

УДК 621.32

О.Б. Єгоров

*Українська інженерно-педагогічна академія, Харків*

## **ПРОБЛЕМИ Й ШЛЯХИ ЇХ РІШЕННЯ ПРИ СТВОРЕННІ Й ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ СИСТЕМИ РЕГІОНАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

*У практиці керування режимами СЕП існують і такі завдання, рішення яких існуючими методами утруднено, у силу, як складності формалізації процесу, так і швидкості його протікання. Саме виняткова складність завдання керування режимами СЕП обумовлює необхідність її поділу на ряд більше простих взаємозалежних (технологічні, інформаційні й т.п.) завдань, розв'язуваних на всіх щаблях територіальної ієрархії керування й стосовних до різних тимчасових рівнів.*

*Ключові слова:* система електропостачання (СЕП), режими, надійність роботи, електричні станції.

### **Завдання диспетчерської системи керування режимами СЕП**

Існуючі диспетчерські інструкції й завчасні розрахунки через складність СЕП, різноманіття режимних ситуацій і специфічності конкретних аварій не гарантують повністю того, що дії персоналу будуть раціональні, помилкові дії виключені й відповідно наслідку для споживачів і системи мінімізовані. Безліч аварійних сигналів, що надходять диспетчерському персоналу СЕП протягом короткого часу, що не знімає найчастіше дефіциту інформації про минулі, поточні і можливий майбутній ситуаціях, створює психологічно напружену обстановку, чреватую появою помилкових керуючих рішень або неправильних дій оперативного персоналу, що сприяють розвитку аварійного процесу.

Сучасні СЕП являють собою складні, багатозв'язані, просторово рознесені ієрархічні об'єкти, що функціонують в умовах змінності їхньої структури, параметрів і режимів роботи при численних зовнішніх і внутрішніх збурюваннях як систематичного, так і випадкового характеру [1]. Це визначає склад-

ність завдань керування ними. У зв'язку із цим ще в 70-і роки почалося активне впровадження АСДК в енергосистеми [3, 5] хоча передумови до їхнього створення були закладені значно раніше. Саме в ці роки почалося формування ієрархічних телеінформаційних мереж, що забезпечують передачу телеметричної інформації від енергооб'єктів на диспетчерські пункти енергосистем. У сполученні з диспетчерськими щитами й пультами ця мережа дозволяла вирішувати одну з найважливіших завдань оперативно-диспетчерського керування - візуальний контроль поточного режиму й схеми комутації електричної мережі. Іншою передумовою до створення АСДК з'явився бурхливий розвиток засобів обчислювальної техніки, особливо в 90 -і роки й розробка методів і програмних засобів для оперативного керування режимами і їхнім плануванням.

Ієрархічна система диспетчерського керування єдиної СЕП України має, за аналогією з енергосистемою колишнього СРСР, три основні щаблі: центральне диспетчерське керування України, диспетчерське керування об'єднаних СЕП і центральні

диспетчерські служби (ЦДС) регіональних енергосистем – акціонерних товариств. Нижче цих щаблів ієрархії перебувають пункти оперативного керування електростанціями, підприємствами електричних мереж і районами електричних мереж.

Саме виняткова складність завдання керування режимами СЕП обумовлює необхідність її поділу на ряд більше простих взаємозалежних (технологічні, інформаційні й т.п.) завдань, розв'язуваних на всіх щаблях територіальної ієрархії керування й стосовних до різних тимчасових рівнів. Декомпозиція в тимчасовому аспекті полягає в поділі загального завдання керування, розв'язуваної для всіх рівнів територіальної ієрархії керування (ЦДК, об'єднані диспетчерські керування (ОДК), ЦДС, диспетчерські пункти (ДП) електричних мереж), на завдання, що ставляться до чотирьох рівнів тимчасової ієрархії керування:

- довгострокове планування режимів;
- короткострокове планування режимів;
- оперативне керування поточними режимами, здійснюване диспетчерським персоналом СЕП;
- автоматичне керування нормальними й аварійними режимами в темпі технологічних процесів.

У практиці керування режимами СЕП існують і такі завдання, рішення яких існуючими методами утруднено, у силу, як складності формалізації процесу, так і швидкості його протікання. До числа таких завдань можна віднести завдання пов'язані із прийняттям рішень в окремих ситуаціях керування режимами СЕП (як правило, аварійних). До цих же завдань можна віднести завдання відновлення СЕП після важких аварій з погашенням частини електростанції або поділом СЕП на не синхронно працюючі частини. Відновлення складних СЕП після таких аварій трудомістко й тривало, торкається значної частки галузей економіки.

Практично всі, наведені нижче засоби поточно-го керування режимами функціонування регіональної СЕП, технологічно взаємопов'язані й програмно реалізовані, виконані з використанням традиційних методів оптимізації.

Керування регіональної СЕП являє собою складний комплекс, функції в якому розподілені як між окремими диспетчерськими пунктами, так і між окремими об'єктами. Оперативне керування режимами регіональної СЕП можливо тільки при впровадженні в практику оперативно-диспетчерського керування СЕП сучасних засобів обчислювальної техніки й телеметричних каналів зв'язку й створенням на їхній основі в АСДК оперативно-вимірювальних комплексів (ОВК). Останні, для підвищення ефективності керування СЕП повинні містити в собі програмне забезпечення, спрямоване на рішення наступних завдань [3]:

- оцінювання стану системи й перевірка даних телеметрії;

- оцінки гранично припустимих режимів по потужності системних зв'язків;

- формування архівів режимів електроспоживання по активній і реактивній потужностях для енерговузлів і всієї енергосистеми;

- оперативного термінового (протягом поточної доби) прогнозування активних і реактивних навантажень енерговузлів і СЕП у цілому;

- контролю економічності й оперативної корекції параметрів режиму;

- оцінки надійності і її оптимізації в циклі оперативного й короткострокового (добового) керування режимами;

- поточного планування режимів (довгострокового й короткострокового).

### **Створення інтелектуальних систем, як шлях підвищення надійності роботи енергосистем**

Оскільки експертна система – відносно нова технологія в керуванні СЕП, те коротко охарактеризуємо їхню сутність. Залежно від виду використовуваних моделей на нижньому (виконавчому) рівні, інтелектуальні системи керування діляться на два класи: інтелектуальні системи логічного керування й інтелектуальні регулятори. У системах першого класу на виконавчому рівні використовуються логічні моделі (наприклад, автоматні), а в системах другого класу – моделі традиційної теорії автоматичного керування (регулювання). Прообразом інтелектуальних систем логічного керування в недавньому минулому були системи ситуаційного керування, розробка яких у нашій країні в шістдесятих – сімдесятих роках здійснювалася під керівництвом Д.А. Поспелова [2].

Знання про особливості ухвалення рішення диспетчерським персоналом СЕП, для якого властиво й розроблялися системи ситуаційного керування, використалися при пошуку управлінських рішень задовго до появи розвинених програмних систем, орієнтованих на подання й обробку знань у системах ситуаційного керування. Важливою особливістю ситуаційного керування є прийняття управлінських рішень на безлічі ситуацій (подій), що виникають у процесі керування. В теорії інтелектуальних систем керування під інтелектуальністю [4] мається на увазі саме здатність системи працювати з базою зовнішніх подій (ситуацій), що виникають у процесі керування. Тому системи ситуаційного керування дійсно були прообразом сучасних інтелектуальних керуючих систем.

Процеси прийняття управлінських рішень у розглянутих системах ситуаційного керування аналогічні процесам обробки інформації в будь-якій інтелектуальній і зокрема, експертній системі. Типова структура експертної системи може бути представлена наступними блоками [5]: база знань із механізмами вирішення; інтелектуальний планувальник;

підсистема пояснення; інтелектуальний інтерфейс із користувачем (рис. 1).

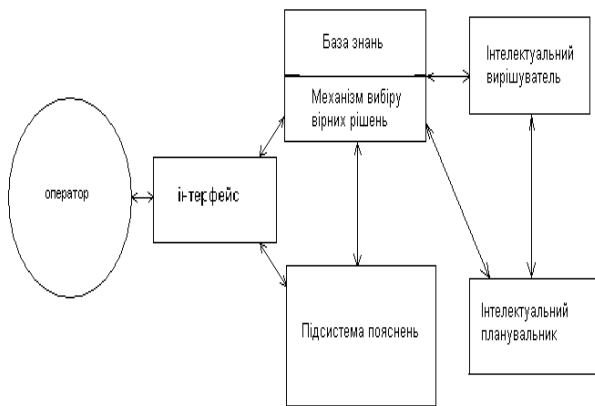


Рис. 1. Типова структура експертної системи

Експертні системи можуть істотно розрізнятися по архітектурі й виконуваних функціях, але в них завжди тією чи іншою мірою присутні зазначені блоки. При цьому найбільш складні функції по прийняттю рішень на базі механізмів міркувань із використанням інформації з бази знань реалізуються в блоці «Інтелектуальний вирішувач». В експертних системах, безпосередньо включених у контур керування, блок інтерфейсу з користувачем природно замінюється на блок інтерфейсу з об'єктом керування.

Довгострокове планування режимів у сформованій системі взаємин необхідно для обґрунтованого розподілу планованого виробітку електричної енергії між електростанціями (суб'єктами СЕП) при очікуваних (імовірнісних) тарифах на електричну енергію. При плануванні довгострокових режимів необхідно враховувати основні фактори майбутнього функціонування енергосистеми, якимось різного роду обмеження режимного характеру: планові ремонти основного й мережного встаткування, граничні режими по напрузі енерговузлів і перетоками потужності по системним зв'язках і т.п. По термінології експертної системи все це об'єднане в так названу базу знань.

Короткострокове й особливо добове планування режимів необхідні для корективної виробітку електроенергії між електричними станціями з обліком сформованої в СЕП реальної ситуації й системи штрафних санкцій за порушення договірних обов'язків, певних при довгостроковому плануванні. Ці умови знову ж по термінології експертної системи задаються в базі знань. Планування короткострокових режимів дає необхідну інформаційну основу для відповідної оперативної коректування режимів. І, нарешті, керування нормальними режимами функціонування СЕП у реальному часі необхідно для оперативної корекції параметрів режиму в сформованих технічних і економічних ситуаціях.

## Етапи створення інтелектуальних систем

**Оцінка гранично припустимих режимів регіональної СЕП.** Завдання вирішується відомими методами обважнення режиму в повній відповідності з роботою [4]. При цьому здійснюється контроль рівнів напруги, облік обмежень по розташовуваних активних і реактивних потужностях генераторів електростанцій регіональної СЕП. В умовах твердого ліміту часу оцінка гранично припустимих режимів неможлива без розробки швидкодіючих методів розрахунку сталого режиму й вибору оптимальної траєкторії його обважнення. У розробленій методиці розрахунок сталого режиму здійснюється у два етапи. На першому, для знаходження першого наближення використовуються, описані вище процедури, на другому, здійснюється перевірка рішення або, якщо буде потреба, перебуває нове рішення модифікованим ітераційним методом послідовних релаксацій [6] і ньютонівськими методами, використовуючи перше наближення, знайдене на першому етапі.

**Формування архівів режимів електроспоживання по активній і реактивній потужностях.** Модельна реалізація функції оперативного прогнозування рівнів електроспоживання й на їхній основі режимів роботи СЕП вимагає створення інформаційної бази про ретроспективні навантаження СЕП. Варто помітити, що основою при цьому є не графік зміни навантаження СЕП у цілому, а активні й реактивні навантаження складових енерговузлів. Модель формування архівів режимів електроспоживання нерозривно пов'язана з моделлю оцінювання стану СЕП. Остання працює в реальному часі й запускається циклічно в міру відновлення даних телеметрії. У міру відпрацювання моделі оцінювання стану, розраховані в ній дані про активні й реактивні навантаження енерговузлів записуються у файл даних, спеціально організований на файлу-сервера персональної ЕОМ ОБК АСДК СЕП. Протягом розрахункової доби в цей файл для кожного енерговузла розрахункової схеми СЕП із хвилинним інтервалом записується 1440 усереднених значень активних і реактивних навантажень. Опівночі кожної доби запускається модель обробки цієї інформації, що формує файли ретроспективних даних про режими електроспоживання з наперед заданим інтервалом усереднення навантажень (від однієї хвилини до однієї години) і очищає файли даних ОБК для чергових записів уже наступили нової доби.

**Контроль економічності й оперативної корекції параметрів режиму СЕП.** Необхідність оперативної корекції параметрів сталого режиму виникає через відхилення реальних умов експлуатації регіональної СЕП від передбачуваних, отриманих при поточному плануванні режимів. Ці відхилення викликані в основному помилками добового про-

гнозування навантажень енерговузлів і різними експлуатаційними обмеженнями на зміну окремих параметрів режиму, не врахованих при плануванні. У цей час, що характеризується нестабільними економічними відносинами, відхилення реально існуючих режимів функціонування СЕП від планованих ще істотніше.

Під корекцією режиму розуміється вибір і реалізація тими або іншими способами найкращих значень незалежних керованих параметрів в СЕП (активні й реактивні вузлові потужності, рівні напруги в окремих вузлах). Практична реалізація вузлів за рахунок корекції завантаження електричних станцій по активній потужності й корекції реактивної потужності в системних зв'язках за допомогою джерел реактивної потужності й дистанційно керованих трансформаторів. Технічна забезпеченість СЕП дозволяє персоналу диспетчерської служби проводити корекцію режиму на основі аналізу даних телеметричних вимірів в основному за рахунок перерозподілу завантажень окремих електричних станцій по активній потужності й у дуже незначному ступені - за рахунок зміни коефіцієнтів трансформації дистанційно керованих трансформаторів. Відповідно до цього в порадику диспетчера реалізовано програмне забезпечення, що дозволяє для інтервалів часу швидкого термінового прогнозування навантаження (від 15 хвилин до декількох годин) по запиті персоналу диспетчерської служби видавати рекомендації для цілеспрямованої корекції параметрів режиму за заданими критеріями.

### Висновки

Розроблена модель визначення по тим або інших критеріях доцільної корекції параметрів режиму навантаження електростанцій дискретна. Оптимальні значення параметрів корекції визначаються шляхом цілеспрямованого перебору заданих дискретних рівнів потужностей електричних станцій.

Тимчасові вимоги висувають тверді вимоги до реакції моделі корекції. Тому розрахунок потокорозподілу на кожному дискретному рівні виробляється тими ж методами, що й при оцінці граничних режимів.

Технологічно зміна режиму завантаження електричних станцій може вироблятися невеликими дозами (10 – 20 Мвт) протягом певного проміжку часу, у кілька разів перевищуючий цикл відновлення інформації ОВК АСДК СЕП. Це дозволяє використати принцип імітаційного моделювання зі зворотним зв'язком. Можливість одержання рекомендацій у десятисекундному циклі відновлення інформації ОВК дозволяє диспетчерському персоналу регіональної СЕП постійно відслідковувати режими в результаті корекції їхніх параметрів і вносити відповідні виправлення.

### Список літератури

1. Методы управления физико-техническими системами энергетики в новых условиях / Н.И. Воропай, Н.Н. Новицкий, Е.В. Сеннова и др. – Новосибирск: Наука, сибирская издательская фирма РАН, 1995. – 335 с.
2. Поспелов Д.А. Принципы ситуационного управления / Д.А. Поспелов // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. – 1971. – № 2. – С. 3-10.
3. Программно-вычислительный комплекс оценивания состояния энергосистем в реальном времени / Ю.А. Гришин, И.Н. Колосок, Е.С. Коркина и др. // Электричество. – 1999. – № 2. – С. 8-16.
4. Руководящие указания по устойчивости энергосистем / Минэнерго СССР. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1984.
5. Советчики диспетчера по оперативной коррекции режимов работы СЕП / Под ред. В.М.Чебана и др. – Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1984. – 192 с.
6. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / В.В. Еришевич, А.Н. Зейлигер, Г.А. Илларионов и др.; под ред. С.С. Рокотьяна и И.М. Шапиро. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.

Надійшла до редколегії 15.11.2010

Рецензент: канд. техн. наук, доцент П.Ф.Буданов, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків.

### ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

А.Б. Егоров

*В практике управления режимами СЭС существуют такие задачи, решение которых существующими методами проблематично, в силу, как сложности формализации процесса, так и скорости его протекание. Именно исключительная сложность задачи управления режимами СЭС обуславливает необходимость ее деления на ряд больше простых взаимозависимых (технологические, информационные и т.п.) задач, решаемых на всех ступенях территориальной иерархии управления и относящихся к разным временным уровням.*

**Ключевые слова:** система электроснабжения (СЭС), режимы, надежность работы, электрические станции

### PROBLEMS AND WAYS OF THEIR DECISION AT CREATION AND OPERATION OF DISPATCHING SYSTEM OF A REGIONAL ELECTRICAL SUPPLY

A.B. Yegorov

*In practice of management by modes ESS there are such problems, which decision existing methods is problematic, in force, both complexities of formalization of process, and speed its course. Exclusive complexity of a problem of management of modes ESS causes necessity of its division into a number more simple interdependent (technological, information, etc.) the problems solved at all steps of territorial hierarchy of management and concerning different time levels.*

**Keywords:** electrical supply system (ESS), modes, reliability robots, power plants