші обсяги інформації, необхідної для оперативного аналізу ПАС ЕМ, зокрема і дані щодо спрацьовувань РЗ та автоматики. І хоча аварії в ЕМ виникатимуть і до, і після завершення переходу ЕМ України до цифрових ПС, і кожного разу перед ЧД ЕМ поставатиме задача оперативного аналізу ПАС ЕМ, але можливості оперативного її розв'язання до і після завершення зазначеного переходу ПС будуть різними. Однак розв'язання зазначеної задачі можна

забезпечити на базі використання наявних в ЕМ технічних засобів (не чекаючи завершення переходу до цифрових ПС), якщо організувати додатково надходження на ПДК ЕМ оперативної інформації про спрацьовування РЗ та автоматики. Тому далі будемо виходити з того, що на ПДК ЕМ надходитиме оперативна інформація (у вигляді ТС) про спрацьовування РЗ, автоматики та вимикачів (останні позначатимемо КА – від *комутаційний апарат*). Однак інформація про перебіг аварії не завжди у повному обсязі надходитиме на ПДК ЕМ: можуть бути відмови як окремих РЗ, так і окремих КА, і інформація щодо таких відмов, зрозуміло, не надходитиме на ПДК ЕМ. Можливі також відмови окремих засобів прийому-передачі інформації (ЗППІ), внаслідок чого інформація про спрацьовування відповідних РЗ, автоматики, КА, «заведена» до таких ЗППІ, теж не надходитиме на ПДК ЕМ. Крім того, можуть бути випадки хибного спрацьовування РЗ (з відповідним спрацьовуванням або відмовами КА), а також випадки одночасного (в циклі надходження телеінформації на ПДК ЕМ) виникнення декількох (принаймні, більше одного) аварійних пошкоджень в ЕМ.

Постановка задачі аналізу ПАС ЕМ. Оцінювання стану об'єкта керування – обов'язкова складова процесу керування, що реалізується як у системах автоматичного, зокрема протиаварійного, так і автоматизованого, зокрема оперативно-диспетчерського, керування [1]. Результати зазначеного оцінювання залежать від постановок задач оцінювання, що враховують можливості як одержання, так і оброблення протягом відведеного часу відповідних об'ємів інформації. Склад та об'єми оперативної інформації ЕМ рівня обленерго, що надходять на ПДК ЕМ, є недостатніми для розв'язання задачі оцінювання стану ЕМ у традиційній її постановці [2], тому і можливості розв'язання задачі оперативного аналізу ПАС ЕМ в «системі координат» параметрів режиму ЕМ наразі залишаються досить примарними. Враховуючи реальну можливість одержання на ПДК ЕМ оперативної інформації у вигляді ТС про спрацьовування РЗ та автоматики, пошук розв'язку задачі аналізу ПАС ЕМ виконуватиметься у просторі станів РЗ, КА, автоматики (повторного ввімкнення – АПВ та введення резерву – АВР), пристроїв резервування відмови вимикачів ПРВВ (застосування ПРВВ у кожному конкретному випадку потребує спеціального обґрунтування) для виявлення елементів ЕМ, безпосередньо пов'язаних з виникненням аварійних подій (далі такі елементи умовно називатимемо *пошкодженими*). *Розв'язання задачі аналізу ПАС ЕМ у такій постановці передбачає виявлення пошкоджених елементів ЕМ з інтерпретацією послідовності подій (в «координатах» стану РЗ, автоматики, КА)), що призвели до ПАС ЕМ.*

У загальному випадку умови, за яких відбувається пошук розв'язку задачі, – це умови неповноти інформації, що виникають внаслідок відмов ЗППІ та «втрати» відповідних ТС, а хибні спрацьовування РЗ призводять до появи ТС, які стають «завадами» і ускладнюють виявлення дійсно пошкоджених елементів ЕМ та інтерпретацію перебігу аварійного процесу.

Основні положення реалізованого в ІС підходу до розв'язання задачі оперативного аналізу ПАС ЕМ. Інтелектуальна система оперативного аналізу ПАС ЕМ для підтримки рішень ЧД ЕМ є проблемно-орієнтованою системою. В основу функціонування ІС покладено логіко-структурний підхід до аналізу ПАС ЕМ, частково описаний в [3,4]. Подальший його розвиток та практична реалізація у вигляді ІС відбувався у напрямі надання створеним інформаційним структурам певної універсальності (в аспекті можливості відтворення в таких структурах усіх відношень між елементами ЕМ, між елементами ЕМ та пристроями захисту і автоматики, між самими пристроями захисту та автоматики) з метою урахування функціональних особливостей РЗ та автоматики, зокрема реалізованих в сучасних мікропроцесорних пристроях інофірм-виробників, та забезпечення ефективного керованого пошуку розв'язку задачі оперативного аналізу ПАС ЕМ у просторі станів РЗ, автоматики та КА. Зазначимо **основні положення та особливості реалізованого в ІС підходу до пошуку розв'язку задачі.**

1. Виходячи з того, що РЗ налаштовані правильно (апріорі та під час аналізу ПАС ЕМ перевірити це неможливо), кожному РЗ ставиться у відповідність *зона захисту*, утворювана елементами ЕМ. Для РЗ, що мають певну кількість ступенів захисту (наприклад, у наявних в ЕМ ПрАТ «Київобленерго» пристроях REL670 передбачено п'ять ступенів дистанційних захистів), ставиться у відповідність така ж кількість *зон захисту*.

(Зазначене положення обумовлено тим, що усі РЗ мають *селективно* і *чутливо* реагувати на аварійні збурення режиму, забезпечуючи відокремлення пошкоджених елементів від ЕМ, а АПВ та АВР – забезпечувати безперебійність електропостачання. Спрацьовування РЗ відповідно до зазначених вимог *селективності* та *чутливості* належить до чинників, що впливають на ефективність аналізу ПАС ЕМ).

2. Місце пошкодження в ЕМ визначається з точністю до елемента ЕМ. Якщо таким елементом є ПЛ, то залежно від ступеня захисту РЗ, що спрацював, місце пошкодження може визначатися у кращому разі з точністю до частини (приблизно, половини) ПЛ (якщо виходити із того, що налаштування РЗ відповідають «канонічним» вимогам).

3. Поява аварійного ТС про спрацьовування РЗ чи КА обумовлюється пошкодженням одного із елементів ЕМ, що знаходиться в зоні захисту такого РЗ, або ж є наслідком хибного спрацьовування РЗ.

4. Після надходження на ПДК ЕМ аварійних ТС нових аварійних збурень режиму не виникає і нові аварійні ТС не надходять.

5. Додатково використовується поділ РЗ на ті, що захищають системи шин, та ті, що використовуються для захисту ліній – РЗЛ (у разі використання РЗЛ шини «дальнього кінця» приєднання ПЛ теж входять до відповідної зони захисту).

6. Якщо РЗЛ складається із двох напівкомплектів, які встановлюють з обох кінців ПЛ, то кожен із них враховується як незалежний РЗ.

7. Наявність ТС щодо спрацьовування автоматики (АПВ, АВР) та/чи ПРВВ полегшує виявлення пошкоджених елементів ЕМ, оскільки така інформація дає змогу зменшити «коло пошуку».

8. Задача оперативного аналізу ПАС ЕМ подається у вигляді двох основних підзадач:

- 1) *генерування гіпотез* щодо *пошкоджених* елементів ЕМ;
- 2) *верифікації* генерованих *гіпотез*.

Необхідною умовою для генерування гіпотез є надходження на ПДК ЕМ аварійних ТС. Тут, очевидно, потрібно дати пояснення.

Для розв'язання багатьох задач в ІС (насамперед у тих, де використано системи продукції) застосовують стратегії пошуку розв'язку, відомі як *пошук на основі даних* та *пошук від цілі*, які також відомі як *прямий* та *зворотний ланцюжки міркувань*: використовуючи дані, здійснюють пошук розв'язку, тобто «прямують» від даних до цілі, а за іншою стратегією – вважаючи, що ціль відома, здійснюють пошук даних, які відповідають цілі, а точніше здійснюють пошук *інтерпретації* даних, яка відповідає цілі. У реалізованому в ІС підході використано як *прямий*, так і *зворотний ланцюжки міркувань*. Спочатку реалізується *прямий ланцюжок міркувань*: на підставі одержаних аварійних ТС визначаються гіпотетичні цілі – генеруються гіпотези щодо гіпотетично пошкоджених елементів ЕМ (запропонований в [4] метод генерування гіпотез модифіковано для можливості урахування РЗ, що мають декілька ступенів захисту), а потім, вже маючи певну множину цілей (гіпотетично пошкоджених елементів ЕМ), реалізується *зворотний ланцюжок міркувань*: виконується верифікація кожної гіпотези – здійснюється пошук *інтерпретації* наявних даних (ТС), яка відповідає гіпотетичній цілі.

В аспекті теорії ймовірностей гіпотези є несумісними і мають утворювати повну групу. У нашому випадку генеровані гіпотези стосуються різних цілей (гіпотетично пошкоджених елементів ЕМ) і можуть бути сумісними, якщо для таких гіпотез знайдено інтерпретації одержаних на ПДК ЕМ ТС, що не суперечать одна одній (випадок, коли ПАС ЕМ характеризується двома чи більшою кількістю аварійно пошкоджених елементів). Слід зазначити, що серед генерованих гіпотез можуть бути такі (назвемо їх *конкуруючими*), що внаслідок неповноти інформації жодну із них не може бути спростовано, а знайдені інтерпретації ТС для таких гіпотез є «неповними» (у тому сенсі, що інтерпретація ТС не забезпечує виконання умови повної локалізації гіпотетично пошкоджених елементів ЕМ).

Проілюструємо зазначене вище у такий спосіб. Якщо множину реальних ТС, що надійшли на ПДК ЕМ, позначити V і згідно із конкретною генерованою гіпотезою моделювати аварійний перебіг подій (реалізувати *зворотний ланцюжок міркувань* згідно з гіпотезою), то одержимо відповідну множину дискретних сигналів (її позначимо H), що свідчать про

«спрацьовування» (під час моделювання) певних РЗ, автоматики, КА. Відношення, що можуть мати місце між множинами B та H , подамо у вигляді діаграм Венна, звівши усі можливі випадки до чотирьох, показаних на рис. 3 *a-z* (множини B та H показано без виділення підмножин елементів, які свідчать про спрацьовування РЗ, автоматики та КА, оскільки це не впливає на трактування наведених випадків).

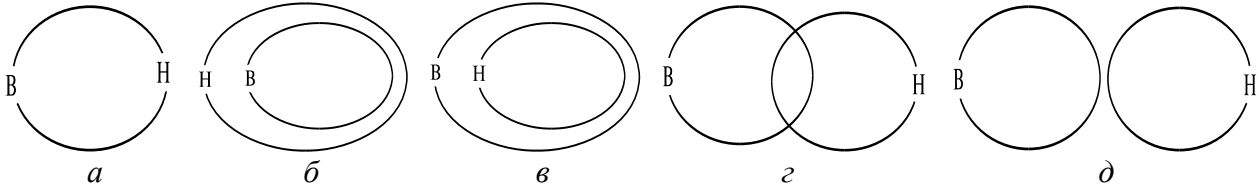


Рис. 3

Відношення рівнозначності (рис. 3 *a*) між B та H свідчить про повну відповідність результатів моделювання складу аварійних ТС, що надійшли на ПДК ЕМ, тому гіпотеза вважається вірною. Рис. 3 *б* ілюструє випадок, коли гіпотезу не спростовано, але склад реальних ТС свідчить про «втрату» частини ТС внаслідок відмов ЗППІ, а рис. 3 *в* вказує на те, що гіпотеза є вірною, але також має місце або пошкодження іншого елемента ЕМ, або хибне спрацьовування окремих РЗ (не виключено, що разом із пошкодженням іншого елемента ЕМ може бути і хибне спрацьовування окремих РЗ). Рис. 3 *г* може ілюструвати два випадки: 1) гіпотеза хибна (має місце інше пошкодження); 2) внаслідок відмов ЗППІ має місце «втрата» частини ТС, які б дали змогу підтвердити дану гіпотезу, а також або інше пошкодження, або ж хибне спрацьовування РЗ. Випадок відношень, який ілюструє рис. 3 *д*, за реалізованого в ІС методу генерування гіпотез не може мати місця, оскільки генерування кожної гіпотези починається з аналізу можливих причин виникнення відповідних аварійних ТС, тобто генерування гіпотез відбувається лише за наявності ТС.

9. Залежно від ролі РЗ, яку він відіграє по відношенню до конкретного елемента ЕМ – основний чи резервний (з урахуванням ступеня захисту), залежатиме вага ТС про спрацьовування відповідного РЗ, з якою його буде враховано під час генерування гіпотези про пошкодження цього елемента (для визначення ваги ТС використовується підхід, аналогічний описаному в [4]). Внаслідок цього під час генерування гіпотез елементи ЕМ, які захищаються певними РЗ, різною мірою «набиратимуть» власну вагу підсумовуванням (у відповідних суматорах) *зважених* аварійних ТС (про спрацьовування як РЗ, так і відповідних КА). У кінцевому підсумку кожен із таких елементів «набере» вагу, яка відіграє роль критерія його гіпотетичного пошкодження – чим «важчою» буде гіпотеза, тим вагомішими будуть підстави очікувати, що відповідний елемент ЕМ пошкоджено), але висновок щодо пошкодження елемента ЕМ може бути одержано лише після верифікації гіпотез. Слід підкреслити, що особливість цього методу генерування гіпотез полягає у тому, що жоден пошкоджений елемент ЕМ не може «уникнути» генерування гіпотези щодо його пошкодження. Виявлення таких елементів відбувається внаслідок верифікації усіх генерованих гіпотез.

Деякі особливості реалізації прототипу ІС для оперативного аналізу ПАС ЕМ.

Одне із важливих питань, від якого залежить ефективність розв'язання задачі оперативного аналізу ПАС ЕМ, це використання відповідного формалізму для подання знань. Процес виникнення аварії може бути представлено у вигляді мережі переходів (у вигляді графа) з виділенням початкових і кінцевих вузлів (вершин) та дуг (ребер). Одним із формалізмів, який міг бути застосованим під час розроблення ІС, була логіка предикатів першого порядку. Формально стан елементів ЕМ може бути подано формулами числення предикатів першого порядку. Розв'язання задачі оперативного аналізу ПАС ЕМ відбувається внаслідок верифікації гіпотез, що потребуватиме низки послідовних уніфікацій (підстановок). І хоча логіка предикатів першого порядку має певні недоліки, але з огляду розв'язання задачі аналізу ПАС ЕМ їх частково можна «компенсувати». Наприклад, логіка предикатів першого порядку має властивість монотонності: усі виведені твердження продовжуватимуть залишатися дійсними в процесі подальшого виведення. Вимога немонотонності виведення пов'язана з неповнотою

оперативної інформації: поява нової інформації (надходження на ПДК ЕМ нових ТС) обумовлюватиме потребу подальшого процесу пошуку розв'язку задачі. Але цю вимогу можна «компенсувати», прийнявши умову, викладену у четвертому положенні використаного підходу, згідно з якою на момент оперативного аналізу ПАС ЕМ усі аварійні ТС уже надійшли на ПДК ЕМ. Для подання можливих подій в ЕМ (включаючи хибне спрацьовування та відмови РЗ, відмови ЗППІ) формалізми, засновані на формальній системі логіки, не можна вважати кращими, оскільки правила, які описують поведінку пристроїв, будуть лише *здійсненими*, але не *загальнозначущими*.

Системи продукцій є альтернативним формалізмом, який має свої плюси, але постується логіці предикатів першого порядку строгістю доведення. У розробленому прототипі ІС використано системи продукцій. Системи продукцій в явному вигляді не визначають процедуру пошуку, тому виникає потреба використання додаткової інформації, яка дає змогу вести цілеспрямований пошук. У продукційних системах можливі випадки виникнення конфліктних ситуацій (призводять до неоднозначності як у випадках виникнення *конкуруючих* гіпотез, що зазначено у восьмому положенні використаного підходу). Для скорочення перебору і усунення зазначених конфліктних ситуацій в розробленому прототипі ІС керування порядком використання продукцій здійснюється через інформаційну структуру, що визначає порядок «проходження» правил. Самі ж знання містяться у правилах. Тобто знання та засоби керування процесом верифікації гіпотез не залежать одні від одних. Для уникнення випадків виникнення «зациклювань» під час верифікації гіпотез використано рефракцію з «маркуванням» правил, а під час «трасування» логічного виведення використано «маркування» сигналів.

Відношення, які існують між елементами ЕМ, РЗ, КА, автоматикою, ПРВВ, відтворюються в інформаційній структурі ІС, яка на *зовнішньому* рівні ІС – рівні персоналу – подається у вигляді спеціальних «форм» для введення та редагування даних. На *внутрішньому* рівні – рівні функціонування засобів ІС – зазначені відношення формуються внаслідок автоматичного опрацювання «форм» засобами ІС.

Підсумки. Розроблено прототип ІС для оперативного аналізу ПАС ЕМ рівня обленерго. Оскільки наразі на ПДК ЕМ не надходить інформація про спрацьовування РЗ, автоматики та ПРВВ (у перспективі надходження такої інформації буде забезпечено), то у розробленому прототипі ІС реалізовано імітатор сигналів, призначений для імітації надходження ТС, що свідчать про спрацьовування КА, РЗ, АПВ, АВР та ПРВВ, завдяки чому можна створювати різні сценарії розвитку аварії, передбачаючи різні випадки функціонування та відмов РЗ, КА, автоматики, ПРВВ, ЗППІ та аналізувати різні ПАС ЕМ Бориспільського РП. Загальну структуру розробленого прототипу ІС показано на рис. 4. З набуттям досвіду використання прототипу ІС для оперативного аналізу різних ПАС ЕМ Бориспільського РП, доцільно поширити використання ІС і на інші РП ЕМ, відтворивши в інформаційній структурі відповідну інформацію. Наявність імітатора сигналів надає можливість використовувати ІС для підготовки (тренувань) диспетчерського персоналу ЕМ. І навіть після того, як буде забезпечено надходження на ПДК ЕМ інформації про спрацьовування РЗ, автоматики та ПРВВ і ІС можна буде використовувати в контурі оперативного керування ЕМ, доцільно також забезпечити можливість окремого використання ІС з імітатором сигналів для підготовки диспетчерського персоналу ЕМ.

Подяка. Автори висловлюють вдячність співробітникам

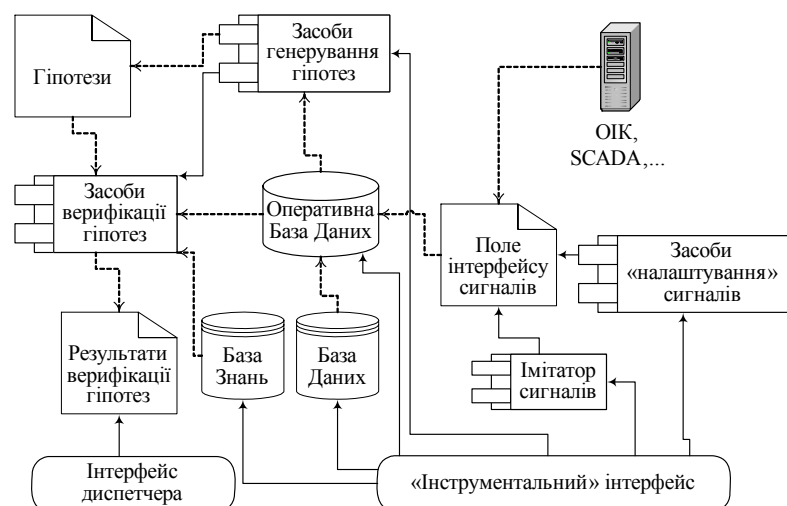


Рис. 4

ПрАТ «Київобленерго», насамперед начальнику ЦДС О.В. Овчиннікову, начальнику СРЗА Г.І. Дворецькому та провідному інженеру СРЗА О.Л. Яківцю, за співпрацю, що сприяла розробці та налаштуванню прототипу ІС, призначеної для оперативного аналізу ПАС ЕМ.

1. Буткевич А.Ф., Данилюк А.В. Оценивание состояния территориально-распределенных электроэнергетических объектов в условиях неполноты оперативной информации. *Технічна електродинаміка*. Темат. вип. «Проблеми сучасної електротехніки». Ч. 7. 2004. С. 20–30.
2. Гамм А.З., Герасимов Л.Н., Голуб И.И., Гришин Ю.А., Колосок И.Н. Оценивание состояния в электроэнергетике. Москва: Наука. 1983. 302 с.
3. Буткевич А.Ф. Логико-структурный подход к диагностированию аварийных состояний электрических сетей. *Технічна електродинаміка*. 1999. № 3. С. 47–54.
4. Буткевич А.Ф., Кириленко А.В. Генерация гипотез о месте повреждения электрических сетей. *Праці Інституту електродинаміки НАН України*. Електротехніка: Зб. наук. пр. 1999. С. 140–159.

УДК 621.311

А.Ф. Буткевич^{1,2}, докт. техн. наук, **Е.В. Парус**¹, канд. техн. наук

1 – Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна

2 – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сикорського»,
пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна

ОПЕРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПОСЛЕАВАРИЙНОГО СОСТОЯНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СРЕДСТВАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Изложены особенности реализованного в интеллектуальной системе подхода к решению задачи оперативного анализа послеаварийного состояния распределительных электрических сетей для поддержки решений диспетчера по восстановлению электроснабжения. Для решения задачи используются телесигналы, свидетельствующие о срабатывании выключателей и средств релейной защиты и автоматики. Бібл. 4, рис. 4.

Ключевые слова: распределительная электрическая сеть, анализ послеаварийного состояния, поддержка решений диспетчера, интеллектуальная система.

O.F. Butkevych^{1,2}, **Y.V. Parus**¹

1 – Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Peremohy, 56, Kyiv, 03057, Ukraine

2 – National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”,
Peremohy, 37, Kyiv, 03056, Ukraine

OPERATIONAL ANALYSIS OF THE POSTEMERGENCY STATE OF DISTRIBUTION ELECTRIC NETWORKS BY MEANS OF AN INTELLIGENT SYSTEM

The peculiarities of the approach used in the intelligent system for solving the problem of the operational analysis of the postemergency state of distribution electrical networks to support the dispatcher's decision concerning power supply recovery are presented. To solve the problem the tele signals indicating at the facts of operation of the breakers and relay protection and automation devices are used. References 4, figures 4.

Key words: distribution electrical network, postemergency state's analysis, dispatcher's decisions support, intelligent system.

1. Butkevych O.F., Danylyuk O.V. State estimation of territorially distributed power objects in the conditions of operational information's incompleteness. *Tekhnichna elektrodynamika*. Thematic issue «Problems of present day electrical engineering». Part. 7. 2004. P. 20–30.
2. Gamm A.Z., Gerasimov L.N., Golub I.I., Grishin Y.A., Kolosok I.N. State estimation in the power industry. Moskva: Nauka. 1983. 302 p.
3. Butkevych O.F. A logical – structural approach to diagnosing emergency conditions of electrical networks. *Tekhnichna elektrodynamika*. 1999. No 3. P. 47–54.
4. Butkevych O.F., Kyrylenko O.V. Hypotheses generation about the damage site of electrical networks. *Pratcy Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy*. Elektrotekhnika. 1999. P. 140–159.

Надійшла 16.10.2018

Received 16.10.2018