

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

**Тітов Микола Миколайович**

УДК 621.311.1.398

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ АСДК  
ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ  
В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ**

Спеціальність 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків - 2006

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у *Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут”* Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, професор  
**Черемісін Микола Михайлович,**  
Харківський національний технічний університет  
сільського господарства, професор кафедри  
електропостачання сільського господарства

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Лежнюк Петро Дем’янович,**  
Вінницький національний технічний університет,  
завідувач кафедри електричних станцій та систем

кандидат технічних наук, доцент  
**Лазуренко Олександр Павлович,**  
Харківський національний технічний університет,  
“Харківський політехнічний інститут”,  
декан електроенергетичного факультету

**Провідна установа:** Інститут електродинаміки  
Національної академії наук України, м. Київ

Захист відбудеться 02.02. 2007 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 64.050.06 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою:

61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.

Автореферат розісланий 28.12.2006 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Вепрік Ю.М.

## Загальна характеристика роботи

**Актуальність теми.** Розвиток сучасної науки і техніки, а також нові економічні умови ініціюють нові задачі в галузі керування електроенергетичними системами (ЕЕС). Завдяки все більшим можливостям обчислювальної та мікропроцесорної техніки стає реальним автоматизувати оптимальне керування режимами, метою якого є збільшення надійності електропостачання і зменшення втрат електроенергії під час її вироблення, транспортування і розподілу.

Втрати електроенергії в мережах України недопустимо великі, особливо враховуючи гострий дефіцит на енергоносії, що суттєво впливає на тарифи на електроенергію. З метою активно впливати на значення технологічних витрат електроенергії (ТВЕ) удаються до їх нормування. Проте існуючі підходи і методи нормування ТВЕ та планування заходів для зменшення втрат електроенергії в ЕЕС не досконалі і вимагають адаптації до нових умов експлуатації. Особливо це відноситься до оперативних, в темпі процесу, розрахунків втрат електроенергії, складанню балансу електроенергії та керування витратами, включаючи їх нормування і корекцію тарифів.

В даний час системи керування в масштабі реального часу широко використовуються в електроенергетиці. В ЕЕС система керування технологічним процесом відома як автоматизована система диспетчерського керування (АСДК). Вона призначена для дистанційного моніторингу та керування енергетичними об'єктами генеруючих, передаючих і електропостачальних компаній. Сучасна АСДК є багаторівневою системою, верхній рівень якої представляє собою центр керування у вигляді локальної обчислювальної мережі з розподіленою архітектурою. Така архітектура, з одного боку, підвищує надійність і продуктивність системи, а з другого, суттєво ускладнює можливість її аналізу та аналітичного дослідження на стадії проектування і вдосконалення. Тому розроблення математичних методів дослідження АСДК з розподіленою архітектурою стосовно використання останніх для моніторингу і керування втратами електроенергії в ЕЕС є важливою та актуальною задачею.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.** Дисертаційна робота виконана на кафедрі “Передача електричної енергії” НТУ “ХП” та складала частину досліджень, які були проведені при виконанні госпдоговірної НДР “Розробка розрахункової моделі для оцінки системної готовності АСДК енергетичного підприємства” (договір №37107-2003 НТУ “ХП” із НДПП “Укренергомережпроект”, м. Харків, Мінтопэнерго України) та госпдоговірної теми “Оперативно-інформаційний комплекс автоматизованої системи диспетчерського керування (ОІК АСДК) Північної електроенергетичної системи” (договір № 165 від 1.08.2002 р. НВФ “Хартеп” з НЕК “Укренерго”), де здобувач був відповідальним виконавцем.

**Метою роботи** є вдосконалення автоматизованих систем диспетчерського керування нормальними режимами ЕЕС для моніторингу втрат електроенергії в задачах їх зменшення.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язуються такі основні задачі:

- розробити математичну модель для дослідження готовності верхнього рівня АСДК з розподіленою архітектурою розв'язувати задачі оперативного керування ТВЕ;
- провести аналіз обґрунтування прийнятих при моделюванні рішень щодо функціональної готовності АСДК в реальних експлуатаційних умовах та оцінити можливість використання при цьому теорії марковських процесів;
- розробити метод визначення інтегрального показника якості функціонування АСДК для оцінки ефективності заходів, направлених на підвищення надійності отримання вихідних даних для оперативних розрахунків параметрів режиму ЕЕС;
- удосконалити метод оперативного визначення втрат потужності в ЕЕС, адаптувавши його до бази даних, яка формується ОІК АСДК;
- обґрунтувати вимоги до інформаційного забезпечення задачі оперативного визначення ТВЕ в ЕЕС з врахуванням розвитку і реконструкції сучасних ОІК і автоматичних систем контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ).

**Об'єктом дослідження** є автоматизовані системи диспетчерського керування нормальними режимами ЕЕС.

**Предмет дослідження** – методи і моделі для оцінки якості функціонування АСДК, а також для оперативного визначення втрат потужності в ЕЕС.

**Методи дослідження.** Використовувалися методи теорії математичного моделювання та теорії марковських процесів для моделювання математичної моделі готовності верхнього рівня АСДК, а також для обґрунтування прийнятих при моделюванні рішень щодо функціональної готовності АСДК в реальних експлуатаційних умовах. Методи розв'язування лінійних і нелінійних рівнянь, теорія електричних систем застосовувались для розробки визначення втрат потужності в ЕЕС, які адаптовані до бази даних ОІК АСДК. При розробленні алгоритмів і програм використовувалися методи прикладного програмування, матричної алгебри і теорії графів.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Основні результати, які становлять наукову новизну:

1. Розроблена математична модель АСДК як модель комп'ютерної SCADA-системи з використанням марковських процесів, що дозволяє підвищити надійність і якість інформаційного забезпечення для оперативного визначення параметрів режиму ЕЕС.
2. Вперше обґрунтований і запропонований показник якості функціонування АСДК, що дозволяє оцінювати варіанти розвитку інформаційного забезпечення і міру його відповідності задачі оперативного визначення втрат потужності в ЕЕС.
3. Вдосконалена математична модель усталеного режиму ЕЕС з метою адаптації її до використання телевимірів, що дозволяє підвищити достовірність результатів оперативного визначення втрат потужності.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Розроблені математичні моделі, які доведені до рівня програмної реалізації, можуть використовуватися для аналізу надійності АСДК ЕЕС з розподіленою архітектурою в електроенергетиці.

Отримані математичні моделі мають достатню степінь універсальності, що дозволяє використовувати їх в якості розрахункових для оцінки системної готовності АСДК.

Адаптований до вихідних даних, об'єм яких динамічно змінюється, метод розрахунку усталених режимів ЕЕС може бути покладений в основу системи оперативного визначення втрат електроенергії в електричних мережах енергосистем.

Результати роботи впроваджені з позитивним техніко-економічним ефектом в практичних задачах при вдосконаленні АСДК в чисельних підприємствах НЕК “Укренерго”.

**Особистий внесок здобувача.** Всі наукові положення і результати, приведені в дисертаційній роботі, отримані здобувачем особисто. Серед них:

- основні принципи побудови інформаційно-керуючої системи оперативних розрахунків втрат потужності в ЕЕС, включаючи модульність структури побудови апаратних і програмних засобів, побудову обчислювальної мережі верхнього рівня АСДК;

- побудова АСУ ДАЕК як ієрархічної системи, а також наповнення нижнього рівня сучасними технічними засобами і програмним забезпеченням;

- метод, оснований на марковських моделях, який дозволяє проводити аналіз функціональної готовності АСДК на стадії розробки нових комп'ютерних архітектур ОІК, а також критеріальна модель оцінки якості функціонування АСДК та її інтегральний показник;

- структура АСУ ДАЕК в умовах корпоративної мережі між ЛОМ підрозділів ДАЕК, яка повинна бути під мережею корпоративної мережі “Енергія” Мінпаливенерго України.

**Апробація роботи.** Результати досліджень доповідались та обговорювались на науково-технічних конференціях та семінарах: VIII, X міжнародній науково-технічній конференції “Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье” (м.Харків, 2000 р., 2002 р.); X міжнародній науковій конференції “Теория и техника передачи, приема и обработки информации” (м.Харків-Туапсе, 2004 р.); міжнародній конференції “Зниження втрат електроенергії в мережах на її транспортування. Заходи щодо покращання роботи зі споживачами електроенергії” (м.Харків, 2004 р.); III міжнародному форумі “Топливо-энергетический комплекс Украины: настоящее и будущее” (м.Київ, 2005 р.); науковому семінарі “Автоматизация та комп'ютерні технології” (м.Харків, ХНТУСГ, 2006 р.); міжнародній науково-технічній конференції “Електромеханічні системи, методи моделювання та оптимізації” (Кременчук, 2006 р.).

**Публікації.** За матеріалами роботи опубліковано 15 наукових праць, з них 7 у фахових виданнях ВАК України.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків і додатків. Повний об'єм дисертації складає 189 стор., у тому числі 30 рисунків в основному тексті; 25 таблиць, з них 7 таблиць в основному тексті і 18 таблиць у додатку до дисертації. Список використаних джерел зі 113 найменувань на 12 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність роботи, сформульована мета і завдання досліджень і розробок, визначені об'єкт і предмет досліджень, встановлені методи досліджень, показані наукова новизна і практичне значення одержаних результатів.

У **першому розділі** проаналізовано задачі зменшення втрат електроенергії в ЕЕС. За результатами аналізу визначено основні напрямки підвищення ефективності оперативного визначення ТВЕ в ЕЕС, одним з яких є розробка методів оцінки надійності і якості функціонування АСДК як елемента енергосистеми.

Показані роль і значення втрат електроенергії в тарифоутворенні і в вартості передачі електроенергії. Одним з недоліків, який стримує розробку механізму впливу на ТВЕ і подальше вдосконалення його ефективності, є те, що впровадження інформаційних технологій в ЕЕС відстає від можливостей сучасних технічних засобів оперативного контролю, збору, обробки, зберігання, передачі інформації і, що саме головне, швидкості прийняття оптимальних рішень в управлінні режимами ЕЕС.

Одним з організаційних інструментів стимулювання енергопостачальних організацій до проведення економічно обґрунтованих заходів щодо зниження втрат, направлених на зниження темпів зростання тарифів на електроенергію, є нормування втрат. Нормування втрат електроенергії розглядається як процедура поступового підвищення вимогливості до рівня втрат, що включаються в тариф, з метою їх зниження до економічно обґрунтованого рівня. Ступінь цієї більш жорсткої вимогливості визначається на основі аналізу можливостей реалізації в планованому періоді заходів щодо зниження втрат. Для розробки заходів щодо зниження технічних втрат, оцінки їх ефективності, оцінки величини небалансів і виявлення необлікованої електроенергії необхідно точніше розрахувати технічні втрати електроенергії в мережі в цілому, а також в елементах мережі з розбиттям по ступенях напруги і структурних підрозділах енергопостачальних організацій. Після аналізу звітних і технічних втрат, а також наявних резервів по їх зниженню визначається і обґрунтовується норматив втрат електроенергії і динаміка його зміни.

Ефективність реалізації такого підходу залежать від точності і оперативності визначення втрат, для чого потрібно удосконалювати методи, засновані на розрахунку серії усталених режимів електричних мереж для кожної години доби. Останнє, у свою чергу, вимагає підвищення ефективності роботи АСКОВЕ і АСДК як елементів ЕЕС.

Показано, що для досягнення потрібного рівня ефективності системи оперативного визначення втрат електроенергії необхідна: реконструкція і впровадження ОІК АСДК, розробка математичної моделі і методу оцінки надійності і якості функціонування АСДК з розподіленою архітектурою (апаратного і програмного забезпечень), а також розробка методу визначення втрат потужності і електроенергії в ЕЕС, адаптованого до бази даних, що формується ОІК АСДК, який розвивається.

У **другому розділі** показана можливість і доцільність використання марковських процесів для моделювання та визначення функціональної готовності АСДК ЕЕС. Запропоновано показник якості функціонування АСДК, який дозволяє оцінювати варіанти розвитку інформаційного забезпечення і ступінь відповідності його задачі оперативного визначення втрат потужності в ЕЕС. З цією метою використовується подібність математичного моделювання марковських процесів і критеріального моделювання.

АСДК ЕЕС можна розглядати як упорядкований набір елементів, які взаємодіють на протязі деякого часу з метою розв'язання ряду задач і досягнення певної мети. Для якісного та кількісного аналізу системи можуть бути використані математичні моделі. В залежності від мети, що переслідується під час дослідження, модель системи може змінюватися, відображаючи ті її сторони, які є найбільш важливими, характерними і визначальними для даної задачі.

Враховуючи особливості АСДК ЕЕС, їх характеристики і поставлені задачі, для моделювання і дослідження АСДК використовується математичний апарат марковських процесів. Марковські моделі використовують для оцінки продуктивності та надійності програмних і апаратних засобів АСДК. Вони включають в себе здатність охоплювати різні залежності, можливість обчислень параметрів стабільного, перехідного та кумулятивного перехідного станів, можливість розширення до марковських моделей винагородження, корисних при аналізі працездатності АСДК.

Марковські моделі винагородження (ММВ) є розширеннями марковських ланцюгів, отриманих шляхом завдання функцій трансформації  $\tau(\cdot)$  з метою перетворення елементів з простору станів  $\Omega$  марковського ланцюга в реальні числа (див. рис. 1). Можливі ММВ для дискретного або неперервного часу. В даній роботі використовуються ММВ, побудовані на марковських ланцюгах неперервного часу (МЛНЧ).

Імовірності станів МЛНЧ визначаються з системи диференціальних рівнянь Колмогорова:

$$\frac{dp(t)}{dt} = \Psi p(t) , \quad (1)$$

де  $p(t)$  – вектор імовірності станів МЛНЧ, який залежить від часу  $t$ ;  $\Psi$  – матриця густини імовірностей переходів МЛНЧ з одного стану в інший.

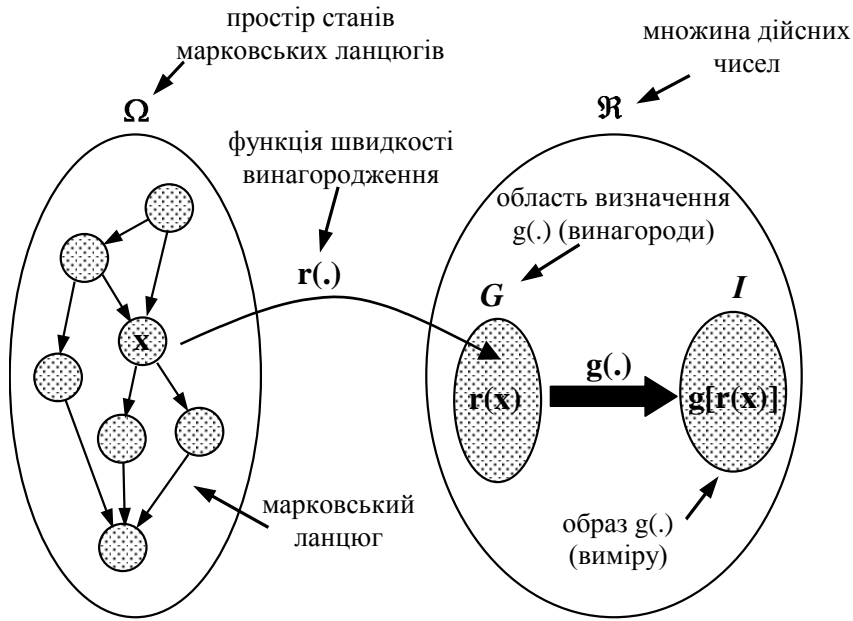


Рис. 1. Концепція функції швидкості винагородження

Припускається, що вектор імовірностей стабільних станів  $\mathbf{p}$  існує, є єдиним і визначається з системи рівнянь

$$\Psi' \cdot \mathbf{p} = \mathbf{b}, \quad (2)$$

$$\text{де } \Psi' = \begin{vmatrix} \Psi_{11} & \Psi_{12} & \Psi_{13} & \dots & \Psi_{1m} \\ \Psi_{21} & \Psi_{22} & \Psi_{23} & \dots & \Psi_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Psi_{n1} & \Psi_{n2} & \Psi_{n3} & \dots & \Psi_{nm} \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \end{vmatrix}; \mathbf{p} = \begin{vmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ \dots \\ p_m \end{vmatrix}; \mathbf{b} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ 1 \end{vmatrix}.$$

Аналіз, оснований на марковських моделях винагородження, дозволяє забезпечити попередню оцінку готовності АСДК з розподіленою архітектурою з врахуванням відновлення. Показником, за допомогою якого визначається, що система працює коректно і може виконувати свої функції в заданий час  $t$ , є миттєва готовність:

$$A(t) = \Pr \overset{\Delta}{X(t)=1} = E \overset{\Delta}{X(t)},$$

де  $X(t)$  – випадкова величина, яка рівна одиниці, якщо система знаходиться в робочому стані.

Готовність стабільного стану системи, яка характеризує довгострокову імовірність готовності системи, визначається як

$$A_{ss} = \lim_{t \rightarrow \infty} \overset{\Delta}{A(t)}.$$

В роботі використовуються два методи проведення аналізу готовності АСДК. В першому, системна архітектура розглядається як чорний ящик і готовність визначається як



$$A_{ss} = \frac{T_H}{T_H - T_B},$$

де  $T_H$  – середній час наробки на відмову;  $T_B$  – середній час відновлення працездатності системи.

В методі білого ящика використовуються марковські моделі винагородження, коли відмовостійкість системи оцінюється за допомогою швидкостей збою і відновлення системних компонент. В цьому випадку є можливість визначити не тільки  $A_{ss}$ , а й  $A(t)$  і середню готовність на інтервалі часу  $\bar{A}(t)$ .

Працездатні стани АСДК відрізняються між собою техніко-економічним ефектом від виконання нею своїх функцій (в нашому випадку оперативне визначення втрат потужності). Критерієм оптимальності при виборі стратегії відновлення якості функціонування системи прийнято максимум перебування її в станах, коли параметри знаходяться в межах допустимих і створюються умови для визначення значення втрат із заданою точністю. Для однозначності оцінки якості функціонування АСДК бажано мати не вектор, а число, яке характеризує її працездатність і здатність формувати керуючі впливи. Для цього використовується аналогія між системою рівнянь (2), якою описуються марковські процеси, і системою рівнянь ортогональності і нормування, якою описуються процеси, що оптимізуються за допомогою критеріального програмування.

Матриця коефіцієнтів  $\Psi'$  системи рівнянь (2) є подібною до матриці розмірностей системи рівнянь, яка застосовується в теорії подібності. В роботі показано, що вектор  $\mathbf{p}$ , компоненти якого є по суті зваженими коефіцієнтами станів досліджуваного процесу, за своїм змістом відповідає вектору критеріїв подібності. Відповідно, подібність моделювання марковських процесів і критеріального моделювання дозволяє застосувати до системи рівнянь (2) принципи критеріального програмування.

Система рівнянь (2) в критеріальному програмуванні відповідає прямій задачі

$$\min \left\{ f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^m c_i \prod_{j=1}^n x_j^{\Psi_{ji}} \right\}, \quad (3)$$

де  $f(\mathbf{x})$  функція від матриці  $\Psi'$ , яка є функцією відмов, що відображає вплив елементів системи на здатність виконувати нею поставлену задачу;  $x_j$  змінні параметри системи, які характеризують готовність системи керування виконувати свої функції і приймати участь у формуванні вихідного ефекту;  $c_i$  постійні коефіцієнти, значення яких визначається властивостями системи;  $m$  - кількість можливих станів досліджуваної системи в просторі станів МЛНЧ  $\Omega$ ;  $n$  - кількість напрямків зміни станів системи, які виходять з ідеально робочого стану.

Відповідна до (3) двоїста задача записується

$$\max \left\{ d(\mathbf{p}) = \prod_{i=1}^m \left( \frac{c_i}{p_i} \right)^{p_i} \right\}. \quad (4)$$

До критеріального виду (4) приводиться шляхом ділення на базис (за базис приймається оптимальне значення  $d_{\max}(\mathbf{p}_0)$ )

$$d_*(\mathbf{p}_*) = \prod_{i=1}^m \frac{p_{i0}^{p_{i0}}}{p_i^{p_i}}, \quad (5)$$

де  $p_i$  значення імовірності знаходження системи в  $i$ -му стані, що відповідає системі рівнянь Колмогорова.

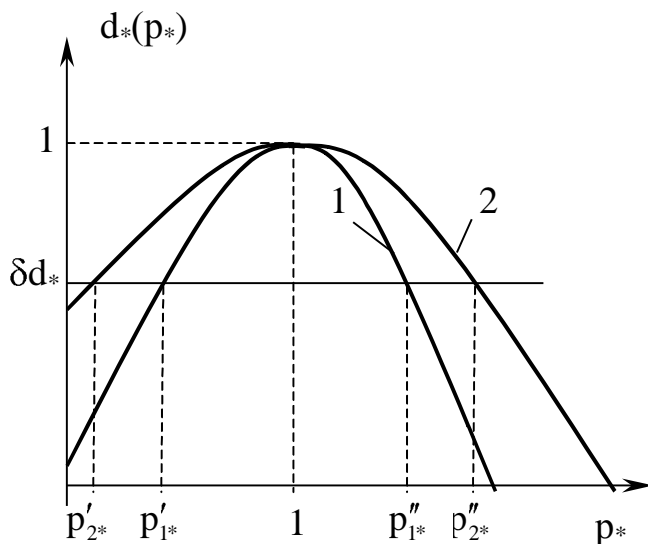


Рис. 2. Функція якості системи керування в двох станах

На рис. 2, як приклад, приведені критеріальні залежності для двох працездатних станів системи з різними характеристиками. Якість функціонування системи оцінюється інтегральним показником, який визначається як площа  $V_i$ , що обмежена кривою  $d_* = f(p_*)$  і прямою  $d_* = \delta d_*$ ,

$$V_i = \int_{p_{*j}''}^{p_{*j}'} (d_{*i}(p_{*j})) dp - \int_{p_{*j}''}^{p_{*j}'} (\delta d_*) dp, \quad (6)$$

де значення  $\delta d_*$  відповідає межах якості функціонування АСДК, за якими система не придатна до виконання своїх функцій.

Чим більше значення показника якості, тим більша функціональна готовність системи. Крім цього, якщо провести аналіз величин  $V_i$ , змінюючи незалежні двоїсті змінні (відносні імовірності перебування системи в певному стані), то можна зробити висновок відносно стратегії етапів відновлювальних робіт.

В **третьому розділі** вдосконалено математичну модель нормального режиму ЕЕС з метою забезпечення адаптивності до змін у структурі параметрів, що вимірюються. Показана можливість прямого врахування телевимірів в розрахунковій моделі ЕЕС. Для розрахунку усталених режимів ЕЕС в середовищі ОІК використовується метод Ньютона. Розглянуті питання цифрової фільтрації телевимірюваних параметрів поточного режиму ЕЕС, аналізу їх вірогідності та відновлення спотворених і відбракованих величин.

Найбільш відповідним для оперативного визначення технічних втрат електроенергії  $\Delta W_T$  є метод розрахунку їх за графіком навантажень ЕЕС:

$$\Delta W_T = \sum_{i=1}^k \left( \sum_{j=1}^{n_B} \Delta P_{ij} \right) \Delta t, \quad (7)$$

де  $\Delta P_{ij}$  – втрати потужності в  $j$ -ому елементі еквівалентної заступної схеми ЕЕС для  $i$ -го часового зрізу;  $\Delta t$  – дискретність надходження часових зрізів параметрів режиму ЕЕС;  $k, n_B$  – кількість, відповідно, часових зрізів за звітний період і віток еквівалентної заступної схеми ЕЕС.

Використання даного методу визначення втрат енергії вимагає розрахунку втрат потужності для кожного часового зрізу. На рис. 3 подано структурну схему моделювання нормальних режимів ЕЕС у реальному часі на основі даних телевимірювань.



Рис. 3. Структурна схема організації розрахунку нормальних режимів ЕЕС у реальному часі в умовах неповноти початкової інформації

Додаткова інформація може бути введена оперативним персоналом. За цими даними в бібліотеці базисних режимів (бібліотеці ретроспективи), яка формується протягом тривалого часу на підставі балансування і достовіризації часових зрізів, виконується підбір режимів, аналогічних поточному. Підбір виконується за рахунок співставлення сумарної потужності генерування і споживання, навантаження на основних об'єктах енергосистеми, потоків потужності в контрольованих лініях електропередачі. Метою є визначення

тенденцій розподілу значень незалежних змінних, що необхідно для розрахунку відсутніх або пошкоджених елементів вектору спостереження.

Обраний режим, після накладання телемеханічної інформації та псевдовимірів приймається як початкове наближення. Для уточнення параметрів режиму використовуються ітераційні процедури методу Ньютона або по-параметру, що дозволяють виконувати розрахунок із заданою точністю. В результаті визначається вектор стану, що однозначно характеризує поточний режим ЕЕС і дає можливість розрахунку показників ефективності даного режиму, зокрема втрат потужності, а також модифікації інтегральних характеристик.

Оперативне моделювання нормальних режимів ЕЕС на основі телевимірювань поточних параметрів ЕЕС є складною математичною й алгоритмічною задачею, розв'язання якої пов'язане з проблемами підбору математичних моделей та методів пошуку розв'язків, що задовольняють жорстким часовим обмеженням, а також вимогам надійності отримання розв'язку. У роботі проведено аналіз математичних моделей і методів, які використовуються для розв'язування даної задачі. В результаті встановлено, що найбільш доцільно для формування моделі нормальних режимів ЕЕС використовувати метод вузлових напруг у формі балансу потужностей в полярних координатах. Запропоновано вдосконалену математичну модель:

$$F_{Pk} = -P_k - \sum_{j=1}^{m1_k} [P_{kj}] - \sum_{j=m1_k+1}^{m_B+1} [g_{kj}U_kU_j \cos \delta_k - \delta_j + b_{kj}U_kU_j \sin \delta_k - \delta_j]; \quad (8)$$

$$F_{Qk} = -Q_k - \sum_{j=1}^{m2_k} [Q_{kj}] - \sum_{j=m2_k+1}^{m_B+1} [g_{kj}U_kU_j \sin \delta_k - \delta_j - b_{kj}U_kU_j \cos \delta_k - \delta_j],$$

де  $F_{Pk}$ ,  $F_{Qk}$  – небаланси у  $k$ -ому вузлі, відповідно, по активній і реактивній потужностях;  $g_{kj}$ ,  $b_{kj}$  – активна та реактивна складові елемента  $Y_{kj}$  матриці вузлових напруг;  $\delta_k$ ,  $\delta_j$  – фази напруг вузлів  $k$  та  $j$  відносно напруги базисного вузла;  $m$  – кількість вузлів заступної схеми ЕЕС без базисного;  $P_{kj}$ ,  $Q_{kj}$  – активна та реактивна складові перетоку потужності по вітці  $k$ - $j$ , що зафіксовані з боку  $k$ -го вузла;  $m_B$  – кількість вузлів заступної схеми з урахуванням базисного;  $m1_k$ ,  $m2_k$  – кількість вузлів, з'єднаних з  $k$ -тим вузлом ЕЕС вітками, які оснащені комплектами для телевимірювання, відповідно, активних і реактивних потужностей.

Перевагою її є повна відповідність переліку залежних і незалежних змінних вектору спостереження ОІК. Дана модель легко адаптується до основних способів представлення інформації по вузлах ЕЕС (вузли типу PQ, PU, PQU), а також дозволяє використовувати телеінформацію, у тому числі про перетоки потужності в ЕЕС як неявні обмеження.

Для визначення залежних параметрів режиму використовується метод Ньютона першого порядку з можливим продовженням по-параметру.

Лінеаризована модель нормального режиму ЕЕС на  $k$ -ій ітерації методу Ньютона матиме вигляд

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial \mathbf{F}_Q}{\partial \mathbf{Q}} & \frac{\partial \mathbf{F}_Q}{\partial \mathbf{U}} & \frac{\partial \mathbf{F}_Q}{\partial \delta} \\ 0 & \frac{\partial \mathbf{F}_P}{\partial \mathbf{U}} & \frac{\partial \mathbf{F}_P}{\partial \delta} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \Delta \mathbf{Q}^{(k)} \\ \Delta \mathbf{U}^{(k)} \\ \Delta \delta^{(k)} \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} \mathbf{F}_Q \mathbf{U}^{(k)}, \delta^{(k)}, \mathbf{Q}^{(k)} \\ \mathbf{F}_P \mathbf{U}^{(k)}, \delta^{(k)} \end{pmatrix}, \quad (9)$$

де  $\frac{\partial \mathbf{F}_P}{\partial \mathbf{U}}, \frac{\partial \mathbf{F}_P}{\partial \delta}, \frac{\partial \mathbf{F}_Q}{\partial \mathbf{U}}, \frac{\partial \mathbf{F}_Q}{\partial \mathbf{Q}}, \frac{\partial \mathbf{F}_Q}{\partial \delta}$  – блоки матриці чутливості небалансів активної та реактивної потужностей відповідно до модулів напруг вузлів ЕЕС без врахування вузлів типу PU та PQU, до реактивних складових потужностей вузлів типу PU та до фаз напруг вузлів ЕЕС відносно базисного;  $\Delta \mathbf{U}^{(k)}, \Delta \delta^{(k)}, \Delta \mathbf{Q}^{(k)}$  – вектори поправок модулів та фаз вузлових напруг, а також реактивних потужностей балансувальних вузлів;  $\mathbf{F}_P \mathbf{U}^{(k)}, \delta^{(k)}, \mathbf{F}_Q \mathbf{U}^{(k)}, \delta^{(k)}, \mathbf{Q}^{(k)}$  – вектори небалансів по активній та реактивній потужностях у вузлах схеми.

Використання вимірних параметрів поточного режиму в (8), (9), крім наближення змодельованого режиму ЕЕС до реального, дозволяє спростити модель нормального режиму ЕЕС та скоротити кількість обчислень на кожному кроці ітераційного процесу пошуку рішення. Проте, пряме використання телевимірів накладає підвищені вимоги до їх точності та вірогідності.

Для розв'язання даної проблеми, враховуючи, що основні вимірювані параметри в ЕЕС за своєю природою є випадковими функціями часу, у роботі запропоновано метод обробки результатів поточних вимірювань, структурна схема якого подана на рис. 4.

Поточна послідовність вимірів представляється у вигляді часового ряду дискретних випадкових величин  $x(k)$ , які складаються з детермінованої  $S(k)$  і випадкової  $\eta(k)$  складових таким чином, що  $x(k)=S(k)+\eta(k)$ . Пересувне вікно телеінформаційної системи запам'ятовує вектор спостереження  $\mathbf{x}(k) = |x(k-m), x(k-m+1) \dots x(k), x(k+1) \dots x(k+m)|^T$ .

Для обробки даної послідовності запропоновано використовувати нерекурсивні цифрові фільтри, рівняння яких мають вигляд:

$$S^*(k) = \sum_{i=-m}^m h_0 x(k+i); \quad \dot{S}^*(k) = \sum_{i=-m}^m h_1 x(k+i), \quad (10)$$

імпульсні характеристики

$$h_0(i) = \frac{c_2 i^2 - c_4}{c_2^2 - c_0 c_4}; \quad h_1(i) = \frac{c_4 i^3 - c_6 i}{c_4^2 - c_2 c_6}, \quad (11)$$

а результатом обробки є згладжене значення вхідного сигналу  $S^*(k)$ . Оскільки статистичні закономірності вимірювань наперед невідомі, задача визначення коефіцієнтів  $c_0, c_2, c_4, c_6$  розв'язується методом найменших квадратів з представленням детермінованої складової процесу  $S(t)$  у вигляді степеневого

поліному. Його порядок визначається кількістю екстремумів вимірюваної змінної протягом доби.

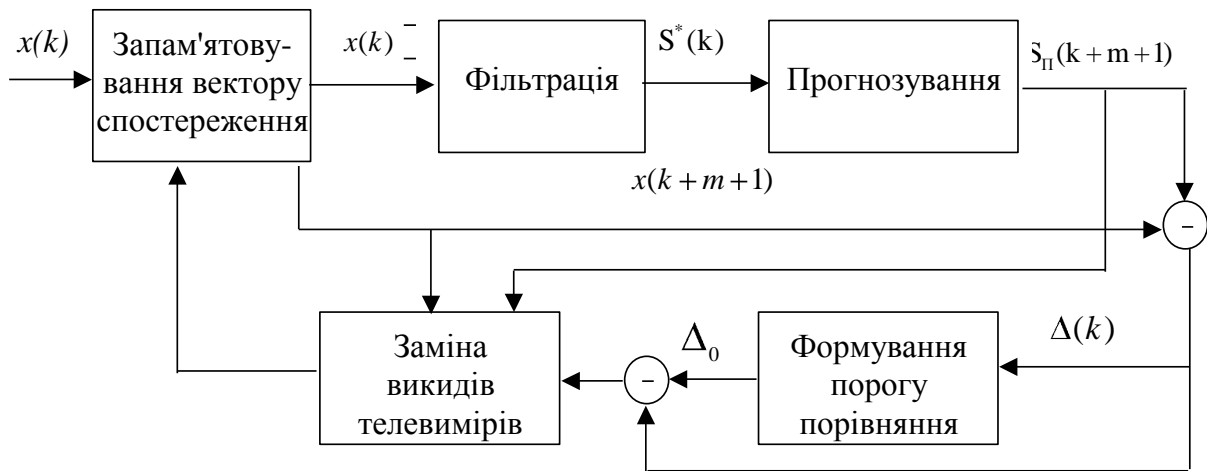


Рис. 4. Структурна схема процесу поточної обробки телевимірів

Статистична обробка результатів послідовності вимірювань включає також оцінку вибіркової дисперсії  $D_x^*(k)$  і коефіцієнта кореляції суміжних вимірів  $r_x^*(k)$ , що використовуються для статистичного аналізу вимірювань і формування на його основі висновку про стан і показники роботи ОІК ЕЕС, а також устаткування, що входить до його складу.

Для компенсації неповноти початкової інформації в роботі запропонована модель оперативного прогнозування погодинних навантажень енергосистеми з урахуванням зміни температури навколишнього середовища. Розроблена модель може використовуватися для оцінювання (підгонки) незалежних параметрів поточного режиму ЕЕС у разі їх відсутності у векторі спостереження або розбіжності процесу розрахунку нормального режиму, а також прогнозування навантажень в рамках імітаційної моделі. Модель сумарного навантаження енергосистеми  $P(t)$  представляється у вигляді суми трьох складових: базової  $P_0(t)$  (90-95%), температурної  $P_T(t)$  (5-10%) і залишкового шуму процесу  $U(t)$  (2-3%):

$$P(t) = a_0 + \sum_{i=1}^L (a_{1i} \cos \omega_i t + a_{2i} \sin \omega_i t) + \sum_{j=0}^K D_j \Delta T_0(t-j) + U(t) \quad , \quad (12)$$

де  $a_0, a_{1i}, a_{2i}$  –  $(2L+1)$  невідомих параметрів моделі навантаження;  $L$  – порядок розкладання ( $L=8 \div 10$ , з тим щоб мінімальний період опиту засобів телемеханіки відповідав часу  $10 \div 30$  хв.);  $\omega_i$  – частота першої та вищих гармонік;  $K=2 \div 3$  – кількість актуальних ретроспективних часових зрізів;  $\Delta T_0(t)$  – ефективне відхилення температури від базової;  $D_j$  – параметр моделі навантаження. Для визначення параметрів базової та температурної складових моделі навантаження (12) використовується метод найменших квадратів та ретроспективна інформація про електроспоживання ЕЕС.

Таким чином, розроблені математичні моделі, методи та алгоритми в сукупності дозволяють підвищити ефективність оперативного моделювання усталених режимів ЕЕС з урахуванням динаміки зміни складу інформаційного забезпечення.

У четвертому розділі показана ефективність методів оцінки готовності та якості функціонування АСДК ЕЕС, в яких використовуються моделі МЛНЧ і подібність їх з критеріальною моделлю відмов системи. На прикладі реальної ЕЕС показана працездатність та ефективність методів і алгоритмів розрахунку усталених режимів ЕЕС і визначення втрат потужності з використанням даних телевимірів. Проаналізовано вплив похибок незалежних параметрів математичної моделі на точність визначення технічних втрат у поточних режимах ЕЕС. Досліджено можливість підвищення адекватності оперативного аналізу нормальних режимів ЕЕС на основі телевимірюваних параметрів.

Використовуючи запропоновані в роботі структуру і моделі функціонування АСДК, розроблені алгоритми формування бази даних для оперативних розрахунків втрат потужності в ЕЕС. Показано, що моделювання бази даних реального часу для розв'язування оперативних задач ЕЕС з використанням МЛНЧ є можливим і доцільним. Отримана таким чином модель дозволяє аналізувати ефективність структури комп'ютерної мережі АСДК і визначати її основні характеристики. Ефективність розробленого методу оцінки готовності АСДК з використанням моделей, побудованих з врахуванням часу наробки на відмову і часу відновлення, проілюстрована на різних схемах і способах взаємодії пультів оператора і сервера.

Для АСДК, стани якої описуються графом, приведеним на рис. 5, виконана оцінка якості її функціонування з використанням подібності моделі МЛНЧ і критеріальної моделі відмов. Для заданих потоків відмов  $\psi_{ji}$  і потоків відновлення  $m_{ji}$  розраховані імовірності станів АСДК (стан 1 характеризує повну працездатність системи, 7 – повну відмову, 2-6 – проміжні стани, в яких система має певні обмеження щодо виконання своїх функцій).

Зміна якості функціонування АСДК в процесі оперативного керування режимами ЕЕС визначається відносним значенням функції

$$f_{*k}(x_*) = \sum_{i=1}^m p_{ki} \prod_{j=1}^n x_{*kj}^{\psi_{ji}}. \quad (13)$$

Значення останньої вводиться в критерій оптимальності режимів ЕЕС

$$F_* = \Delta P_*(z, u) + P_*(\psi), \quad (14)$$

де  $\Delta P_* = \Delta P / \Delta P_{\text{опт}}$  - відносне значення втрат потужності, яке залежить від значень векторів стану  $\mathbf{z}$  і керування  $\mathbf{u}$ ;  $P_*(\psi) = 1 - 1/f_{*k}$  - відносне значення втрат потужності, які еквівалентні збитку, що обумовлений не відповідною якістю функціонування системи керування.



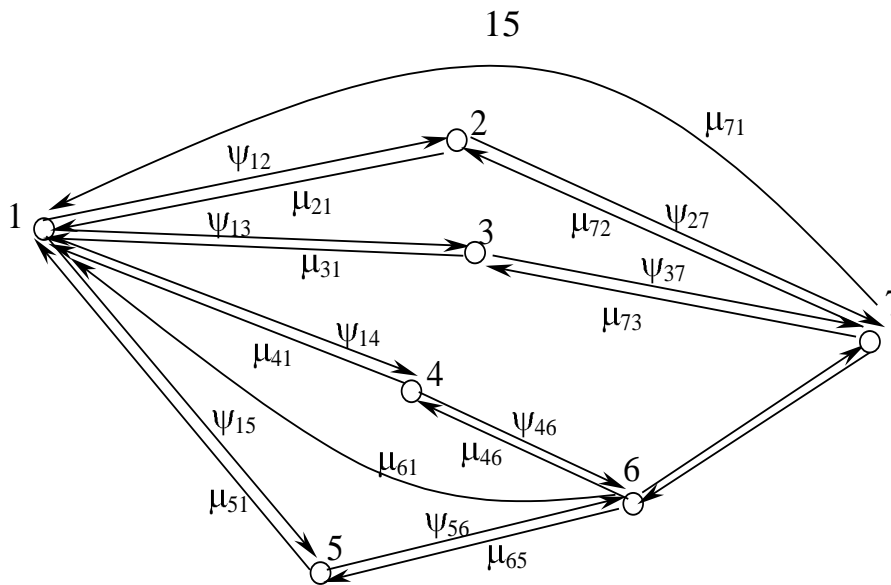


Рис. 5. Граф станів системи керування

З метою аналізу впливу похибок теле- та псевдовимірів на результати визначення технічних втрат в ЕЕС на прикладі фрагмента мережі 750-330 кВ Північної електроенергетичної системи з еквівалентами зовнішніх зв'язків виконано обчислювальний експеримент. Його сутність полягала у співставленні результатів визначення втрат на основі псевдоточних та спотворених з заданою похибкою незалежних параметрів поточного режиму.

Аналіз результатів дозволяє стверджувати, що при похибці вимірювання або визначення незалежних параметрів у межах 10% похибка результатів моделювання нормального режиму ЕЕС не перевищує 5% з імовірністю 99,7%. Висновок справедливий лише за умови, що спотворені параметри були відновлені на основі достатньо точного оперативного прогнозу сумарного навантаження енергосистеми. При перевищенні похибкою незалежних параметрів порогу в 20% вірогідність оперативного моделювання нормального режиму ЕЕС істотно знижується, а його результати є непридатними для практичного застосування.

Для підвищення вірогідності моделювання режимів ЕЕС в умовах неповноти і недосконалості початкової інформації доцільно використовувати надлишкові телевиміри модулів вузлових напруг та перетоків потужності по ЛЕП. Для досліджуваного фрагмента Північної ЕЕС введення в якості додаткових параметрів моделі (8), (9) модулів напруг в окремих вузлах, що оснащені пристроями телевимірювання, істотно вплинуло на результати моделювання поточного режиму. Урахування вказаних телевимірів призвело до істотного відхилення (близько 11%) розрахункових втрат електроенергії, при цьому практично не вплинувши на максимальне відхилення вузлових напруг. Отже, зафіксоване зниження розрахункових втрат в ЕЕС було наслідком перерозподілу перетоків потужності у вітках її заступної схеми.

## ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі приведено вирішення науково-практичної задачі вдосконалення автоматизованої систем диспетчерського керування (АСДК) нормальними режимами ЕЕС для моніторингу в них втрат електроенергії, яке полягає в створенні методів, математичних моделей та інформаційного забезпечення оперативного визначення втрат і керування ними.

Основні результати роботи такі.

1. Розроблена математична модель оцінки готовності верхнього рівня АСДК з розподіленою архітектурою, яка дозволяє більш ефективно використовувати АСДК в задачах оперативного керування нормальними режимами ЕЕС.

2. Показана можливість і ефективність моделювання АСДК ЕЕС для дослідження їх експлуатаційних характеристик з використанням теорії марковських процесів. Розроблена модель АСДК як модель комп'ютерної SCADA-системи з використанням марковських ланцюгів неперервного часу, що дозволяє підвищити надійність та якість інформаційного забезпечення для оперативного визначення втрат потужності й електроенергії в ЕЕС.

3. Вперше обґрунтовано і запропоновано показник якості функціонування АСДК на базі використання подібності математичного моделювання марковських і критеріального моделювання, що дозволяє оцінити адекватність повноти вихідних даних і точності визначення втрат електроенергії в ЕЕС в темпі процесу.

4. Показано що, моделювання усталених режимів ЕЕС в реальному часі вимагає уточнення, метою якого є підвищення гнучкості до змін в переліку залежних і незалежних змінних, які викликані постійною корекцією складу параметрів спостереження в ЕЕС. Математична модель нормального режиму ЕЕС, яка забезпечує максимальну адаптивність до зміни структури змінних спостереження та стану ЕЕС може бути представлена у формі балансу потужностей в полярних координатах.

5. Удосконалено математичну модель усталеного режиму ЕЕС з метою адаптації до інформаційного забезпечення, склад якого динамічно змінюється, що дозволяє підвищити ефективність обчислювального процесу та забезпечити більш надійні і точні результати розрахунку втрат активної потужності в темпі процесу.

6. Показана працездатність запропонованого методу оцінки експлуатаційної готовності АСДК ЕЕС, а також підтверджена ефективність методу оцінки якості функціонування АСДК, в якому використовується подібність моделі марковських ланцюгів неперервного часу і критеріальної моделі відмов системи. На конкретних прикладах показана працездатність і достовірність розроблених моделей і алгоритмів розрахунку усталених режимів ЕЕС на основі телевимірювань. На прикладі фрагменту 330-750 кВ Північної ЕЕС проведені розрахунки з метою оцінки впливу спотворень незалежних параметрів моделі (теле- або псевдовимірювань) на точність визначення параметрів поточного режиму.

7. Результати роботи впроваджені з позитивним техніко-економічним

ефектом в практичних задачах створення АСДК ЕЕС на підприємствах НЕК “Укренерго” і Мінтопенерго України.

### **Список опублікованих праць за темою дисертації**

1. Волчуков Н.П., Титов Н.Н., Черемисин Н.М. Пути развития информационно-управляющих систем электроснабжающих компаний // Технічна електродинаміка. Київ: ІЕД НАН України. - 1999. - Тем. вип., ч.1. - С. 22-28.

*Здобувачем запропоновані основні принципи побудови інформаційно-керувальних систем, включаючи модульність структури побудови апаратних і програмних засобів.*

2. Квитка В.И., Черемисин Н.М., Зубко В.М., Титов Н.Н., Прохвятилов В.Ю. Системный подход к разработке АСУ электрическими сетями на примере ГАЭК “Харьковоблэнерго” // Энергетика и электрификация. – Київ. – 1999. - №7. - С. 14-19.

*Здобувачем запропонована побудова АСУ ДАЕК та наповнення нижнього рівня сучасними технічними засобами і програмним забезпеченням.*

3. Волчуков Н.П., Титов Н.Н. Построение информационной системы контроля и учета энергоресурсов промышленного предприятия // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. Харків: НТУ “ХПІ”. – 2000. - № 112. – С. 50-55.

*Здобувачем запропонована архітектура системи обліку енергоресурсів.*

4. Волчуков Н.П., Титов Н.Н. Анализ надежности работы автоматизированной системы диспетчерского управления энергетическим предприятием // Энергетика и электрификация. – Київ. - 2001. - №10. - С. 44-49. *Здобувачем запропоновано метод, оснований на марковських моделях винагороди, які дозволяють проводити аналіз на стадії розробки нових комп'ютерних систем ОІК.*

5. Волчуков Н.П., Титов Н.Н. Оптимизация готовности автоматизированной системы диспетчерского управления энергетического предприятия с использованием показателей значимости ее компонентов // Технічна електродинаміка. Київ: ІЕД НАН України. - 2002. - Тем. вип., ч.1. - С. 107-110. *Здобувачем показано необхідність використання коефіцієнтів готовності АСДК при проектуванні центрів керування.*

6. Волчуков Н.П., Титов Н.Н., Хоменко И.В. Моделирование распределенных компьютерных систем реального времени в электроэнергетике // Технічна електродинаміка. Київ: ІЕД НАН України. - 2002. - Тем. вип., ч.4. - С. 89-94.

*Здобувачем запропонована математична модель відображення процесів в ЕЕС в реальному часі.*

7. Титов Н.Н., Черемисин Н.М. Оценка качества функционирования АСДУ с использованием марковских процессов и критериального моделирования // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. - Кременчук: КДПУ. – 2006. - Вип.4(39), ч.1. – С.147-149.

*Здобувачем запропоновано критеріальну модель оцінки якості функціонування АСДК та її інтегральний показник.*

8. Титов Н.Н., Прохвятилов В.Ю., Кривоносов А.И., Рыбальченко Т.В. Модернизация оперативно-информационного комплекса АСДУ Северной энергосистемы Украины // Автоматизация в промышленности. – Москва. – 2004. - №4. - С.51-54.

*Здобувачем запропонована стратегія модернізації ОІК енергосистеми.*

9. Титов Н.Н., Прохвятилов В.Ю., Кривоносов А.И., Левенец Н.Ю., Струков Д.В. Опыт внедрения АСКУЭ (АИИС) на энергогенерирующих предприятиях Украины // Автоматизация в промышленности. – Москва. – 2004. - №11. - С.48-51.

*Здобувачем запропоновано систему організації обліку електроенергії.*

10. Тітов М.М., Черемісін М.М., Прохвятилов В.Ю., Квітка В.І. Досвід впровадження АСУЕМ на прикладі ДАЕК “Харківобленерго” // Ринок інсталяційний. – Львів. – 1999. - №10. - С. 23-26.

*Здобувачем сформульовані пріоритетні принципи побудови АСУ ДАЕК в умовах корпоративної мережі “Енергія” Мінпаливенерго України.*

11. Титов Н.Н., Прохвятилов В.Ю., Рыбальченко Т.В., Кривонос А.И. Оперативно-технический комплекс автоматизированной системы диспетчерского управления нового поколения в Северной энергосистеме Украины // Электрические сети и системы. - Київ. - 2003. - № 2. - С. 36-42.

*Здобувачем запропоновано підхід щодо модернізації ОІК для забезпечення функціонування систем контролю і обліку втрат потужності та електроенергії.*

12. Титов Н.Н. Применение методов оптимальной цифровой фильтрации для обработки измерений в электрических сетях // Электрические сети и системы. – Київ. - 2004. - №4. - С.6-8.

13. Титов Н.Н. Оперативный прогноз графика энергетической нагрузки с учетом метеофакторов // Электрические сети и системы. – Київ. - 2004. - №5. – С.18-21.

14. Титов Н.Н., Прохвятилов В.Ю., Левенец Н.Ю., Кривонос А.И., Бородин Д.И., Гальперин М.М. Модернизация оперативно-информационного комплекса АСДУ Днепропетровских электрических сетей // Современные технологии автоматизации. – Москва. - 2006. - №1. – С.6-8.

*Здобувачем запропоновані структурні схеми верхнього рівня ОІК АСДК енергосистеми і обґрунтована стратегія підвищення надійності за рахунок “гарячого” резервування основних технічних засобів.*

15. Черемисин Н.М., Титов Н.Н. Определение технических потерь электроэнергии на основе моделирования нормальных режимов электрических систем в реальном времени // Электрические сети и системы. – Київ. - 2006. - №3. – С. 59-64.

*Здобувачем розроблено метод прямого використання телевимірюваних параметрів режиму ЕЕС для оперативного визначення втрат потужності в електричних мережах.*

## АНОТАЦІЇ

**Тітов М.М. Підвищення ефективності та надійності АСДУ для моніторингу втрат потужності в електроенергетичних системах. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – Електричні станції, мережі і системи. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”. – Харків, 2006.

Дисертацію присвячено вдосконаленню автоматизованих систем диспетчерського керування нормальними режимами ЕЕС для моніторингу в них втрат електроенергії за рахунок створення методів, математичних моделей та інформаційного забезпечення оперативного визначення втрат і керування ними. Використовуючи теорію марковських процесів, а також подібність їх математичного моделювання до критеріального моделювання у задачах визначення функціональної готовності АСДК ЕЕС, запропоновано показник якості функціонування АСДК, який дозволяє оцінювати варіанти розвитку інформаційного забезпечення і міру його відповідності задачі оперативного визначення втрат потужності в ЕЕС. Вдосконалено математичну модель

нормального режиму ЕЕС, з метою підвищення її адаптивності до змін складу вимірюваних параметрів, а також забезпечення можливості прямого врахування телевимірів в розрахунковій моделі ЕЕС. Розглянуто питання цифрової фільтрації телевимірюваних параметрів поточного режиму ЕЕС, аналізу їх вірогідності та відновлення спотворених і відбракованих величин.

*Ключові слова:* електроенергетична система, автоматизована система диспетчерського керування, надійність і якість функціонування, оперативні розрахунки втрат потужності.

**Титов Н.Н. Повышение эффективности и надежности АСДУ для мониторинга потерь мощности в электроэнергетических системах. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции, сети и системы. – Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”. – Харьков, 2006.

Диссертация посвящена совершенствованию автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ) нормальными режимами электроэнергетических систем (ЭЭС) для мониторинга потерь электроэнергии в них. В работе приведено новое решение актуальной задачи совершенствования АСДУ нормальными режимами ЭЭС, которое заключается в создании методов, математических моделей и информационного обеспечения оперативного определения потерь и управления ими.

По результатам анализа задач уменьшения потерь электроэнергии в ЭЭС и совершенствования принципов формирования тарифов на электроэнергию показана целесообразность оперативного определения технических потерь мощности в ЭЭС. Это позволит более объективно нормировать технологические расходы электроэнергии в ЭЭС, корректировать тарифы на электроэнергию.

Показана возможность и эффективность моделирования АСДУ ЭЭС для исследования их эксплуатационных характеристик с использованием теории марковских процессов. Разработана модель АСДУ как модель компьютерной SCADA-системы с использованием марковских цепей непрерывного времени. Используя подобие математического моделирования марковских процессов и критериального моделирования в задаче оценки качества функционирования АСДУ ЭЭС предложен показатель качества функционирования АСДУ, который позволяет оценивать варианты развития информационного обеспечения и степень его соответствия задаче оперативного определения потерь мощности в ЭЭС.

Усовершенствована математическая модель нормального режима ЭЭС, с целью повышения ее адаптивности к изменениям состава измеряемых параметров, а также обеспечения возможности прямого учета телеизмерений в расчетной модели ЭЭС. Рассмотрены вопросы оперативной цифровой фильтрации телеизмеряемых параметров текущего режима ЭЭС, анализа их достоверности и восстановления искаженных и отбракованных величин.

На примерах реальных ЭЭС показана работоспособность предложенного метода оценки эксплуатационной готовности АСДУ ЭЭС, а также подтверждена эффективность метода оценки качества функционирования АСДУ. Показана работоспособность и достоверность разработанных моделей и алгоритмов расчета устоявшихся режимов ЭЭС с использованием телеизмерений. Проведены расчеты с целью оценки негативного влияния искажений независимых параметров модели (теле- или псевдоизмерений) на точность определения параметров текущих режимов ЭЭС и предложены пути ее повышения.

*Ключевые слова:* электроэнергетическая система, автоматизированная система диспетчерского управления, надежность и качество функционирования, оперативные расчеты потерь мощности.

**Titov M.M. Increase of ADCS efficiency and reliability for monitoring of power losses in the electric power systems.** – Manuscript.

Dissertation for scientific degree of Candidate of Science (Engineering) on specialty 05.14.02 – Electric power stations, networks and systems. – National Technical University "Kharkivskiy politechnichniy institut". – Kharkiv, 2006.

Dissertation is devoted to perfection of the automated controller's control systems by the electric power systems (EPS) normal modes for monitoring and diminishing of electric power losses in them due to creation of methods, mathematical models and informative providing for operative determination and management by them. Using the theory of Marcs processes, and also similarity of their mathematical modeling with criterion modeling in the tasks of determination the functional readiness of EPS ADCS, the index of quality of functioning of ADCS is offered, which allows to estimate the variants of the informative providing development and measure of his accordance with task of EPS power losses operative determination. The mathematical model of the EPS normal modes is improved, with the purpose of increase its adaptiveness to the changes of measurable parameters composition, and also providing the possibility of measurements direct account in a EPS calculation model. The question of digital filtration of the EPS current mode measured parameters is considered, analysis of their authenticity and renewal of disfigured and defective values.

*Keywords:* electric power systems, automation dispatch control systems, reliability and quality of functioning, operative power losses calculations.