

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Мірошник Олександр Олександрович

УДК 621.311.1.398

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОНІТОРИНГУ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В
РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ**

Спеціальність 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2009

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка Міністерства аграрної політики України

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

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Авраменко Володимир Миколайович,
Інститут електродинаміки НАН України,
м. Київ, провідний науковий співробітник
відділу моделювання електроенергетичних об'єктів
та систем

кандидат технічних наук, доцент
Демов Олександр Дмитрович,
Вінницький національний технічний
університет, доцент кафедри електротехнічних
систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Захист відбудеться “2” липня 2009 р. о 12³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 64.050.06 в 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 “1” червня 2009 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Мінченко А.А

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Проблема втрат електроенергії при її транспорті є досить гострою для електроенергетики. За статистикою саме в розподільчих мережах (РМ) щорічно фактичні втрати сягають 20% від надходження електроенергії, що істотно впливає на тарифи на електроенергію. Тому особливої уваги заслуговує автоматизація керування режимами та моніторинг втрат електроенергії при її транспорті. Підвищення ефективності експлуатації РМ неможливе без застосування сучасних програмних та технічних засобів. Разом з тим, існуючі аналоги програмних систем розрахунку та аналізу режиму РМ характеризуються рядом істотних недоліків, що ускладнюють їх застосування через неповноту та низьку вірогідність інформаційного забезпечення.

Найбільш перспективною в цьому напрямку є розробка системи моніторингу втрат потужності та електроенергії в РМ і керування ними в реальному часі. Ефективність моніторингу може бути підвищена за рахунок підвищення достовірності інформації, яка знімається в характерних точках РМ, враховуючи вплив температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі, що найсуттєвіше впливає на величину втрат. Крім того, для підвищення ефективності моніторингу втрат необхідна розробка сучасних технічних засобів забезпечення достовірності інформації для вирішення цих задач.

Таким чином, розробка ефективних програмних та технічних засобів для моніторингу втрат електроенергії в РМ з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі, оперативний аналіз та формування інформаційної бази для планування заходів по зниженню втрат електроенергії в РМ є актуальною задачею і складає напрямок дослідження дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дисертація виконана в рамках наукових досліджень кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка за держбюджетною темою Міністерства аграрної політики України «Розробка методів і засобів підвищення ефективності керування режимами і транспорту електричної енергії в електричних мережах» (ДР № 0104U004594), де здобувачем запропоноване та обгрунтоване схемне рішення, виконаний макетний зразок багатофункціонального мікропроцесорного пристрою для моніторингу втрат електричної енергії та розроблене прикладне програмне забезпечення до нього; за госпдоговірними темами: «Розробка програми розрахунку усталених режимів і технічних втрат потужності та електроенергії в електричних мережах 10(6)-0,4 кВ АК «Харківобленерго»» (м. Харків), «Розробка програмного забезпечення планування та аналізу ефективності заходів по зниженню втрат електроенергії у розподільчих мережах 10(6)-0,4 кВ АК «Харківобленерго»» (м. Харків), де здобувач був відповідальним виконавцем.

Мета і завдання дослідження – оптимізація режимів роботи розподільчих електричних мереж шляхом створення програмних та технічних засобів для моніторингу втрат електроенергії із урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі та зниження втрат.

Для досягнення поставленої мети в роботі поставлені такі основні задачі:

- удосконалити розрахункову модель визначення параметрів усталеного режиму РМ з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі в реальному часі для моніторингу втрат електричної енергії;
- для вирішення задачі моніторингу втрат електричної енергії в РМ розробити програмно-технічний комплекс (ПТК);
- розробити багатофункціональний мікропроцесорний пристрій (БМП) нижнього рівня ПТК для моніторингу втрат електричної енергії з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі;

– обґрунтувати ефективність оперативних заходів з мінімізації втрат електричної енергії за рахунок оптимізації регулювання напруги в центрах живлення радіальних мереж в реальному часі;

– обґрунтувати та розробити модель та методіку оптимального вибору заходів зі зниження втрат (ЗЗВ) електроенергії в РМ на базі імітаційної моделі зміни втрат потужності та енергії.

Об'єкт дослідження – нормальні усталені режими розподільчих електричних мереж.

Предмет дослідження – моніторинг втрат електричної енергії в розподільчих мережах з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі в реальному часі.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач використовувалися методи теорії математичного моделювання та теорія матричного числення – для розрахунку усталеного режиму розподільчої мережі; теорія електричних систем – для визначення втрат електричної енергії, елементи теорії оптимального керування – для регулювання напруги в центрах живлення радіальних мереж в реальному часі; методи багатокритеріального аналізу – для вибору заходів зі зниження втрат електричної енергії.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Вперше розроблена модель визначення в реальному часі параметрів режимів роботи розподільчих мереж з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі, що дозволяє підвищити точність розрахунку втрат електроенергії.

2. Удосконалена модель регулювання напруги в центрі живлення, що забезпечує мінімізацію втрат електричної енергії в розподільчих мережах та відрізняється від існуючих урахуванням інформації про режим не тільки на шинах центру живлення, але і в характерних точках мережі, в тому числі про зміну значення втрат електроенергії в мережах при переключенні регулювальних відгалуджень трансформаторів.

3. Одержав подальший розвиток метод оптимального вибору заходів зі зниження втрат електроенергії в розподільчих мережах, який на відміну від існуючих використовує імітаційну модель зміни втрат електричної енергії з критеріями прийняття рішення по рівню зниження втрат та затратам.

Практичне значення одержаних результатів. На основі математичної моделі розрахунку параметрів усталеного режиму РМ розроблено програмний продукт, що може використовуватися фахівцями для розрахунку втрат потужності та енергії в РМ та аналізу ефективності заходів по їх зниженню.

Розроблений програмно-технічний комплекс, нижній рівень якого складається з багатофункціональних мікропроцесорних пристроїв, дозволяє застосувати нову стратегію моніторингу усталених режимів РМ і втрат електричної енергії в них з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі з подальшою передачею інформації по GSM/GPRS-каналу на верхній рівень.

Результати роботи впроваджені з позитивним техніко-економічним ефектом в АК «Харківобленерго» і використовуються в навчальному процесі кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій та кафедри електропостачання сільського господарства ХНТУСГ ім. Петра Василенка.

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

– розроблено розрахункову модель усталеного режиму РМ з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі, що дозволяє більш об'єктивно проводити оцінку технічних втрат в реальному часі;

– для ефективної реалізації моделі розрахунку технічних втрат електричної енергії в РМ розроблено програмно-технічний комплекс;

– розроблено багатofункціональний мікропроцесорний пристрій нижнього рівня ПТК для вирішення задачі моніторингу втрат електричної енергії з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі;

– запропоновано спосіб використання БМП в РМ для оперативного перемикавання регулювальних відгалуджень трансформаторів з регулюванням під навантаженням (РПН) в центрах живлення радіальної мережі з урахуванням рівнів напруг в характерних точках мережі, що забезпечує мінімізацію втрат електроенергії;

– розроблено алгоритм та методику оптимального вибору заходів зі зниження втрат в РМ на базі імітаційної розрахункової моделі втрат електричної енергії з використанням Парето-метода.

Апробація роботи. Результати досліджень доповідались та обговорювались на: міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» (Харків, 2004 – 2008 рр.); III науково-практичній конференції «Реалізація державної політики із реконструкції та модернізації теплових електростанцій» (Київ, 2005 р.); V міжнародній науково-технічній конференції «Ефективність та якість електропостачання промислових підприємств» (Маріуполь, 2005 р.); III науково-технічній конференції «Стан електричних мереж «Обленерго» та основні напрямки підвищення їх ефективності. Зменшення втрат електроенергії в електромережах» (АР Крим, Місхор, 2006 р.); науково-практичних конференціях Таврійської державної агротехнічної академії (Мелітополь 2006 – 2008 рр.); міжнародній науково-технічній конференції «Новітні технології та енергоефективність в світлотехніці та електроенергетиці» (Харків, 2007 р.).

Публікації. Основні положення і результати дисертаційної роботи опубліковані в 14-ти наукових працях серед них 13 наукових статей у фахових виданнях ВАК України, отримано 1 патент на винахід України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з переліку умовних позначень, вступу, 4-х розділів, висновків, додатків і списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації 257 сторінки, у тому числі: 34 рисунки по тексту; 5 таблиць по тексту; 19 рисунків на 17 окремих сторінках; 1 таблиця на 1 сторінці; 7 додатків на 75 сторінках; список використаних джерел зі 115 найменувань на 13 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність роботи, сформульована мета, 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 вимірювання, розрахунку, нормування та заходи зі зниження втрат електроенергії в РМ. За результатами аналізу визначено основні напрямки підвищення точності та ефективності моніторингу втрат електроенергії в РМ, одним з яких є розробка методу розрахунку втрат електричної енергії з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі та розробка програмних і технічних засобів їх вимірювання.

Питанням розрахунку втрат електроенергії займалися видатні вчені Железко Ю. С., Воротницький В. Е., Дерзський В. Г., Поспелов Г. Є., Кириленко О. В., Черненко П. О., Татаринів Е. П., Лежнюк П. Д., також цьому питанню велика увага приділяється провідними науково-дослідними організаціями, такими як Інститут електродинаміки НАН України, ВНДІЕ (Росія) та провідними університетами НТУУ «КПІ», НТУ «ХПІ», Вінницький національний технічний університет, Донецький національний технічний університет.

Завдяки врахуванню впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі з'являється можливість точніше нормувати технічні втрати. Показано, що одним з недоліків, який стримує розробку механізму впливу на

втрати електричної енергії і подальше вдосконалення його ефективності, є те, що впровадження інформаційних технологій в РМ відстає від рівнів можливостей сучасних технічних засобів оперативного контролю, збору, обробки, зберігання, передачі інформації і, що саме головне, швидкості прийняття оптимальних рішень в управлінні режимами РМ.

Розглянуто методи, програмні та технічні засоби розрахунку втрат електричної енергії в РМ. Всі методи розрахунку втрат електричної енергії будуються залежно від доступності вихідної інформації та очікуваної точності. Незважаючи на широкі можливості програмних та технічних засобів визначення втрат електричної енергії, а також точність методів розрахунку втрат електричної енергії, всі вони мають істотний недолік – не враховують вплив температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі в реальному часі.

Показано, що для досягнення потрібного рівня ефективності системи оперативного визначення втрат електроенергії необхідні розробка нових ПТК та технічних засобів збору і передачі інформації, розробка математичної моделі і адаптованого до бази даних методу визначення втрат потужності і електроенергії в РМ з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі.

Для зниження втрат електроенергії необхідно розробити математичну модель оптимального вибору ЗЗВ, яка б задовольняла ряду критеріїв як зі зниження втрат, так і за показниками якості електричної енергії.

У **другому розділі** обґрунтована доцільність розрахунку втрат потужності та електричної енергії з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі на основі усталених режимів, причому точність моделювання режимів залежить від достовірності та повноти вихідної інформації.

В електричних мережах добре відома задача оцінювання стану усталеного режиму енергосистеми за даними телевимірювань чи контрольного вимірювання. Із теорії оцінювання відомо, що режим системи може бути розрахований за достатнього обсягу вимірювань та правильного розміщення пристроїв обліку в мережі.

За наявності інформації в момент часу t від встановленого в точці «і» пристрою обліку (значення напруги U_i , струму I_i , $\cos\phi_i$), псевдовиміряні значення цих параметрів для точки «j», де не встановлений пристрій обліку, задаються, виходячи з досвіду експлуатації, а також на основі інформації про параметри елементів даної ділянки мережі.

Виконавши розрахунок послідовно для усіх ділянок мережі, з метою уточнення розрахунку за наявності псевдовимірювань параметрів режиму для ділянок, прилади обліку на яких відсутні, виконується «зворотній хід» розрахунку. Причому на цьому етапі розрахунку значення опору ділянки лінії r_n уже враховує нагрівання проводів струмом I , що протікає на ділянці, та температуру навколишнього середовища $t_{i,\bar{n}}^0$, і таким чином уточнюються значення струмів та втрат потужності на ділянках лінії, отримані на «прямому ході».

Для вирішення задачі розрахунку параметрів режиму РМ з урахуванням часових обмежень, яка може бути описана системою нелінійних рівнянь використано метод Ньютона. Його перевагою є те, що рішення отримують з меншою кількістю ітерацій. Але під час розрахунків РМ великої розмірності з навантаженням, що динамічно змінюється, та змінними пасивними параметрами виникають труднощі, пов'язані з необхідністю постійного коригування матриці чутливості (Якобі).

Для проведення розрахунків використовується математична модель розрахунку усталених режимів методом вузлових напруг:

$$\begin{aligned} \sqrt{3} \dot{\mathbf{U}}_a \hat{\mathbf{J}} &= \dot{\mathbf{S}}; \\ \mathbf{F}(\dot{\mathbf{U}}) &= \dot{\mathbf{Y}}\dot{\mathbf{U}} - \sqrt{3}\dot{\mathbf{J}} + \dot{\mathbf{Y}}_a \dot{\mathbf{U}}_a = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

де $\dot{\mathbf{S}}$ – вектор потужностей джерел або споживачів, що приєднані до вузлів РМ; $\dot{\mathbf{U}}_a$ – діагональна матриця напруг у вузлах; $\dot{\mathbf{J}}$ – вектор струмів, що задаються у вузлах; $\dot{\mathbf{Y}}$ – матриця вузлових провідностей РМ без базисного вузла; $\dot{\mathbf{Y}}_a$ – вектор взаємних провідностей базисного вузла, кожен елемент якого дорівнює $\dot{Y}_{a^3} = -\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n+1} \dot{Y}_{i,j}$; $\dot{\mathbf{U}}$ – вектор напруги у вузлах; \dot{U}_a – напруга в базисному вузлі; n – кількість вузлів РМ без базисного.

Матриця $\dot{\mathbf{Y}}$ визначається параметрами пасивних елементів мережі, які залежать від температури навколишнього середовища та режиму РМ, та входить складовою частиною в матрицю чутливості Якобі у випадку використання для аналізу режиму РМ методу Ньютона. Тому логічно виникає задача оцінки впливу вказаних факторів на характер проходження ітераційних процесів розрахунку ustalених режимів РМ.

Оскільки вектор-функція $\sqrt{3}\dot{\mathbf{J}} = \hat{\mathbf{U}}_a^{-1}\dot{\mathbf{S}}$ неаналітична, і не можна визначити матрицю Якобі в комплексних координатах, її перетворюють в дійсну площину. З урахуванням того, що $\dot{\mathbf{Y}} = \mathbf{G} - j\mathbf{B}$, модель (1) прийме вигляд:

$$\begin{aligned} \mathbf{F}(\mathbf{U}', \mathbf{U}'') &= \begin{vmatrix} \mathbf{B} & \mathbf{G} \\ \mathbf{G} & -\mathbf{B} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \mathbf{U}'' \\ \mathbf{U}' \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} \mathbf{J}' \\ \mathbf{J}'' \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \mathbf{G}_a \mathbf{U}_a \\ -\mathbf{B}_a \mathbf{U}_a \end{vmatrix} = 0, \\ \mathbf{J}' + j\mathbf{J}'' &= \hat{\mathbf{U}}_a^{-1}\dot{\mathbf{S}}, \\ \mathbf{U}' + j\mathbf{U}'' &= \dot{\mathbf{U}}, \end{aligned} \quad (2)$$

де $\mathbf{G}_a, \mathbf{B}_a$ – складові вектора $\dot{\mathbf{Y}}_a$.

Математична модель розрахунку ustalених режимів РМ методом вузлових напруг на k -ій ітерації методу Ньютона має вигляд

$$\frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{U}}(\mathbf{U}'^{(k)}, \mathbf{U}''^{(k)}) \cdot \begin{vmatrix} \Delta \mathbf{U}''^{(k)} \\ \Delta \mathbf{U}'^{(k)} \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} \mathbf{F}'(\mathbf{U}'^{(k)}, \mathbf{U}''^{(k)}) \\ \mathbf{F}''(\mathbf{U}'^{(k)}, \mathbf{U}''^{(k)}) \end{vmatrix}, \quad (3)$$

де $\frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{U}}(\mathbf{U}'^{(k)}, \mathbf{U}''^{(k)})$ – матриця чутливості (Якобі); $\Delta \mathbf{U}'^{(k)}, \Delta \mathbf{U}''^{(k)}$ – вектор зміни дійсної та уявної складових напруг; $\mathbf{F}'(\mathbf{U}'^{(k)}, \mathbf{U}''^{(k)}), \mathbf{F}''(\mathbf{U}'^{(k)}, \mathbf{U}''^{(k)})$ – небаланси дійсних та уявних складових струмів.

Матриця Якобі формується з урахуванням форми запису вхідної моделі (2) у відповідності з виразом

$$\frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{U}} = \begin{vmatrix} \frac{\partial \mathbf{F}'}{\partial \mathbf{U}''} & \frac{\partial \mathbf{F}'}{\partial \mathbf{U}'} \\ \frac{\partial \mathbf{F}''}{\partial \mathbf{U}''} & \frac{\partial \mathbf{F}''}{\partial \mathbf{U}'} \end{vmatrix}. \quad (4)$$

Таким чином, матриця Якобі має три складові

$$\frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{U}} = \mathbf{Y} + \mathbf{Y}_\Delta(\mathbf{R}_\Delta) + \mathbf{V}(\mathbf{P}, \mathbf{Q}, \mathbf{U}), \quad (5)$$

де \mathbf{R}_Δ – вектор-стовбець поправок активних опорів гілок схеми заміщення РМ, що обумовлені впливом зміни температури навколишнього середовища та режиму роботи РМ.

Перша складова – матриця вузлових провідностей – постійна. Вона не залежить від параметрів режиму РМ і визначається тільки довідниковими параметрами системи. Друга – змінна. Вона залежить від зміни температурних умов роботи основного обладнання РМ і, відповідно, активних опорів його схем заміщення. Третя складова – також змінна і залежить від потужностей навантаження та генерації у вузлах і вузлових напруг, які змінюються з часом. Розділення матриці Якобі на три складових дає можливість спростити алгоритм її формування і коригування в процесі автоматизованого розрахунку і аналізу усталених режимів РМ, коли дані телевимірювання використовуються як початкові дані.

Таким чином, урахування температури навколишнього середовища в моделі усталеного режиму РМ є додатковим фактором, який за певних умов (зменшення активних опорів елементів схеми заміщення) забезпечує удосконалення структури матриці Якобі, що в свою чергу призводить до зменшення дисперсії власних значень матриці та покращення обумовленості системи.

Алгоритмічна частина розрахунку повинна враховувати втрати в кожному елементі РМ. У зв'язку з цим пропонується вдосконалений метод поелементного розрахунку втрат електричної енергії. При розрахунку температури проводу необхідно враховувати, що його температура залежить не тільки від температури навколишнього середовища, але і від струму навантаження

$$t_{i\delta}^0 = t_{i,\bar{n}}^0 + t^0(I) = t_{i,\bar{n}}^0 + \frac{1 + \alpha(t_{i,\bar{n}}^0 - 20)}{\frac{2c\sqrt{\pi F}}{I_j^2 R_{20j}} - \alpha}, \quad (6)$$

де $t_{i,\bar{n}}^0$ – температура навколишнього середовища; $t^0(I)$ – температура проводу обумовлена нагріванням струмом; α – температурний коефіцієнт опору; c – коефіцієнт тепловіддачі проводу, що враховує всі види тепловіддачі; F – площа перерізу проводу; I_j – струм, що протікає по проводу; R_{20j} – опір проводу при температурі 20°C .

Вираз для визначення втрат електричної потужності на j -тій ділянці РМ запишеться

$$\Delta P = I_j^2 R_{20j} \left(1 + \alpha \left(t_{i,\bar{n}}^0 + \frac{1 + \alpha(t_{i,\bar{n}}^0 - 20)}{\frac{2c\sqrt{\pi F}}{I_j^2 R_{20j}} - \alpha} - 20 \right) \right). \quad (7)$$

При розрахунку втрат електричної енергії в мережах 6-10 кВ потрібно враховувати струми навантажень в кожній із трьох фаз, а також їхній вплив та вплив температури навколишнього середовища на величину опору елементів мережі

$$\Delta W = \sum_{\gamma=1}^3 \left(\sum_{i=1}^k \left(\sum_{j=1}^n I_{\gamma ij}^2 R_{20ij} \left(1 + \alpha(t_{i\delta}^0 - 20) \right) \right) \right) \Delta t, \quad (8)$$

де γ – фази А, В, С; $I_{\gamma ij}$ – струмове навантаження j -ї ділянки лінії фази γ опором R_{20ij} для i -го часового зрізу; $t_{i\delta}^0$ – температура проводу; Δt – дискретність одержання часових зрізів параметрів РМ; k , n – кількість, відповідно, часових зрізів за звітний період та ділянок РМ.

Перевагою даного підходу є можливість отримання детальної інформації про режим роботи і, відповідно, про втрати потужності та електроенергії з урахуванням

впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі в кожному елементі РМ, що є необхідною умовою структурування технічних втрат з метою розробки енергозберігаючих заходів. Разом з тим адекватність отриманих результатів значною мірою залежить від якості розрахункової моделі розподільчої мережі. Формування розрахункової моделі РМ відбувається в такій послідовності (рис. 1).

На основі розрахункової моделі пропонується створення програмно-технічного комплексу з моніторингу параметрів режиму РМ та втрат електричної енергії з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі. Розглянуті нові підходи щодо удосконалення ПТК за рахунок використання на нижньому рівні багатофункціональних мікропроцесорних пристроїв, які можуть здійснювати контроль параметрів режиму та температури навколишнього середовища з подальшою передачею інформації по GSM або GPRS-каналі та реалізацією додаткових функцій з моніторингу втрат електроенергії.

У **третьому розділі** розглянуто структуру та основні функції багатофункціонального мікро-процесорного пристрою (рис. 2), який дозволяє визначати втрати електроенергії з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі в реальному часі та передавати інформацію по GSM або GPRS-каналі на верхній рівень ПТК. Основою для створення такого БМП став однокристальний мікроконтролер, який дозволив підвищити функціональність, надійність та точність приладу в цілому.

Показано, що при проектуванні прикладного програмного забезпечення перш за все виникає необхідність вирішення задачі про оптимальний (за рядом критеріїв) розподіл функцій між апаратними та програмними засобами мікропроцесорної техніки. При цьому необхідно виходити з того, що апаратна реалізація функцій спрощує розробку та забезпечує високу швидкодію приладу в цілому, але це призводить до збільшення габаритних розмірів, маси, споживання енергії, а також зниження надійності, що обумовлюється збільшенням кількості елементів та зв'язків між ними. Перераховані недоліки відсутні при програмній реалізації функцій, яка, однак, ускладнює розробку приладу та знижує його швидкодію, але суттєво збільшує час його функціонування, так як забезпечує можливість перенастроювання приладу на нові умови, задачі, об'єкти шляхом зміни тільки програмного забезпечення.

Показано, що БМП може мати у своєму складі будь-який тип інтерфейсу: провідні CAN або RS-485, оптичний інтерфейс IrDA, інтерфейс, що забезпечує обмін по системам стільникового зв'язку (по технології GSM/GPRS) або по силовій мережі. Незважаючи на різноманітність, що властива різним типам інтерфейсів, для всіх їх типів є можливість використання однієї і тієї ж системи команд. В залежності від призначення БМП, перелік інтерфейсів може бути різним, але у складі будь-якого із них завжди повинен бути провідний інтерфейс, який дозволяє включити БМП до складу (автоматизованої системи контролю та обліку електроспоживання) АСКОЕ. В процесі установки БМП на об'єкті правильність підключення може бути проконтрольована за значеннями допоміжних параметрів, що відображаються на рідиннокристальному індикаторі або зчитуються по інтерфейсу.

Показана доцільність використання послуг пакетної передачі даних по радіоканалі GPRS, що створює нові можливості для побудови ПТК. Технологія GPRS забезпечує пакетну комутацію на всій ділянці каналу зв'язку від мобільного терміналу абонента і вище. При цьому суттєво оптимізуються послуги передачі даних в мережах стандарту GSM, особливо з урахуванням переривчастого характеру трафіку в мережах інтернет/інтранет. Зв'язок встановлюється практично миттєво. Користувач оплачує фактичні об'єми переданих даних, а не час з'єднання, оскільки використовує ресурси мережі та займає часові інтервали радіоканалів тільки в моменти обміну даними. Це забезпечує надзвичайно ефективне використання доступної полоси частот і дозволяє ділити один радіоканал між декількома користувачами.

У четвертому розділі розглянуто заходи зі зниження втрат електроенергії в РМ. Показано, що ефективність розрахунків, аналізу, планування та зниження втрат електроенергії, як і вирішення інших задач оптимізації режимів роботи та параметрів електричних мереж, залежить від їх інформаційного, методичного, математичного, матеріально-технічного та організаційного забезпечення. Відставання в розвитку будь-якої з п'яти перелічених складових зменшує ефективність зусиль, направлених на вирішення даної задачі.

Проаналізовано основний перелік заходів зі зниження втрат для РМ і визначено, що заходи можуть бути умовно поділені на два типи: заходи з оперативного керування режимами з метою мінімізації втрат потужності та напруги в мережі та заходи зі зниження втрат, що вибираються на основі даних за звітний період.

Перший тип ЗЗВ реалізований в роботі на основі моделі регулювання напруги в центрах живлення, метою якої є підтримання напруги у споживача в допустимих стандартом межах при мінімізації втрат електроенергії в РМ. Оперативний моніторинг зміни відхилення напруги на шинах споживчих (трансформаторних підстанцій) ТП 10(6)/0,4 кВ дає можливість оптимізувати режим роботи пристроїв РПН трансформатора в центрі живлення, забезпечуючи тим самим допустимі відхилення напруги як у найближчих, так і у віддалених споживачів на стороні 0,4 кВ.

Цільова функція зниження втрат електроенергії в розподільчих мережах в результаті переключення регулювальних відгалуджень трансформатора за оперативною інформацією ПТК про рівні напруг на ТП має вигляд

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta W = (\Delta W_{N_l} - \Delta W_{N_k}) \rightarrow \max \\ U_{\alpha_i} \leq +5\% \\ U_{E_j} \geq -5\% \\ U_N = \pm 10\% \\ E_{\text{нб}} = 1\% \end{array} \right. , \quad (9)$$

де $\delta W = f(I, R, t^p)$ – втрати електроенергії за звітний період, що визначаються за показами ПТК з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі; ΔW_{N_l} , ΔW_{N_k} – втрати електроенергії в мережі при початковому N_l та установленому N_k положеннях перемикача відгалуджень (за однаковий проміжок часу); U_{α_i} – рівень напруги на шинах 0,4 кВ i -ї трансформаторної підстанції 10(6)/0,4 кВ (відхилення від номінальної), %; U_{E_j} – відхилення напруги у найвіддаленішого споживача мережі 0,4 кВ, %; U_N – границі регулювання напруги трансформатора з РПН, %; $E_{\text{ст}}$ – крок регулювання напруги, %.

Другий тип ЗЗВ в роботі опирається на умови багатокритеріальності та вихідної інформації, яка отримана за допомогою імітаційної моделі зміни втрат електричної енергії за звітний період. Із множини методів найбільш прийнятним для вибору оптимального ЗЗВ було обрано аксіоматичний метод. На основі нього запропонована методика пошуку ефективних альтернатив з використанням Парето-метода. Вихідними даними для розрахунку є схема електричної мережі та паспортні дані елементів мережі, параметри струмів і напруг мережі. За допомогою розрахункової моделі та розробленої програми визначаються втрати потужності, електроенергії та втрат напруги на кожній ділянці мережі. Проблемною ділянкою вважається та, на якій втрати максимальні. Для неї і вибираються заходи зі зниження втрат.

Задача пошуку оптимальної альтернативи із можливих X заходів формулюється таким чином:

$$\begin{aligned} \Delta W(x) &\rightarrow \min; & K(x) &\rightarrow \min; \\ \varphi_{\Delta W}(x) &\leq 0; & \varphi_K(x) &\leq 0; \\ x &\in X; & \Delta W, K, \varphi: X &\rightarrow R^1, \end{aligned} \quad (10)$$

де φ – функції обмежень, що входять в математичну модель розрахунку ΔW і K ; K – капітальні вкладення.

За даних умов задача зводиться до пошуку ефективних альтернатив, що задовольняють умовам:

$$\begin{aligned} \Delta W(x_0) &\leq \Delta W(x); & K(x_0) &< K(x) \\ \Delta W(x_0) &< \Delta W(x); & K(x_0) &\leq K(x), \\ x, x_0 &\in X. \end{aligned} \quad (11)$$

Дані альтернативи утворюють множину $X_0 \subset X$, яка являється множиною Парето.

Для оптимального вибору ЗЗВ необхідно виконувати імітацію розрахунку зміни втрат електричної енергії при впровадженні різних ЗЗВ. Це дозволяє на кожному етапі розрахунку втрат виділити найбільш «проблемні» місця.

В роботі наведено результати розрахунків втрат в РМ за допомогою розробленого програмного продукту. Конфігурація обраної для аналізу РМ показана на рис. 3.

Множина альтернатив та область зміни цільових функцій показані на рис. 4. Множину Парето складають заходи 1, 2 (табл. 1).

Таблиця 1

Результати впровадження заходів по зниженню втрат

№	Заходи по зниженню втрат	Сумарні річні втрати ΔW , тис.кВт·год	Зниження втрат δW , тис.кВт·год	Зниження втрат, %	К, тис.грн	U, кВ
1	Заміна проводу на АС-70	633,749	85,051	11,8	60,67	10,24
2	Заміна проводу на АС-95	603,383	115,417	16,1	75,00	10,29
3	Установка компенсуючого пристрою КРМ (УКЛ 57)-10,5-225	627,417	91,383	12,7	112,50	10,25
4	Установка компенсуючого пристрою КРМ (УКЛ 57)-10,5-250	628,688	90,112	12,5	125,00	10,27

Для пошуку оптимального рішення пропонується вибрати додатковий критерій і сформулювати задачу математичного програмування

$$\begin{aligned} \Delta U_{10}(x) &\rightarrow \min; \\ 0,95U_{10}^i &\leq \delta U_{10}(x) \leq 1,05U_{10}^i; \\ x &\in x_0; \Delta U_{10}(x); x_0 \rightarrow R^1, \end{aligned} \quad (12)$$

де ΔU_{10} – втрати напруги в мережі 10 кВ.

В результаті вирішення цієї задачі вибрано оптимальний варіант заходів по зниженню втрат електричної енергії на проблемній ділянці – це заміна проводу АС-50 на

провід АС-95. В результаті чого втрати знизяться на 16% по відношенню до базового варіанту.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі наведено вирішення науково-практичної задачі вдосконалення моніторингу втрат електричної енергії в РМ, яка полягає в розробці інформаційного забезпечення визначення втрат електричної потужності та енергії з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі в реальному часі та їх мінімізації на базі програмно-технічного комплексу.

Основні результати роботи такі.

1. Для підвищення достовірності моделювання обґрунтовані та сформовані вимоги до розрахункової моделі усталеного режиму РМ з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі, що дозволяє більш об'єктивно виконувати оцінку технічних втрат в реальному часі, уточнювати баланси витрат енергії, впливати на нормування втрат. Показано, що в основу базової розрахункової моделі доцільно покласти метод поелементного розрахунку втрат електроенергії, що дає можливість ефективніше проводити аналіз та структурування втрат електроенергії в елементах РМ.

2. З метою підвищення ефективності функціонування автоматизованих систем керування РМ була вдосконалена математична модель усталених режимів РМ з використанням методу Ньютона. Ця модель пристосована для автоматизованого визначення втрат електроенергії в РМ з урахуванням впливу температури навколишнього середовища на параметри пасивних елементів схеми заміщення. Отримане представлення матриці чутливості Якобі дозволяє спростити її формування та коригування в процесі розрахунку і аналізу режимів РМ в реальному часі, коли телевимірювання використовуються як початкові дані.

3. На основі запропонованої моделі розрахунку технічних втрат електричної енергії в РМ розроблено програмно-технічний комплекс, який дозволив розрахувати втрати електричної енергії з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі в реальному часі, що забезпечує підвищення точності розрахунку втрат.

4. Обґрунтовані технічні вимоги до багатофункціонального мікропроцесорного пристрою нижнього рівня ПТК в задачах моніторингу втрат електричної енергії з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі. Це дозволило підвищити точність розрахунку втрат електричної енергії в РМ та забезпечити додаткову достовірну інформацію для АСКОЕ.

5. Проведені експериментальні дослідження розробленого багатофункціонального мікропроцесорного пристрою, які підтвердили повну працездатність вимірювальних блоків та GSM/GPRS зв'язку з диспетчерським пунктом, а також, що БМП має клас точності 0,5. Це дозволяє в перспективі перейти при проектуванні систем моніторингу до уніфікованих багатофункціональних пристроїв збору, зберігання та передачі інформації.

6. Запропоновано спосіб використання БМП в РМ для оперативного перемикання регулювальних відгалуджень трансформаторів з РПН в центрах живлення радіальної мережі, що забезпечує мінімум втрат електричної енергії з урахуванням обмежень за рівнями напруги.

7. Показана можливість і доцільність використання розрахункової моделі втрат електричної енергії в РМ в якості імітаційної моделі при виборі альтернатив. Розроблені алгоритми та методика оптимального вибору заходу зі зниження втрат електричної енергії в РМ на базі імітаційної розрахункової моделі втрат електричної енергії з використанням

Парето-метода, що значно скорочує час пошуку ефективного рішення з вибору оптимального ЗЗВ.

8. Обчислювальний експеримент показав працездатність імітаційної моделі оптимального вибору заходу зі зниження втрат електроенергії в РМ. На прикладі фрагменту електричної мережі 10 кВ АК «Харківобленерго» проведені розрахунки втрат електричної енергії з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі, та вибрано оптимальний варіант заходів зі зниження цих втрат, в результаті чого втрати знизяться на 16% по відношенню до базового варіанта.

9. Результати наукових досліджень дисертаційної роботи впроваджені в госпдогвірних темах в АК «Харківобленерго», а також в навчальний процес кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій та кафедри електропостачання сільського господарства ХНТУСГ ім. Петра Василенка.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Мірошник О. О. Структура втрат електричної енергії та методика їх розрахунку / Мірошник О. О. // Вісник ХДТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків: ХДТУСГ, 2004. – Вип. 27. – Т. 1. – С. 25–31.

2. Мірошник О. О. Моніторинг навколишнього середовища на основі системи відомчих автоматизованих метеопостів в енергетиці України / Черемісін М. М., Мірошник О. О. // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків: ХНТУСГ, 2005. – Вип. 37. – Т. 1. – С. 3–7.

Здобувачем сформульовані положення щодо використання автоматизованих метеопостів для визначення втрат електричної енергії з урахуванням параметрів навколишнього середовища.

3. Мірошник О. О. Метеомоніторинг и подсистема автоматизированных метеопостов в электрических сетях / Черемисин Н. М., Мирошник А. А. // Збірник праць ПДТУ «Ефективність та якість електропостачання промислових підприємств» – Маріуполь: ПДТУ, 2005. – С. 239–241.

Здобувачем запропоновані принципи побудови системи автоматизованих метеопостів для моніторингу параметрів навколишнього середовища для більш точного визначення втрат електричної енергії.

4. Мірошник О. О. Удосконалення розрахункових моделей технічних втрат в електричних мережах 10(6)-0,4 кВ в умовах неповноти вихідної інформації / Черемісін М. М., Мірошник О. О. // Праці ТДАТА «Наукове фахове видання» – Мелітополь: ТДАТА, 2006. – Вип. 45. – С. 97–102.

Здобувачем запропоновані розрахункові моделі технічних втрат в розподільчих мережах, показані підходи та способи їх моніторингу.

5. Мірошник О. О. Вимоги до системи автоматизованого моделювання та розрахунку втрат з урахуванням метеопараметрів в системах електропостачання / Черемісін М. М., Мірошник О. О., Аллашев О. Ю. // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків: ХНТУСГ, 2006. – Вип. 43, Т. II. – С. 167–171.

Здобувачем сформульовані вимоги до програмного комплексу по розрахунку втрат електричної енергії з урахуванням параметрів навколишнього середовища.

6. Мірошник О. О. Напрямки підвищення ефективності електропостачання споживачів в умовах ринкової економіки / Черемісін М. М., Зубко В. М., Коробка В. О., Романченко В. І., Мірошник О. О. // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків: ХНТУСГ, 2006. – Вип. 43, Т. I. – С. 3–9.

Здобувачем показані напрямки для зниження втрат електроенергії в розподільчих мережах.

7.Мирошник А. А. Микропроцессорные средства учета потерь электроэнергии в зависимости от параметров окружающей среды / Черемисин Н. М., Мирошник А. А., Трибель В. И. // Світлотехніка та електроенергетика. – 2007. – №2 – С. 90–93.

Здобувачем запропоновані схемні рішення та багатофункціональний мікропроцесорний пристрій з обліку втрат електричної енергії з урахуванням параметрів навколишнього середовища, який може бути використано, як елемент нижнього рівня SCADA-системи.

8.Мирошник А. А. Модели и методы выбора мероприятий по снижению потерь электрической энергии в распределительных сетях / Лежнюк П. Д., Кулик В. В., Черемисин Н. М., Мирошник А. А. // Энергетика та електрифікація. – 2007. – №8. – С. 32–36.

Здобувачем запропонована модель вибору найкращих заходів зі зниження втрат електричної енергії з використанням додаткових критеріїв на основі Парето-метода.

9.Мирошник А. А. Автоматизация контроля и управление электропотреблением в электрических сетях – эффективность и пути развития в условиях рыночных отношений / Черемисин Н. М., Мирошник А. А. // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – 2007. – №1(20). – С. 75–82.

Здобувачем запропоновано схеми контролю та керування електроспоживанням та організація обліку втрат за допомогою SCADA-системи.

10. Мірошник О. О. Методи та підходи до розрахунку втрат електричної енергії в розподільчих електричних мережах / Мірошник О. О. // Праці ТДАТА «Наукове фахове видання» – Мелітополь: ТДАТА, 2007. – Вип. 7, Т. 3. – С. 162–172.

11. Мірошник О. О. Методика пошуку оптимальних заходів зі зниження втрат електричної енергії в розподільчих мережах на базі імітаційної моделі та Парето-метода / Черемісін М. М., Тимчук С. О., Мірошник О. О. // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків: ХНТУСГ, 2007. – Вип. 57, Т. I. – С. 11–16.

Здобувачем запропоновано вибір заходів зі зниження втрат електричної енергії за допомогою імітаційної моделі та Парето-метода.

12. Мірошник О. О. Моніторинг втрат електричної енергії в розподільчих електричних мережах 10(6)-0,4 кВ / Мірошник О. О. // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – 2007. – №2(21). – С. 14–20.

13. Мірошник О. О. Підвищення ефективності керування та експлуатації розподільних електричних мереж на базі моніторингу / Черемісін М. М., Мірошник О. О. // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Вип. 73, Т. 1. – С. 3–5.

Здобувачем запропоновано комплексний підхід до моніторингу розподільчих мереж для підвищення ефективності керування ними, експлуатації та надійності.

14. Пат. 85724 Україна, МПК G 01 R 21/06 G 01 R 22/00. Лічильник електричної енергії / Черемісін М. М., Мірошник О. О., Трибель В. І.; заявник та патентовласник Черемісін М. М., Мірошник О. О., Трибель В. І. – № а 2007 00698, заявл. 23.01.2007, опубл. 25.02.2009 Бюл. №4.

Здобувачем запропоновано принципову схему лічильника електричної енергії.

АНОТАЦІЇ

Мірошник О. О. Підвищення ефективності моніторингу втрат електроенергії в розподільчих мережах. – 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, 2009.

Дисертацію присвячено підвищенню ефективності моніторингу втрат електроенергії в розподільчих мережах із урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі для оптимального вибору заходу зі зниження технічних втрат електроенергії. Удосконалено розрахункову модель параметрів усталеного режиму РМ для моніторингу втрат електричної енергії з урахуванням впливу температури навколишнього середовища і величини струму на опір елементів мережі в реальному часі, що дозволяє більш об'єктивно нормувати в них втрати електроенергії. Удосконалено модель регулювання напруги в центрі живлення, що забезпечує оптимізацію режиму при мінімізації втрат електричної енергії в розподільчих мережах і відрізняється від існуючих урахуванням інформації про режим не тільки на шині центру живлення, але і в характерних точках лінії, в тому числі про зміну значення втрат електроенергії в лініях при переключенні регулювальних відгалуджень трансформаторів. Розроблена імітаційна модель розрахунку втрат електричної енергії, що дозволяє на основі багатокритеріального підходу вибрати найбільш ефективний захід зі зниження втрат в РМ.

Ключові слова: розподільча мережа, оптимізація режиму, втрати електричної енергії.

Мирошник А. А. Повышение эффективности мониторинга потерь электроэнергии в распределительных сетях. – Рукопись.

Дисертація на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции, сети и системы. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт». – Харьков, 2009.

Дисертація посвящена повышению эффективности мониторинга потерь электроэнергии в распределительных сетях (РС) с учетом влияния температуры окружающей среды и величины протекающего тока на сопротивление элементов сети для выбора оптимального мероприятия по снижению потерь электроэнергии.

Представлена модель расчета потерь электроэнергии в РС, которая лежит в основе расчета установившегося режима. Показано, что точность расчета зависит от достоверности и полноты исходной информации, для получения информации о параметрах режима в определенных точках РС необходимо устанавливать измерительные устройства. При расчете для остальных точек РС необходимо принимать псевдоизмерения параметров режима, которые задаются, исходя из опыта эксплуатации, а также на основе информации о параметрах элементов данного участка сети. При этом рассчитываются все участки от конца до начала линии, где имеющаяся информация о параметрах режима сравнивается с полученной расчетом. С целью уточнения данных расчета при наличии псевдоизмерений параметров режима выполняется «обратный ход» расчета.

С целью повышения эффективности функционирования автоматизированных систем управления РС была усовершенствована математическая модель анализа установившегося режима РС с использованием метода Ньютона. Эта модель приспособлена для автоматизированного определения потерь электроэнергии в РС с учетом влияния температуры окружающей среды на параметры пассивных элементов схемы замещения. Полученное представление матрицы чувствительности Якоби позволяет упростить ее формирование и корректирование в процессе расчета и анализа режимов РС в реальном времени, когда телеизмерения используются как начальные данные.

Разработана расчетная модель установившегося режима для мониторинга потерь электрической энергии в РС с учетом влияния температуры окружающей среды и величины протекающего тока на сопротивление элементов сети, что позволяет повысить

точность расчета потерь в реальном времени. Показано, что в основу базовой расчетной модели целесообразно положить метод поэлементного расчета потерь электроэнергии, что дает возможность эффективнее проводить анализ и структурирование потерь электроэнергии как в самой РС, так и в ее элементах.

Показано, что для обеспечения максимальной адекватности расчетной модели РС ее формирование должно выполняться с использованием всех имеющихся источников информации, и в первую очередь, оперативно-информационного комплекса. Предложенная структура информационного обеспечения задачи расчета установившихся режимов в РС 10(6)-0,38 кВ и мониторинга потерь электроэнергии.

Разработан программно-технический комплекс для эффективной реализации модели расчета потерь электрической энергии, который позволяет определять потери электрической энергии с учетом влияния температуры окружающей среды и величины протекающего тока на сопротивление элементов сети в реальном времени.

Сформированы технические требования и разработано многофункциональное микропроцессорное устройство нижнего уровня программно-технического комплекса для решения задачи мониторинга потерь электрической энергии с учетом влияния температуры окружающей среды и величины протекающего тока на сопротивление элементов сети. Обоснована реализация в многофункциональном микропроцессорном устройстве современных способов передачи информации для использования их в организации системы мониторинга в РС. Показано, что наиболее перспективным и экономически выгодным является способ передачи информации по GSM- и GPRS-каналам связи.

Приведена методика регулирования напряжения в центре питания, целью которой является поддержание напряжения у потребителя в допустимых стандартом пределах при минимизации потерь электроэнергии в РС. Показано, что оперативный мониторинг изменения отклонения напряжения на шинах потребительских ТП 10(6)/0,4 кВ дает возможность оптимизировать режим работы устройств регулирования под напряжением в центре питания, обеспечивая тем самым допустимые отклонения напряжения, как у близлежащих, так и у удаленных потребителей на стороне 0,4 кВ.

Разработаны алгоритмы и методика выбора оптимального мероприятия по снижению потерь в РС на базе имитационной расчетной модели потерь электрической энергии и Парето-метода, что значительно сокращает время поиска эффективного решения по выбору оптимального МСП.

На конкретном примере показана работоспособность имитационной модели оптимального выбора мероприятия по снижению потерь электроэнергии в РС. Показано, что для выбора оптимального мероприятия по снижению потерь электрической энергии целесообразно использовать дополнительные критерии эффективности, что позволит более рационально выбирать мероприятия по снижению потерь и при этом обеспечить улучшение таких показателей, как качество напряжения в РС.

Ключевые слова: распределительная сеть, оптимизация режима, потери электрической энергии.

Miroshnyk O. O. Increase of efficiency of monitoring of losses of the electric power in distributive network. – Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.14.02 – Electrical stations, network and system. – National Technical University "Kharkov Politechnic Institute". – Kharkov, 2009.

The dissertation is devoted to increase of efficiency of methods and means of monitoring of losses of the electric power in distributive network in view of temperature of an environment for a choice of an optimum measure on decrease of the technological charge of the electric power. The principles of construction are proved and the program-technical complex for the decision of a task of monitoring of losses of electrical energy is developed. The technical

requirements are proved and the multifunctional microprocessor device of the bottom level of the automated system for the decision of a task of monitoring of losses of electrical energy is developed in view of temperature of an environment. Is proved and the technique of a choice of an optimum measure on decrease of losses of the electric power in systems of distributive network is developed on the basis of imitating model in conditions of uncertainty of the purpose.

Key words: distributive network, optimization of a mode, loss of electrical energy.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОНІТОРИНГУ ВТРАТ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ

Відповідальний за випуск *В.П. Ровенець*

Підписано до друку 01.04.2009 р. Формат 60x84/16.

Папір офсетний. Друк ксерографічний. Гарнітура Times New Roman.

Ум. друк. арк. 1,16. Обл.-вид. арк. 1,0. Тираж 100 прим. Зам. №

ТОВ «Видавництво «Форт»

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців ДК № 333 від 09.02.2001 р.
61023 м. Харків, а/с 10325. Тел. (057) 714-09-08