

УДК 621.311

О.В. Кириленко*, **О.С. Яндульський****, **В.О. Гінайло*****

*Інститут електродинаміки НАН України,

**НТУ України 'КП',

***ДП "Укренергоналадкавимірювання"

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ, ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

© Кириленко О.В., Яндульський О.С., Гінайло В.О., 2001

Розглянуто використання інтелектуальних засобів, мережевих технологій та сучасних засобів обчислювальної техніки при вирішенні питань підвищення ефективності систем інформаційного забезпечення та керування електричними мережами і об'єктами. При цьому досліджуються проблеми, оцінюються можливості і перспективи шляхів технічного розвитку та використання нових програмних засобів.

Problems of intelligence methods, networks technologies and modern computer facilities application are considered at efficiency increase problems solution of information provision and electrical networks and objects control systems. Besides, problems are investigated, possibilities and prospects of technical development methods and new programme means application are estimated.

Підвищення ефективності керування технологічними процесами на всіх ієрархічних рівнях електроенергетичного виробництва, починаючи від НЕК України, ГАЕК і до РЕМ значною мірою залежить від розв'язання задач комплексної автоматизації кінцевих точок та вузлів енергосистем, де реалізуються процеси перетворення та розподілу електроенергії. Йдеться про розподільчі пристрої електричних станцій, трансформаторні підстанції різного рівня напруги, зокрема потужних споживачів, які надалі будемо називати електроенергетичними об'єктами (ЕЕО). При цьому основна увага приділяється застосуванню нових методів моделювання, впровадженню інформаційних технологій і, в результаті, створенню інтелектуальних інтегрованих інформаційно-керуючих систем (ІКС). Це дозволяє комплексно вирішити проблеми організації контролю, інформаційної підтримки персоналу та керування в електричних мережах (ЕМ), а також при впровадженні нової тарифної політики, механізмів енергозбереження, керування енергоспоживанням тощо.

Інтелектуалізація та інтеграція ІКС. До інтелектуальних належать системи, що орієнтовані на використання поряд з традиційними прикладними обчислювальними додатками (ПОД), прикладних логічних додатків (ПЛД), тобто додатків, які побудовані з застосуванням логічних методів і індивідуально дозволяють ефективно розв'язувати певну частину задачі та пристосовані для видачі висновків та рекомендацій [1, 2, 3]. Найбільший розвиток поряд з експертними отримали системи, побудовані на основі нейронних мереж і нечіткої логіки.

В електричних мережах, де розв'язуються значні обсяги традиційних задач з керування розподіленими ЕЕО, використання розподіленого інтелекту дає деякі переваги. По-перше, збільшується швидкодія і зменшуються затримки, зумовлені роботою систем телекомунікації. По-друге, зменшуються обсяги передачі даних між диспетчерським

центром (ДЦ) і ЕЕО. По-третє, більшість функцій реалізується безпосередньо на об'єкті, зменшуючи залежність ЕЕО від ДЦ. Локальні дії з керування виконуються, навіть, коли ЕЕО відімкнений від ДЦ. Крім того, з ДЦ керування здійснюється меншою кількістю об'єктів, оскільки паралельна робота багатьох процесорів на ЕЕО звільняє комп'ютер ДЦ від зайвої роботи. Локальні перевірки виконуються на основі точно заміряних даних (усуваються похибки систем телевимірів), при цьому, забезпечується виявлення помилкових даних та їх коригування.

Перехід до побудови інтелектуальних інтегрованих ІКС пов'язаний з вирішенням деяких проблем. Серед основних треба відзначити: – різницю в стандартах і підходах, що приймають різні виробники технічних та програмних засобів; – необхідність розробки нових технічних та програмних засобів, зокрема орієнтованих на спільне застосування ПОД та ПЛД; – відсутність розвиненої специфікації, яка повинна забезпечувати системну адресацію в межах ІКС; – необхідність враховувати індивідуальні можливості технічних і програмних засобів, а також відповідних інтерфейсів тощо. Отже, створенню інтелектуальних інтегрованих ІКС повинно передувати вирішення проблем: – усунення технічних, програмних та організаційних перешкод при об'єднанні окремих підсистем в єдину систему керування ЕМ та ЕЕО; – повна ідентифікація елементів ЕМ та ЕЕО з оцінкою параметрів режиму їх роботи, плинного стану та ресурсу; – забезпечення функціонування в реальному масштабі часу; – спрощення процедур впровадження сучасних стратегій керування, захисту та контролю, а також обліку та регулювання електричної потужності та енергії; – створення можливості застосування інтелектуальних засобів; – оптимізація точок вимірювання та обліку основних параметрів режимів ЕМ та ЕЕО; – узгодження та підвищення точності вимірювань та обліку, синхронізація по різних каналах, в різних режимах та на різних ЕЕО; – введення єдиного астрономічного часу для різних ЕЕО; – запобігання несанкціонованому доступу в систему; – зменшення затрат на впровадження та експлуатацію таких систем; – забезпечення можливостей з обміну даними між користувачами різних об'єктів; – спрощення процедури розвитку та модернізації систем на основі використання нових апаратних та програмних засобів.

Особливості створення інтелектуальних інтегрованих ІКС. Основні особливості побудови інтелектуальних інтегрованих ІКС полягають у використанні концепції децентралізованого функціонування окремих відкритих підсистем; накопиченні та збереженні інформації на рівні вимірювань; формуванні БД загального користування; застосуванні обчислювальних та логічних методів реалізації прикладних задач та використанні цифрових методів і засобів обробки та передачі інформації. При цьому створення таких систем передбачає розв'язання задач: – формування об'єднаної інформаційної комп'ютерної мережі керування ЕМ та ЕЕО; – використання єдиної специфікації та єдиних стандартів для інтегрованої ІКС; – уніфікація документів користувача; – забезпечення інформаційної відповідальності організаційних джерел; – організація високошвидкісної мережі передачі даних у відповідності з узгодженими стандартами, яка об'єднує всі організаційні структури при організації технологічного процесу передачі та розподілу електроенергії; – забезпечення єдності і синхронності вимірювань в усіх точках, що є джерелами; – оптимізація інформаційних потоків; – реалізація незалежного функціонування оперативних, ретроспективних і прогнозованих баз даних; – створення спеціалізованих технологічних автоматизованих робочих місць (АРМ), як основного засобу взаємодії користувачів з системою; – впровадження уніфікованого графічного інтерфейсу користувача (ІК); – реалізація систем тренажу персоналу.

Для інтеграції прикладних додатків, побудованих на основі логічних методів з іншими підсистемами, що традиційно створюються з застосуванням обчислювальних методів, в ІКС виникає необхідність в розробці спеціальних інтерфейсів, що повинні забезпечити їх взаємодію [4]. При цьому, по-перше, функціонування ПЛД базується на оцінці фактичного стану ЕЕО, тому необхідно їх забезпечити оперативною інформацією про стан та події, які відбуваються на ЕЕО, а також даними телевимірів. По-друге, ПЛД повинні мати доступ до реляційної БД, де зберігаються формальні дані про об'єкт, а також архівні дані. Це забезпечує можливість формування моделі ЕЕО, а за необхідності, зберігання деяких отриманих результатів. Крім того, результати роботи ПЛД відображаються за допомогою стандартного ІК в ІКС. Йдеться, зокрема, про відображення оперативних схем і інших графічних зображень. Системи побудовані з застосуванням обчислювальних методів (розрахунок потокорозподілу, аналіз надійності тощо), так звані стандартні ПОД, формують інформацію, що може значно підвищити ефективність функціонування систем з ПЛД. Отже, такі системи повинні тісно взаємодіяти. Це стосується формування задач для ПОД, запуск задач на виконання, отримання результатів роботи ПОД, а також проведення аналізу отриманих результатів. Треба відмітити, що для додатків, побудованих на основі логічних

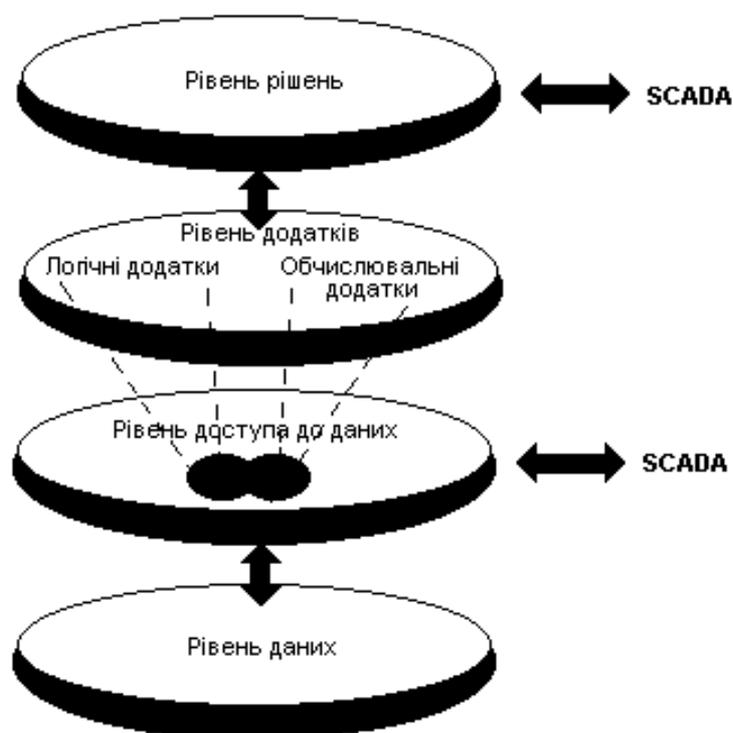


Рис. 1. Організація СПР

методів доцільно забезпечити передачу команд через підсистему телекерування, а також можливість запуску, закриття і перевірки стану ПЛД через стандартні механізми керування конфігурацією. Для організації інтерфейсів і підтримки моделі ЕЕО, які забезпечують інтеграцію ПЛД в ІКС, створюється єдине середовище – середовище прийняття рішень (СПР). Такий підхід дає змогу легко встановлювати механізми зв'язків між прикладними додатками і забезпечує їх взаємодію при розв'язанні складних задач. Організаційно СПР побудовано за аналогією з відомими підходами, що застосовуються в комп'ютерних системах (рис. 1). Так рівень даних містить всі дані, бази знань та інформацію, необхідну для проведення аналізу і прийняття рішень. Рівень доступу до даних забезпечує необхідні механізми для отримання інформації з рівня даних. Крім того, він формує представницьке середовище для даних і знань, які використовуються різними додатками, що побудовані на основі логічних методів і знаходяться на верхніх рівнях. Рівень доступу до даних також містить інтерфейс з елементами ІКС, що дозволяє здійснювати обмін інформацією з різними компонентами програмного забезпечення традиційної частини ІКС (наприклад, систему SCADA). Рівень додатків і інструментальних засобів містить весь спектр ПЛД, а також різноманітних інструментальних засобів, що використовуються з

методів доцільно забезпечити передачу команд через підсистему телекерування, а також можливість запуску, закриття і перевірки стану ПЛД через стандартні механізми керування конфігурацією. Для організації інтерфейсів і підтримки моделі ЕЕО, які забезпечують інтеграцію ПЛД в ІКС, створюється єдине середовище – середовище прийняття рішень (СПР). Такий підхід дає змогу легко встановлювати механізми зв'язків між прикладними додатками і забезпечує їх взаємодію при розв'язанні складних задач. Організаційно СПР побудовано за аналогією з відомими підходами, що застосовуються в комп'ютерних системах (рис. 1). Так рівень даних містить всі дані, бази знань та

цими додатками. Такі інструментальні засоби застосовуються в додатках для розв'язання задач діагностики, планування, проектування тощо. Рівень розв'язань складається з компонентів, що ґрунтуються на знаннях з організації спостереження за виконанням всіх додатків і застосуванням інструментальних засобів (рівень додатків і інструментальних засобів) та їх зв'язком з ПОД. Рівень розв'язань так, як і рівень доступу до даних, пов'язаний з ІКС ЕЕО і забезпечує виконання функцій доступу і керування інформацією для конкретних задач.

Як приклад, можна розглянути систему прийняття рішень диспетчерського персоналу ЕМ [5], що представляє собою гібридну систему [6], яка побудована на основі IST-технології [7] та реалізує можливості ПОД і експертних систем.

Архітектурні вирішення. У структурі інтелектуальної інтегрованої ІКС треба виділити три основні компоненти, що забезпечують оперативний збір інформації на основі уніфікованих засобів; організацію передачі даних по локальній мережі (ЛМ) з використанням єдиної системної адресації та функціонування розвинутого графічного ІК.

З технічної погляду розвиток ІКС відбувся в кількох напрямках. Це – створення нових телекомутаційних пристроїв (ТП), розробка інтелектуальних приладів (ІП), які виконують функції вимірювання, реєстрації, контролю перемикачів тощо, а також розвиток локальних мереж (ЛМ). З часом можливості ТП та ІП розширилися і різниця між ними стала стиратися. Наприклад, вимірювальні прилади поряд з виконанням основних функцій могли забезпечити дані з аварійних ситуацій та якості електроенергії, а релейні – дані вимірювання параметрів плинних процесів у нормальних та аварійних режимах – фіксувати послідовність подій, аналогічно як це реалізовано в реєстраторах аварійних ситуацій. Крім того, організувавши передачу даних від ІП до

ТП, можна зменшити кількість ТП та значно розширити їх функції, зокрема в частині організації телекерування ЕЕО. У сучасних ТП (рис. 2) дані по послідовних портах приймаються від інших ІП, які встановлені на ЕЕО, що забезпечує розв'язання задач керування чи моніторингу. Надалі вони містять таку інформацію в БД, яка доступна для запитів від ІКС ДЦ. Серед ІП треба виділити цифрові реле, інтелектуальні лічильники і реєстратори аварій та послідовності подій. Функції останніх можуть виконувати цифрові реле. Використання таких ІП дозволяє скоротити кількість пристроїв на ЕЕО, зменшити обсяги і знизити складність монтажу апаратури та організації управління і, отже, знизити загальні витрати. Крім того, перехід до використання інтелектуальних інтегрованих ІКС забезпечує виконання нових функцій, недосяжних для сучасних систем.

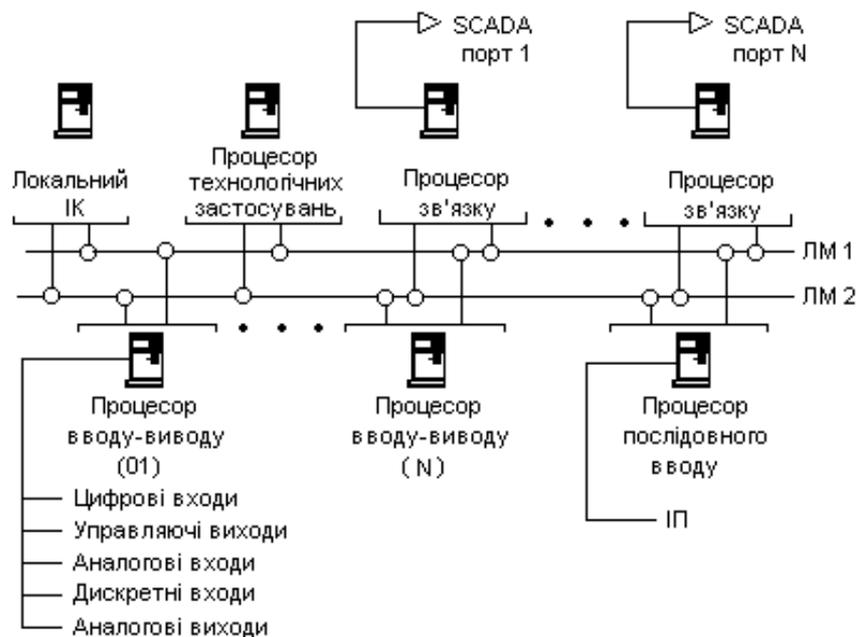


Рис. 2. Сучасні ТП

цієї останніх можуть виконувати цифрові реле. Використання таких ІП дозволяє скоротити кількість пристроїв на ЕЕО, зменшити обсяги і знизити складність монтажу апаратури та організації управління і, отже, знизити загальні витрати. Крім того, перехід до використання інтелектуальних інтегрованих ІКС забезпечує виконання нових функцій, недосяжних для сучасних систем.

Для ІКС, наприклад ДЦ, до найбільш прийнятних треба зарахувати розподілену архітектуру (рис. 3) [8]. Локальні мережі (ЛМ), що резервуються, є головним інформаційним каналом зв'язку для організації обміну даними. До них за допомогою інтерфейсу підключені сервери, що є комп'ютерними системами, де зберігається повне системне програмне забезпечення і всі дані. Вони також резервуються і в будь-який момент часу сервери мають ідентичну інформацію. Сервери збирають дані з підсистем і посилають їм інструкції для виконання. Окрім цього, сервери зв'язуються за допомогою інтерфейсу з периферійними пристроями (принтери тощо) Така конфігурація дозволяє, крім того, використовувати багатопроцесорні системи для розв'язання прикладних задач, покращуючи час отримання результатів та роблячи систему більш тривкою до пошкоджень.

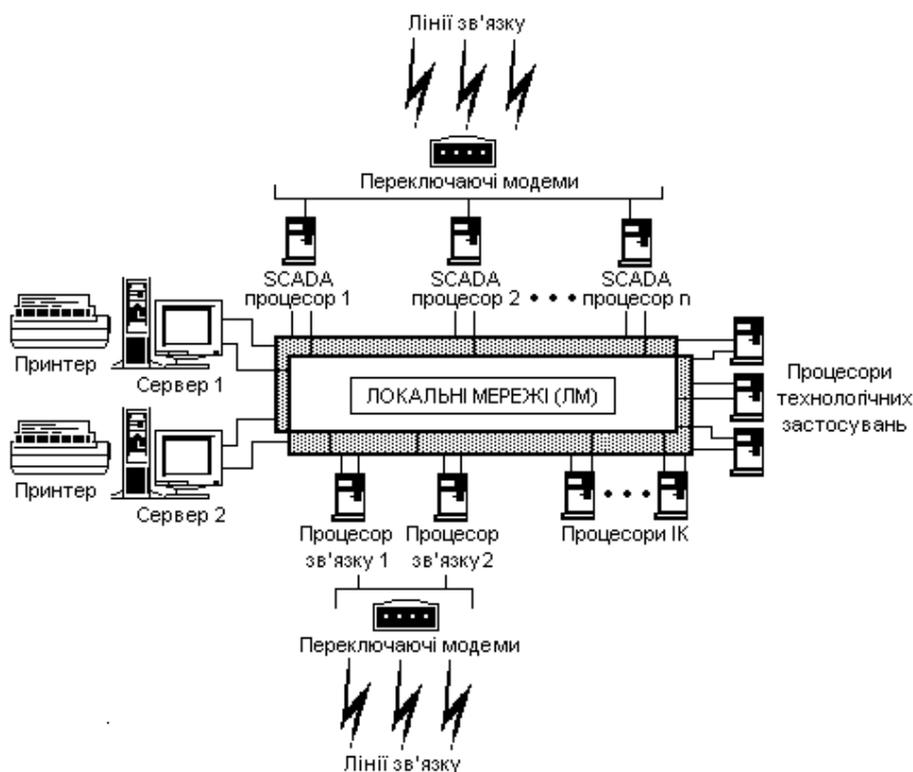


Рис. 3. Розподілена архітектура

Перспективні рішення з створення ІКС. Як приклад, розглянемо зображену на рис. 4, багаторівневу систему РЗА, в якій цифрові реле, що реалізовані як окремі пристрої захисту і автоматики (ПЗ), розміщені на рівні приєднань [9]. Підстанційний комп'ютер здійснює обмін інформацією з цифровими реле, реалізуючи функції управління, контролю, збору і зберігання інформації. До функцій керування належать дистанційна зміна уставок захисту і автоматики цифрового реле, дистанційне ввімкнення та вимкнення вимикача, при цьому до функцій контролю належать обмін та обробка результатів самодіагностики ПЗ, контроль стану вимикача і кількість вмикань і вимикань. На цьому рівні з пристроїв рівня приєднань зчитуються результати поточних вимірів аналогових сигналів, які відповідають нормальному режиму роботи ЕМ та значення уставок захисту і автоматики; інформацію про стан вхідних і вихідних реле ПЗ. При виникненні аварійних режимів, на верхній рівень передаються і зберігаються в пам'яті комп'ютера результати вимірів аналогових сигналів, які передували аварійному режиму роботи електромережі; параметри аварійного режиму та послідовність роботи захисту і автоматики.

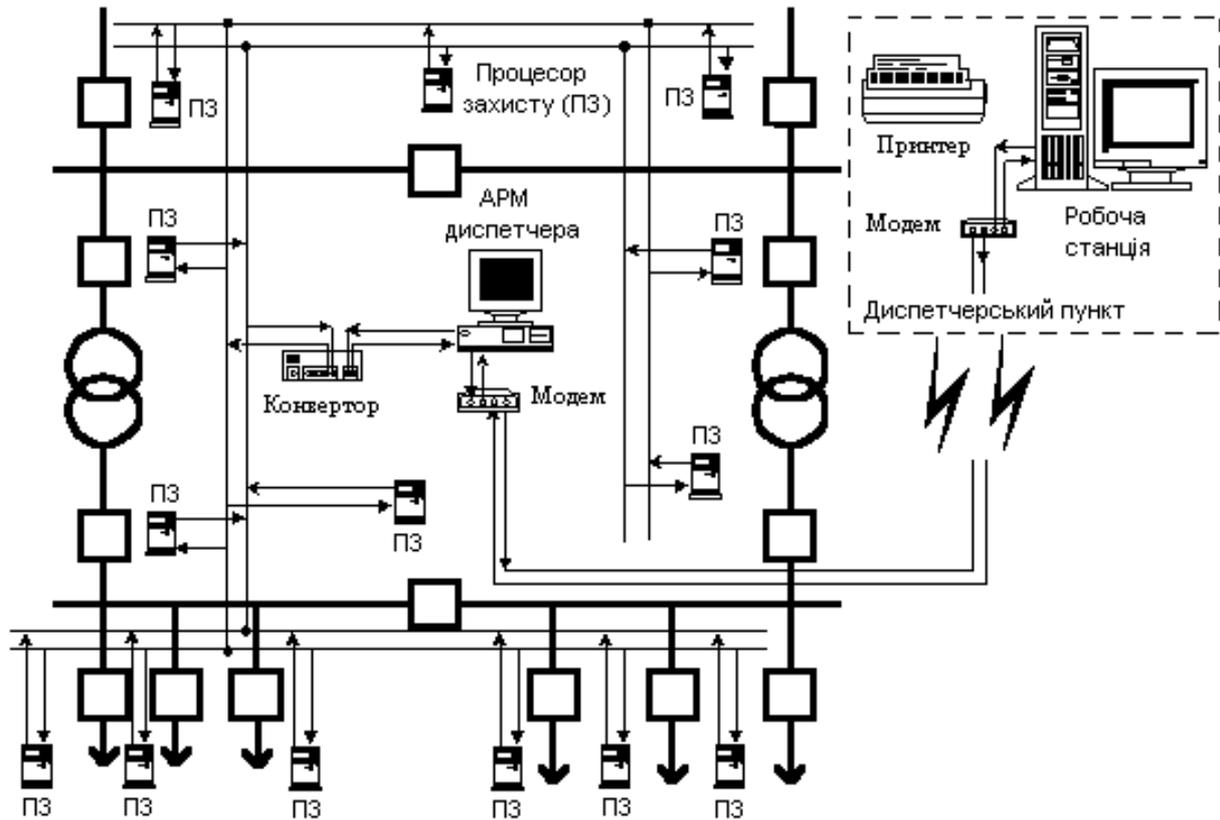


Рис. 4. Багаторівнева система

Окрім зазначених функцій АРМ диспетчера забезпечує відображення на моніторі мнемосхеми підстанції з індикацією положення комутаційного обладнання, а також видачу на друк всієї інформації, отриманої з нижнього рівня. Крім того, організовано обмін інформацією з ДП.

Типові приклади нових задач, які розв'язують на ЕЕО – аналіз аварійних ситуацій і її локалізація. Під час аналізу аварії, об'єднавши інформацію, отриману внаслідок вимірювань аналогових та дискретних, можна зробити висновки стосовно характеру аварії і правильності дії захисту та автоматики. При цьому, найкращі результати досягаються при використанні експертних систем, коли необхідно здійснити велику кількість порівнянь різних параметрів і варіантів, оскільки використання алгоритмічних підходів недоцільно через евристичний характер діагностичних процедур пошуку рішення.

У випадку реалізації процедури оцінки параметрів аварії, зокрема числі визначення відстані до місця пошкодження, необхідно визначити форму первинного сигналу і умови, за яких аварія виникла (рівень та характер навантаження, тип збурення, вид аварії тощо). Здебільшого оцінка сигналу по основній частоті не дає повної інформації, у той час як інформація, що дозволяє розв'язати таку задачу, міститься в вищих гармонічних складових. Використання традиційних методів обробки сигналу вимагає застосування досить складних процедур розв'язання. Останні отримані результати застосування для цієї мети нейронних мереж у частині процедур виділення зразка показали, що вони можуть стати основним методом вирішення цієї проблеми.

Ще один підхід до розв'язання такої задачі пов'язаний з виконанням процедури, яка реалізується на нижньому рівні і пов'язана з дослідженням інформації, що надходить від

систем захисту, приладів реєстрації аварій і оцінки стану комутаційного обладнання. При порівнянні поведінки цих пристроїв, виконується міні синтез ситуації. Об'єкт – другий рівень синтезу. Під час розгляду всіх фідерів об'єкта, діагноз уточнюється і передається до ДЦ. У деяких випадках запитуються дані з сусідніх ЕЕО.

Висновки. Інформатизація та інтелектуалізація в електроенергетиці останнім часом отримала розвиток не тільки на ДЦ ЕМ, але й на ЕЕО. При цьому основні рішення, що приймаються при побудові інтегрованих інтелектуальних ІКС, спрямовані на широке використання ТП та ІП, яка орієнтована на застосування нових методів передачі та обробки інформації; створення єдиних стандартів зв'язку і протоколів для організації взаємодії окремих підсистем; розробку єдиної системи ідентифікації елементів ЕМ та ЕЕО на основі аналізу їх електричних схем; установку на всіх ідентифікованих елементах ЕМ ЧИ ЕЕО ІП вимірювання, контролю, автоматики та захисту, які одночасно є джерелами інформації для систем керування, обліку енергії, контролю параметрів якості електроенергії, реєстрації і аналізу аварійних режимів тощо; створення на ДЦ пункту концентрації, обробки, зберігання і відображення інформації, шляхом організації локальної інформаційно-обчислювальної мережі, що складається з термінальних серверів, АРМ і пристроїв зв'язку; застосування модулів глобального позиціонування для організації служби єдиного часу системи, синхронізації інформації, що отримується і хронування подій; впровадження сучасних методів ідентифікації та локалізації аварій в електричних мережах.

1. Liu C.C. et. al. *Practical Use of Expert System in Planning and Operation of Power Systems // Final Report. CIGRE Task Force 38-06-03. – September 1992.* 2. Tutorial A. *Course Text. Knowledge-Based System Techniques with Applications to Power Systems // IEEE Publication # 93 EHO 387-1-PWRD. – October 1993.* 3. Стогний Б.С., Гуляев В.А., Кириленко А.В. и др. *Интегрированные экспертные системы диагностирования в электроэнергетике. – К., 1991. – 286 с.* 4. Кириленко А.В., Рункович В.В. *Интегрированные приложения искусственного интеллекта в системах управления электроэнергетическими объектами. В кн.: Автоматизация и релейная защита в энергосистемах. – К., 1998. – С. 34–44.* 5. Буткевич О., Кириленко О., Лелик Б. та ін. *Оперативне керування режимами електричних мереж з використанням “Системи підтримки диспетчерського персоналу електричних мереж у прийнятті рішень” // Управління енерговикористанням: Доп.і 2-ї Міжнар. наук.-практ. конф. – Львів, 1997. – С. 31–32.* 6. Буткевич А.Ф., Кириленко А.В., Левитский В.Г. *Гибридные средства автоматизированных систем диспетчерского управления в электроэнергетике // II Seminarium Polsko-Ukrainskie “Problemy Elektroenergetyki”. – Lodz, 1–5 pazdziernika 1998. – С. 123–129.* 7. Буткевич А.Ф., Кириленко А.В., Левитский В.Г. *IST-технология для моделирования электроэнергетических и электротехнических объектов // Техн. электродинамика. – 1998. – Спец. вип. 2. – Т.1. – С. 179–182.* 8. Стогний Б.С., Кириленко А.В. *Информатизация и интеллектуализация электроэнергетических объектов (проблемы, перспективы и возможности). В кн.: Автоматизация и релейная защита в энергосистемах. – К., 1998. – С. 3–18.* 9. Кириленко А.В., Яндутьский А.С., Касьянов Г.П., Дмитренко А.А. *Микропроцессорное устройство релейной защиты и автоматики как элемент АСУ подстанции // Техническая электродинамика. – 2000. – № 5. – С. 45–52.*