

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАТИВНОГО КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЧИМИ КОМПЛЕКСАМИ В КРИТИЧНИХ РЕЖИМАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ

УДК 681.518

РУДАКОВА Анна Владимировна

к.т.н., доцент кафедри технічної кібернетики, Херсонський технічний національний університет

Научные интересы: компьютерное моделирование распределенных систем, оптимальное управление большими распределенными системами

ВСТУП

Сучасні технологічні системи являють собою складні просторово розподілені виробничі комплекси, що постійно розвиваються. До них належать: енергетичні системи, газотранспортні системи, системи водорозподілення, системи зв'язку й телекомунікацій, інформаційні системи, мережі торговельних підприємств і інші. Особливістю таких виробничих систем є їхній тісний зв'язок із промисловістю й життєдіяльністю країни. В останні десятиріччя, незважаючи на створення найудосконаленіших систем керування, використання гарантуючих керувань, використання потужних комп'ютерних комплексів, при їхньому функціонуванні спостерігається стала тенденція збільшення кількості системних аварій.

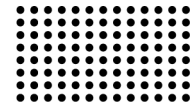
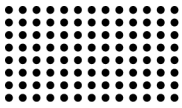
АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЯГНЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Значне місце у виникненні аварій і їхнього переходу в системні займають відмови в устаткуванні й у системі керування. При простих (одиночних) відмовах елементів системи й автоматики небезпека для функціонування розподілених систем відсутня. Наслідки складних відмов, коли накладаються відмови різних елементів системи (одна відмова слідує після іншої), можуть бути дуже важкими: відключення споживачів на тривалий час, глибокі порушення режиму, величезні збитки. Зі збільшенням числа наступних відмов доля відмов з вини системи керування збільшується до 100% [1]. Основною причиною переростання аварій у

катастрофи називаються неправильні дії оперативного персоналу.

Сучасні виробничі системи являють собою складні, територіально розподілені об'єкти з ієрархічною структурою, що постійно розвиваються й змінюють свою конфігурацію. Це приводить, зі збільшенням кількості елементів, до неспостережливості й некерованості всієї системи. Виникнення катастроф в різних складних системах можна пояснити якісно новим (іншим) поведінням системи, пов'язаним з її переходом у клас великих систем.

Автоматизовані системи диспетчерського керування (АСДК) здійснюють оперативне керування системою на всіх рівнях та пов'язані між собою [2]. Вирішення основних задач оперативного керування (оцінка поточного стану об'єкта, визначення відхилення руху об'єкта від заданої траєкторії, формування керуючих впливів на майбутній період, коректування стану системи) здійснюється в АРМ диспетчера за допомогою СППР, але на кожному рівні в АСДК для оцінки стану системи й розрахунку керування застосовують різні види моделей і методів. Характерним для всієї системи диспетчерського керування є те, що з переходом від нижньої ланки ієрархії до верхньої функції управління розширюються за рахунок збільшення об'єму і ускладнення задач по веденню режиму, об'єм оперативних задач відносно скорочується, але відповідальність за їх здійснювання зростає [3].



Все це обумовлює необхідність розробки методів керування великими системами в критичних режимах роботи з метою запобігання й ліквідації аварій, які дозволять відвертати перехід системи від критичного режиму до аварійного, а, при виникненні катастрофи, не допустити її великомасштабного поширення. Доцільно вирішення проблем, що виникають при оперативному керуванні розподіленими системами, здійснювати шляхом застосування узагальнюючих апроксимуючих моделей на основі оболонок.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою досліджень є розробка методів, які вирішують проблему підвищення ефективності оперативного керування сучасними територіально розподіленими виробничими комплексами в критичних режимах функціонування.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Застосування автоматизованих систем у системах диспетчерського керування розподіленими об'єктами зіштовхуються із труднощами формалізації підтримки прийняття рішень диспетчерами при оперативному керуванні в реальному часі в умовах неповноти й неточності даних про керований процес [1]. Оперативне керування режимами роботи здійснюється протягом усього періоду функціонування системи й складається з наступних періодично повторюваних етапів:

1. Складання планів роботи устаткування великої системи на поточний період на основі графіків витрачання ресурсів. Здійснюється розподіл ресурсів з урахуванням пропускнуої здатності каналів і параметрів устаткування системи.

2. Реалізація планів забезпечення ресурсами і їхнім коректуванням. Ресурси доставляють на конкретні ділянки розподіленої системи згідно затвердженому графіку витрачання, з урахуванням режимів роботи устаткування. Необхідність відступу від намічених графіків і їхнього коректування може виникнути при відхиленні зовнішніх умов (впливів, що обурюють) від прогнозованих.

3. Моніторинг і оцінка стану розподіленого об'єкта. Формується інформаційна модель поточного стану територіально-розподіленого об'єкта за даними систе-

матичного спостереження за станом об'єкта й процесом розподілу ресурсів.

4. Формування графіків постачання ресурсів на майбутній розрахунковий період на основі заявок від споживачів. При цьому потрібно забезпечити підтримку заданого значення на протязі всього періоду з найменшими можливими витратами ресурсів (води, електроенергії й т.п.).

В інтегрованій автоматизованій системі керування (ІАСК) розподілом ресурсів великої системи необхідне наявність відповідних моделей і програм для прогнозу динаміки стану об'єкта в будь-якій точці системи й планування розподілу, системи моніторингу для оцінки якості керування, участь споживачів у процесі узгодження прийнятих рішень. Розрахунок оптимального керування ресурсозабезпеченням в сучасних виробничих комплексах здійснюється в АРМ диспетчера за допомогою системи підтримки прийняття рішень (СППР). Структуру СППР, яку доцільно застосовувати для керування територіально розподіленою системою транспортування ресурсів, наведено на рис. 1.

Підсистема моніторингу повинна здійснювати систематичне вимірювання всіх поточних параметрів функціонування об'єкта, параметрів навколишнього середовища, поповнення баз даних новою інформацією й фіксувати зміни параметрів системи для можливості подальшого прогнозу. Таким чином, підсистема моніторингу надає СППР оперативну інформацію про стан об'єкта, про величину впливів, що обурюють, а також інформацію про режим роботи устаткування системи.

Ефективна робота підсистеми моніторингу є необхідною умовою для підвищення ефективності функціонування великої системи. У першу чергу необхідно уникати інформаційної надлишковості вимірів і спростити технічну реалізацію контуру ідентифікації стану розподіленого об'єкта. Схеми оптимального розміщення датчиків і періодичності їхнього опитування можна визначити на основі методів одномірного й двовимірного спектрального аналізу динаміки стану по всій території [4].

Підсистема обробки первинної інформації виконує аналіз зовнішньої вхідної інформації, обробку інформації, одержуваної від оператора, відображення даних у вигляді зручному для наступної обробки й передачу інформації в базу даних.

Підсистема моделювання формує модель динаміки стану об'єкта залежно від обсягів ресурсів, що надходять від розподільного устаткування або природно у вигляді випадкових збурювань. Для моделювання динаміки стану об'єкта необхідно наявність даних про параметри розподіленого об'єкта, про тип і характер споживачів ресурсу й умови їхнього функціонування, про наявність і схеми розміщення елементів розподільного встаткування, розташуванні їх на географічній площині (координати елементів), а також статистична

інформація про зовнішні (обурюючі) умови. Для спрощення аналізу розподіленого об'єкта можна використувати безперервну модель розподілу ресурсу у вигляді поверхні з використанням апроксимуючих оболонок [5], що дає можливість прогнозувати стан і визначати режими роботи розподільних систем по всій території розташування об'єкту [6].

В підсистемі вирішення задач формуються режими роботи устаткування на попередній період з урахуванням прогнозу динаміки стану об'єкта.

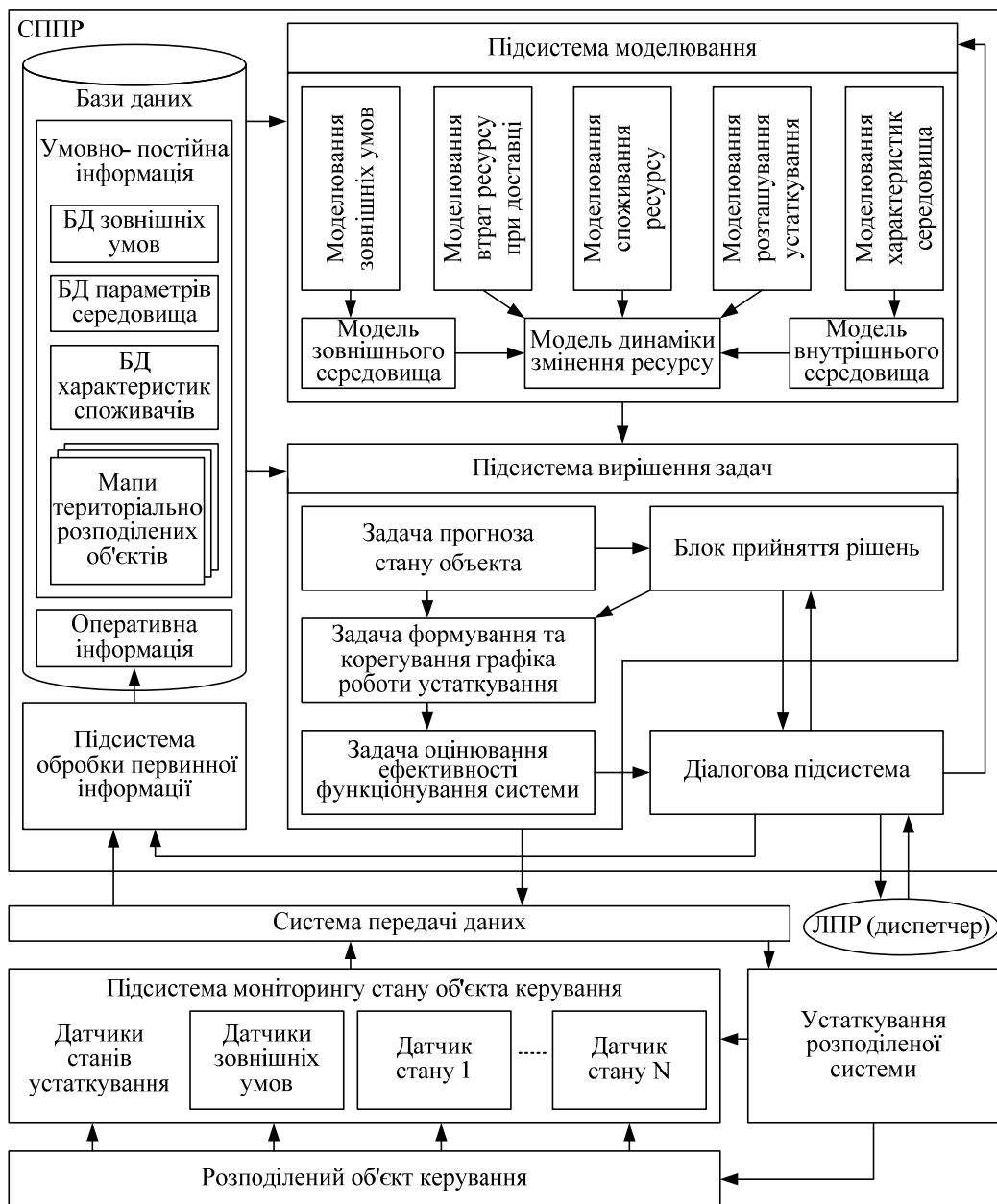


Рисунок 1 – Структура СППР для оперативного керування розподілим об'єктом

Система передачі даних, що поєднує СППР із устаткуванням розподіленого об'єкту й підсистемою моніторингу, може бути реалізована на базі бездротових телекомунікаційних технологій.

Оптимізацію оперативного керування доцільно здійснювати за рахунок використання методів адаптивного керування з прогножуючою моделлю. Використання моделі у вигляді безперервної оболонки надає можливість оцінювати можливий стан розподіленого об'єкта [7], а також формувати керування встаткуванням великої системи на майбутній період при фіксованому режимі роботи розподільного встаткування з урахуванням поточного стану й прогнозу умов, що обурюють [8].

Об'єкт керування спостерігається за допомогою виміральної підсистеми. Блок оцінювання формує оцінку поточного стану об'єкта \tilde{x}_i . Модель довгострокового прогнозу формує вектор стану \tilde{x}_{i+1} на горизонт прогнозу $t \in (t_i, t_{i+1})$, тобто для моменту часу $t_{i+1} = t_i + \tau$. Для прогнозу вектора стану \tilde{x}_{i+1} використовується умовно-постійна інформація (масив даних \bar{R}), що зберігається в базі даних, про істотні параметри розподіленого об'єкта, про тип споживачів і умови їхнього функціонування, про наявність одиниць розподільної техніки, їхньому розташуванні на географічній площині (координати встаткування), а також статистична інформація про зовнішні умови. Модуль адаптивного керування з експонентним згладжуванням і короткостроковим прогнозом [7] формує вектор керування \vec{u}_{i+1}^* (графік розподілу) на горизонт керування для інтервалу часу $t \in (t_i + \tau, t_{i+1} + 2\tau)$ з урахуванням заданого коридору припустимих значень $\vec{y}_{onm} - \Delta y_\delta \leq \vec{y}_i \leq \vec{y}_{onm} + \Delta y_\delta$. Знайдене оптимальне керування записується в блок запам'ятовування програм керування і передається в модуль зберігання програм керування до моменту часу $t_{i+1} = t_i + \tau$ для реалізації на інтервалі часу $t \in (t_i + \tau, t_{i+1} + 2\tau)$. На наступному $i+1$ інтервалі керування формування графіка витрачання ресурсу повторюється з урахуванням скоректованої оцінки прогнозу стану об'єкта \tilde{y}_{i+1} зі збереженням довжини інтервалу прогнозу τ .

Тривалість інтервалу достовірного прогнозу для формування графіка витрачання, протягом якого систему можна вважати квазілінійною, як і періодичність опитування датчиків, може визначитися за допомогою одномірного спектрального аналізу динаміки стану об'єкта в конкретних зовнішніх умовах і режимах функціонування [4].

Слід зазначити, що при практичній реалізації системи оперативного керування із прогнозом протягом усього періоду функціонування системи повторюються цикли тривалістю τ , у процесі яких вимірювання і керування здійснюється в режимі реального часу, а формування векторів оцінки стану \tilde{y}_{i+1} й оптимального керування \vec{u}_{i+1}^* – у режимі прискореного часу.

Часові інтервали роботи різних компонентів системи оперативного керування в i -му циклі відповідають наступним процесам:

- при $t \in (t_i, t_{i+1})$ для всіх $i = 0..N$ здійснюється вимірювання і безпосередній керування об'єктом протягом усього періоду функціонування $t \in (T_n, T_k)$;
- інтервал τ_1 – проміжок часу, у плінні якого формується прогноз стану об'єкта \tilde{y}_{i+1} ;
- інтервал τ_2 – проміжок часу, протягом якого здійснюється пошук оптимального керування \vec{u}_{i+1}^* на наступний період часу $t \in (t_{i+1}, t_{i+2})$;
- момент часу $t = t_i + \tau$ – граничний момент передачі отриманого графіка оптимального розподілу ресурсу на майбутній інтервал часу із блок запам'ятовування програм керування в модуль зберігання програм керування для своєчасної реалізації керування встаткуванням розподіленої системи на наступному циклі оперативного керування.

Періодичний розрахунок оптимального керування ресурсозабезпеченням системою оперативного керування із прогнозом повинен здійснюватися для кожної одиниці розподільної техніки. У цьому випадку при формуванні оцінки вектора стану \tilde{y}_{i+1} на горизонт прогнозу результат опитування датчиків $y_{ik}^{(p)}$ у зоні дії p -й одиниці розподільної техніки усереднюють.

Для підвищення ефективності прийняття рішень про оптимальне керування системою в критичному режимі функціонування необхідно вдосконалити схему

взаємодій блоків СППР. У СППР необхідно додати наступні елементи [9]:

1). У підсистему моделювання – модель аварійного режиму, що побудована на основі безперервної моделі розподіленої системи у вигляді апроксимуючих оболонок. Підсистема моделювання являє собою блок різноманітних моделей, для моделювання всіх можливих режимів функціонування електроенергетичної системи. Моделі ситуацій являють собою структурну інформацію про всі обставини, що відбуваються, альтернативні сценарії і варіанти можливих рішень. Для моделювання система накопичує інформацію в базу даних з трьох основних джерел:

- визначені і формалізовані спеціальні плани підключень в схемі з'єднання елементів розподіленої системи,

- моделі ситуацій, які відбувалися в реальному функціонуванні системи,

- результати функціонування підсистем прогнозу розвитку ситуацій, відносно подій, які не відбувалися, але можуть здійснитися.

2). Підсистему прогнозу розвитку аварійної ситуації, що аналізує стан системи на основі поверхневої моделі й дозволяє оцінити час стабілізації. Підсистема прогнозу розвитку ситуацій на основі отриманих моделей прогнозує можливу поведінку системи з визначеними параметрами і визначає шляхи розвитку ситуації. Цей блок повинен мати можливість нарощування. Нарощення блоку може бути проведено шляхом поповнення бази даних новими прогнозами, які були отримані в процесі навчання. Інформація цього блоку використовується для генерації рішень про управління блоком прийняття рішень.

3). Блок прийняття рішень необхідно доповнити відповідним методом розрахунку вектора керування в критичному режимі функціонування. Підсистема прийняття рішень повинна пропонувати набір можливих сценаріїв необхідного управління, оптимізації і стабілізації, набір дій оператора, а також мати можливість нарощування, тобто можливість додавати в СППР нові варіанти дій. Підсистема розрахунку управління і оцінювання ефективності можливих рішень розраховує наслідки рішень і проводить оперативну оцінку, які наводить підсистема прийняття рішень за критеріями, що обирає оператор. Розраховує необхідний закон

управління, оптимізації і стабілізації, а також перевіряє розраховані закони на можливість їх застосування.

4). Дублюючу систему передачі даних в інформаційну підсистему, тому що при переході критичної ситуації в режим катастроф як звичайно спостерігається фізичне руйнування не тільки окремих елементів розподілених об'єктів, а ще й об'єктів інформаційного зв'язку. Інформаційна підсистема поєднує підсистему розрахунку управління з об'єктом управління для успішної передачі обраного рішення. Інформаційна підсистема представлена двома блоками для підвищення надійності системи зв'язку в аварійних режимах функціонування. При виявленні критичної ситуації блок прийняття рішень активізує дублюючу систему передачі даних, який обслуговує інформаційне середовище СППР одночасно із стандартною системою передачі даних. Тобто, щоб всі підсистеми надійно функціонували між ними повинен здійснюватися рекомендований достовірний постійний зв'язок, який може забезпечувати використання сучасних ІАСК.

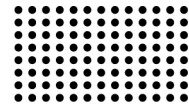
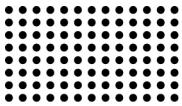
За такою схемою СППР, як частина інформаційно – управляючої системи, повинна отримувати інформацію від підсистеми вимірювання, виводити інформацію через інформаційну підсистему на об'єкт управління і обмінюватися інформацією з диспетчером, що приймає рішення.

Підсистема вимірювання є блоком моніторингу, що призначений для систематичного вимірювання всіх поточних параметрів функціонування об'єкту, зміни параметрів системи, поповнення статистичної бази новою інформацією для прогнозу і навчання системи. Таким чином вимірювальна підсистема забезпечує СППР зовнішньою інформацією.

Підсистема обробки первинної інформації виконує аналіз зовнішньої вхідної інформації. Обробляє інформацію, що отримує від оператора і зображує дані у вигляді зручному для подальшої обробки і передає інформацію в базу даних.

ВИСНОВКИ

При керуванні великими розподіленими системами, особливо в критичних режимах, підвищення надійності функціонування систем можна здійснювати шляхом оптимізації оперативного керування за рахунок удосконалення інформаційно-керуючої системи на



основі використання запропонованих моделей, методів і засобів, які надають можливість вчасно ідентифікувати й локалізувати критичні ситуації в системі, прогнозувати стан розподіленого об'єкта й синтезувати керування найбільш близьке до оптимального.

Параметри функціонування системи керування, стану встаткування й розподіленого об'єкта, які необхідні для оперативного керування із застосуванням сучасних програмно-апаратних засобів, доцільно візуалізувати у вигляді інтерфейсних вікон SCADA-Системи.

Удосконалення систем розподілу ресурсів шляхом використання запропонованих методів оперативного керування із прогнозуючою моделлю повинне супроводжуватися впровадженням сучасних підсистем моніторингу, які забезпечують постійний контроль параметрів зовнішніх умов, стану об'єкта й стану встаткування по всій території розподілених об'єктів.

Оперативне керування ресурсозабезпеченням в умовах невизначеності повинне здійснюватися з використанням методів адаптивного керування із прогнозуючою моделлю. ІАСК ресурсозабезпеченням у великій системі обумовлює гарантовану підтримку раціональних умов функціонування елементів розподіленої системи (споживачів), а також ощадливе використання всіляких ресурсів.

Розроблені методи моделювання територіально розподілених об'єктів та алгоритми пошуку оптимального управління повинні використовуватися в ІАСК для диспетчерського контролю і управління в критичних режимах функціонування. Їх наявність дає можливість своєчасно оцінити режим розподіленої системи в якому вона перебуває, визначити необхідне оптимальне управління і застосувати його. Ці питання є складовими частинами задач, які розв'язуються в СППР диспетчерського управління.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Bukovy`ch N.V. Proty`avarijnaja rezhy`mna avtomaty`ka elektroenergety`chny`x sy`stem. / N.V. Bukovy`ch. – L`viv: Vy`davny`czstvo «Besky`d Bit», 2003. – 224s.
2. Vojtov O.N. Avtomatizirovannaya sistema operativno-dispetcherskogo upravleniya e`lektroe`nergeticheskimi sistemami / [O.N. Vojtov, V.N. Voronin, A.Z. Gamm i dr.]. - Novosibirsk: Nauka, 1986.- 205 s.
3. Ostrejkovskij V.A. Teoriya nadezhnosti: Ucheb. dlya vuzov. / V.A. Ostrejkovskij. – M.: Vy`ssh. shk., 2003. – 463s.
4. Rudakova A.V., Polivoda O.V. Optimizaciya podsistem monitoringa raspredelenny`x ob`ektov metodami spektral`nogo analiza. // Sistemny`e tehnologii. – 2014. - № 2(91). – S.98-107.
5. Rudakova A.V., Polivoda O.V., Golovashhenko N.V. Ispol`zovanie approksimiruyushhix modelej dlya uluchsheniya kachestva operativnogo upravleniya bol`shimi raspredelenny`mi sistemami. // Vestnik Xersonskogo nacional`nogo texnicheskogo universiteta. Vy`p. 2(28). – Xerson: XNTU, 2007. - S.308-313.
6. Rudakova A.V. Metody`polucheniya ocenki optimal`ny`x reshenij pri upravlenii sistemami v kriticheskix rezhimakh pri deficite vremeni. // Sy`stemny`e tehnologiyi. Regional`ny`j mizhvuzivskiy`j zbirny`k naukovy`x prac`. – Vy`pusk 3(86). – Dnipropetrovs`k, 2013. – S.109-116.
7. Polivoda O.V., Rudakova G.V., Sarafannikova N.V. Vikoristannya metodu eksponencial`nogo zgladzhuvannya dlya adaptivnogo upravlinnya irigacijnoyu sistemoyu. // Naukovi praczi Nacjonal`nogo universitetu xarchovix tehnologij. Vip. № 48. – K.: NUXT, 2013. – S.54-59.
8. Polivoda O.V., Rudakova A.V. Metody`operativnogo upravleniya vlagooobespecheniem v irrigacionny`x sistemax s prognoziruyushhej model`yu. // Sistemny`j analiz i informacionny`e tehnologi: materialy`15-j Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii SAIT 2013, Kiev, 27-31 maya 2013g. / UNK «IPSA» NTUU «KPI», 2013. – S.165.
9. Rudakova A.V., Golovashhenko N.V. Sistema podderzhki prinyatiya reshenij dlya operativnogo upravleniya e`lektroe`nergeticheskimi ob`ektami // Problemy`informacionny`x tehnologij. – 2007. - №2 (002). – S.122 –127.