

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Нанака Олена Миколаївна

УДК 621.316.1

**ФОРМУВАННЯ УМОВ ОПТИМАЛЬНОСТІ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ
ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ СПОЖИВАЧІВ І
ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНИХ КОМПАНІЙ**

Спеціальність 05.14.02 – Електричні станції, мережі і системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті,
Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Рогальський Броніслав Станіславович,

Вінницький національний технічний університет,
професор кафедри електротехнічних систем електроспоживання та
енергетичного менеджменту

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Зорін Владлен Володимирович,

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»,
професор кафедри електропостачання

кандидат технічних наук, доцент

Соломчак Олег Володимирович,

Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу,
доцент кафедри електропостачання
та електрообладнання

Захист відбудеться « 25 » _____ 03 _____ 2011 р. о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 05.052.05 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ауд. 210 ГНК.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.

Автореферат розісланий « 23 » _____ 02 _____ 2011 р.

В.о. вченого секретаря
спеціалізованої вченої ради

В.В. Кухарчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Компенсація реактивної потужності (КРП) і оптимізація перетікань реактивної потужності в електричних мережах (ЕМ) є визнаними найбільш ефективними технологіями енергозбереження та забезпечення належної якості напруги.

Актуальність компенсації реактивної потужності зросла після введення в дію нормативного документа “Методика розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії між енергопостачальною організацією та її споживачами”. Основне її призначення – стимулювання підвищення рівня КРП і зниження технологічних втрат електроенергії в електричних мережах. Але аналіз результатів впровадження вищевказаного нормативного документа в мережах споживачів і обласних енергопостачальних компаній (ЕК) за даними НЕК “Укренерго” показує, що його вплив на споживачів незначний, а на суб’єктів оптового ринку електроенергії (ОРЕ) – практично відсутній.

В чинних нормативних документах відсутнє формування умов оптимальної КРП, що унеможливорює досягнення найбільшого ефекту зниження втрат. Формування умов оптимальної КРП базується на визначенні втрат і економічних еквівалентів реактивної потужності (ЕЕРП), але визначення останніх за використанням відомих методів призводить до суттєвих похибок, що не прийнятно для розрахунку плати за реактивну електроенергію, відсутні механізми стимулювання споживачів до регулювання напруги та впровадження оптимальної КРП.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні положення та результати роботи отримані при виконанні держбюджетної науково-дослідної роботи кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) за темою: “Розробка методології (методів, моделей і методик) системного і комплексного вирішення проблеми компенсації реактивних навантажень в електричних мережах споживачів та енергопостачальних компаній” (№ державної реєстрації 0105U002427), а також госпдоговірної роботи за темою: “Обґрунтування рівнів компенсації реактивних навантажень в електричних мережах Вінницьких ЕМ в сучасних економічних умовах з метою зниження технологічних втрат електроенергії” (договір №196 від 17.07.2006 р. з ВАТ “АК Вінницяобленерго”).

Мета і завдання дослідження Метою дослідження є зниження втрат електроенергії в електричних мережах споживачів і енергопостачальних компаній шляхом розроблення та вдосконалення методів керування перетіканнями реактивної енергії.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв’язано такі основні завдання:

- аналіз методів визначення втрат в електричних мережах з метою визначення економічних еквівалентів реактивної потужності та умов оптимальної КРП;
- розроблення методу розрахунку втрат і економічних еквівалентів реактивної потужності та визначення вхідної реактивної потужності (ВРП) з метою нормалізації рівнів напруги у вузлах електричних мереж;
- розроблення методів визначення втрат від перетікання реактивної енергії між ЕК та їх споживачами і суб’єктами оптового ринку електроенергії, що дозволить сформулювати умови оптимальної компенсації реактивної потужності та вдосконалення методу визначення втрат активної потужності в “особливих” (нетипових) ситуаціях споживання реактивної електроенергії;
- розроблення методу визначення додаткових втрат електроенергії в умовах недостатнього оснащення електричних мереж споживачів компенсувальними установками і невикористання оптимізації залишкових перетікань;
- розроблення математичної моделі для визначення втрат від перетікання реактивної енергії між енергопостачальними компаніями і споживачами з метою відшкодування збитків споживачів при встановленні в їх мережах додаткових компенсувальних установок (КУ) в загальносистемних інтересах і регулювання напруги;

- розроблення способу і системи автоматичного керування КУ за критерієм мінімальних втрат активної потужності від перетікання реактивної потужності;
- вдосконалення ”Методики обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами” на підставі розроблених і вдосконалених методів визначення втрат електроенергії від перетікання реактивної потужності в електричних мережах ЕК і споживачів та формування умов оптимальності КРП.

Об’єктом дослідження дисертаційної роботи є електричні мережі енергопостачальних компаній і споживачів та режими перетікання реактивної електроенергії в них.

Предметом дослідження є втрати електроенергії від перетікання реактивної енергії між енергопостачальними компаніями і споживачами.

Методи дослідження. Для аналізу та розв’язання задач дисертаційної роботи були використані аналітичний метод – для формування моделей для визначення втрат активної електроенергії та їх вартості; матрично-обчислювальний метод – для отримання моделей з визначення втрат потужності та напруги; метод вузлових напруг – для моделювання та аналізу режимів підсистеми; метод розщеплення мережі – при розрахунку поточкорозподілу замкнених мереж; при розв’язанні поставлених задач досліджень був використаний метод декомпозиції. При отриманні математичних моделей визначення втрат потужності і напруги методи досліджень базувалися на теорії електротехніки та теорії графів (при формуванні матриці шляхів).

Наукова новизна одержаних результатів

1. Вперше запропоновано метод визначення частки втрат активної потужності в електричних мережах, зумовлених передаванням до окремого споживача (вузла) реактивної електроенергії, який, на відміну від відомих, не передбачає визначення втрат по вітках (радіусах живлення), що дозволяє підвищити точність визначення економічного еквівалента реактивної потужності.

2. Вперше запропоновано метод визначення додаткових втрат електроенергії в електричних мережах, що залежать від фактичного рівня компенсації реактивної потужності та застосування оптимального керування КУ, який на відміну від відомого, не використовує нормовані значення $\text{tg}\varphi$, що дозволяє мінімізувати втрати від залишкових перетікань реактивної потужності.

3. Отримав подальший розвиток метод визначення вхідних реактивних потужностей з використанням системного підходу, що проявляється в уможливленні використання фактичних параметрів електричних мереж і режиму споживання активної й реактивної потужностей, а також значень напруги у її вузлах в години максимальних і мінімальних навантажень енергосистеми. Це дозволяє більш обґрунтовано стимулювати споживачів до залучення додаткових засобів регулювання напруги.

Практичне значення отриманих результатів. Практична цінність дисертаційної роботи полягає в тому, що запропоновані методи керування перетіканнями реактивної енергії, які, за умови їх реалізації, дозволять знизити втрати електроенергії в електричних мережах споживачів і енергопостачальних компаній та покращити якість напруги.

Результати досліджень дозволили вдосконалити існуючу ”Методику обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами”. Зокрема, запропоновано механізм збалансування інтересів енергопостачальних компаній та споживачів при встановленні в мережах останніх додаткових КУ в загальносистемних інтересах, а також спосіб та систему автоматичного керування КУ за критерієм мінімуму втрат. Їх впровадження дозволить підвищити обґрунтованість для споживачів електроенергії та суб’єктів оптового ринку доцільності впровадження ними оптимальної компенсації реактивної потужності, і, як наслідок, забезпечить додаткове зниження технологічних втрат електроенергії в мережах споживачів та енергопостачальних компаній в межах 3-5%.

Результати, отримані в дисертаційній роботі, використовувалися для розроблення способів і засобів зниження технологічних втрат електроенергії в електричних мережах ВАТ "АК Вінницяобленерго", а також впроваджені в навчальний процес Вінницького національного технічного університету.

Особистий внесок здобувача Усі результати, які складають основний зміст дисертаційної роботи, отримані автором самостійно.

У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать: [1] – формування матриці втрат активної потужності, на якій ґрунтується запропонований метод розрахунку ЕЕРП; [2] – обґрунтування механізму відшкодування додаткових втрат, які виникають через встановлення нерентабельних КУ в загальносистемних інтересах та виникнення недокомпенсованих або перекомпенсованих перетікань реактивної енергії з метою нормалізації рівнів напруги; [3] – розроблення математичної моделі розрахунку втрат і ЕЕРП в генераторах електростанцій; [4] – розроблення алгоритму визначення втрат активної потужності, які виникають від перетікань реактивної, понад економічно обґрунтовані значення ВРП; [5] – розроблення методу визначення додаткових втрат електроенергії за умов недостатності оснащення електричних мереж споживачів КУ і невикористання оптимізації залишкових перетікань; [6] – формування матриці втрат активної потужності для замкнених мереж, на якій базується визначення першої складової ЕЕРП (D_1); [7] – проведення аналізу стану компенсації реактивних навантажень в енергетичній галузі України та інших країн; [8] – розроблення алгоритму визначення ВРП з метою регулювання напруги; [9] – обґрунтування доцільності використання синхронних двигунів (СД) для забезпечення ВРП з метою регулювання напруги; [10] – вдосконалення методу визначення втрат в "особливих" (нетипових) ситуаціях споживання реактивної електроенергії, який стимулює споживачів електроенергії до КРП; [11] - формулювання основних положень проекту методики розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії й реактивну потужність між енергопостачальною організацією та її споживачами, а також суб'єктами оптового ринку електроенергії; [12] – розроблення прикладів розрахунку втрат від перетікань реактивної електроенергії і, відповідно, плати за реактивну електроенергію; [13] – обґрунтування переходу з плати за споживання реактивної електроенергії на плату за споживання реактивної потужності; [14] – запропоновано введення блоку конфігурації мережі в систему керування КУ за критерієм мінімуму втрат.

Апробація результатів дисертації. Основні положення роботи та її результати доповідалися й обговорювалися на міжнародних науково-технічних конференціях "Наука і освіта – 2003" (м. Дніпропетровськ, м. Донецьк, м. Харків, 2003 р.); "Контроль і управління в складних системах" (м. Вінниця, 2003, 2005, 2008 р.р.); „Прогресивні інформаційні та комп'ютерні технології для підвищення ефективності функціонування енергопостачальних компаній та електроенергетичних систем (вирішення проблеми енергозбереження, мінімізації втрат електроенергії)" (с. Яремче, 2006 р.); "Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях та системах" (м. Луцьк, 2008, 2010 р.р.); "Проблеми і перспективи енергозбереження комунального господарства і промислових підприємств" (м. Луцьк, 2009).

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 27 наукових робіт (в т.ч. один патент на корисну модель), 17 з них опубліковані у фахових виданнях.

Структура й обсяг роботи Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел (108 найменувань). Основний зміст викладений на 134 сторінках друкованого тексту, містить 20 рисунків, 16 таблиць. Загальний обсяг дисертації – 185 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовані мета та наукова новизна, вказана практична цінність отриманих результатів. Наведені відомості про апробацію роботи, особистий внесок здобувача і публікації. Зафіксовано зв'язок роботи з науковими програмами, темами.

У **першому** розділі проведено аналіз методів визначення втрат активної потужності при розрахунку економічних еквівалентів реактивної потужності та відомих методів розрахунку вхідних реактивних потужностей для споживачів, а також обґрунтовано та аргументовано задачі наукового дослідження.

Позитивним фактором діючої „Методики розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії між енергопостачальною організацією та її споживачами” є визначення втрат активної потужності від перетікання реактивної за допомогою ЕЕРП. Але методика для визначення ЕЕРП відрізняється складністю підготовки вихідних даних і неточністю розрахунків. При цьому сумарні втрати активної потужності в загальних ділянках мережного радіуса, від якого отримують живлення кілька споживачів, відносяться до кожного з них (частка кожного споживача у сумарних втратах не визначається).

Щодо ВРП, то спроби їх визначення з метою регулювання напруги були зроблені у Всесоюзному науково-дослідному інституті електроенергетики (ВНДІЕ). Основним недоліком запропонованого методу є те, що ВРП визначались не на основі інформації про напругу на шинах вузлових підстанцій енергопостачальних компаній, а через коефіцієнти потужності.

Отже, розроблення методів визначення втрат електроенергії від перетікання реактивної потужності в електричних мережах споживачів і енергопостачальних компаній та методу визначення ВРП на даний час є актуальними задачами.

Проведено аналіз відомих шкал, систем і методик стимулювання впровадження КРП. Всі вони, як і діючий нормативний документ, мають певні недоліки. Основним з них є незначний вплив на споживачів і практично відсутній – на суб'єктів оптового ринку електроенергії України щодо компенсації реактивних навантажень в їх мережах. Незбалансованість заохочень і примушень до КРП та нерівноправність суб'єктів оптового ринку щодо розрахунків за реактивну енергію призвело до їх незацікавленості в КРП, що свідчить про необхідність вдосконалення діючого нормативного документа та розширення галузі його застосування.

У **другому** розділі розробляються методи визначення втрат активної потужності від перетікання реактивної, на яких базується розрахунок економічних еквівалентів реактивної потужності. Сформульовано підходи, припущення і положення, на яких ґрунтується метод і алгоритм розрахунку ЕЕРП.

Економічний еквівалент реактивної потужності (D) відображає питомі втрати активної потужності (в кіловатах) на 1 квар реактивної, що передається по мережі. В разі застосування в мережі споживача компенсувальних установок потужністю $Q_k = Q$, величина D відображає питоме зниження втрат активної потужності в мережі (в кіловатах) на 1 квар встановленої потужності КУ. Тому запропоновано ЕЕРП визначати як відношення частки середніх втрат активної потужності ΔP_i зумовленої реактивним навантаженням i -го вузла, до реактивного навантаження цього вузла Q_{hi} :

$$D_i = \frac{\Delta P_i}{Q_{hi}}. \quad (1)$$

Для розімкнених мереж ЕК в основу розрахунку ЕЕРП покладено визначення матриці втрат активної потужності в мережах підсистеми по реактивних навантаженнях споживачів. Тобто за вказаною матрицею визначається частка кожного споживача в сумарних втратах в мережах підсистеми.

У випадках, коли не враховуються фактичні рівні напруги на вводах споживачів і вузлів ЕК, матриця втрат по реактивних навантаженнях споживачів визначається за формулою:

$$\Delta P_2 = \frac{10^{-3}}{U_n^2} \cdot \left[Q_n^d \cdot \Pi \cdot R \cdot \Pi^T \cdot Q_n \right], \quad (2)$$

де U_n – базова номінальна напруга, до якої приведені опори віток заступної схеми мереж підсистеми, кВ; $Q_n^d = \text{diag}(Q_{n1}, \dots, Q_{nn})$ – діагональна матриця реактивних навантажень споживачів (абонентів), для яких розраховуються ЕЕРП, (при наявності субабонентів вказуються також їх навантаження за їх обліком або обліком абонента з відповідними поправками на втрати реактивної потужності та напруги), квар; Π , Π^T – матриця і транспонована матриця шляхів; $R = \text{diag}(R_1, \dots, R_n)$ – діагональна матриця активних опорів віток заступної схеми ЕМ підсистем, Ом; Q_n – матриця-стовпець реактивних навантажень вузлів ЕМ підсистеми, квар.

За наявності інформації про фактичні середні рівні напруги у вузлах, матриця втрат по реактивних навантаженнях вузлів визначається за формулою:

$$\Delta P_2 = C^d \cdot \left[Q_n^d \cdot \Pi \cdot R \cdot \Pi^T \cdot Q_n \right], \quad (3)$$

де C^d – діагональна матриця коефіцієнтів $10^{-3}/U_{\text{фi}}^2$ ($U_{\text{фi}}$ – фактичний середній рівень напруги в i -му вузлі ЕМ підсистеми).

Для вузлів замкнених мереж регіональних енергосистем необхідне визначення першої складової ЕЕРП (D_1), що характеризує частку впливу реактивного перетікання через межу розділення електричних мереж ЕК та споживача в розрахунковому режимі на техніко-економічні показники в магістральній мережі (в даному випадку споживачами є вузлові підстанції 110/10 кВ, 110/35/10 кВ, 35/10 кВ).

Основою розрахунку D_1 є визначення матриці втрат активної потужності по реактивних навантаженнях споживачів:

- за відсутності інформації про фактичні рівні напруги на вводах підстанцій:

$$\Delta P_1 = \frac{10^{-3}}{U_n^2} (Q_n^d \cdot R_y \cdot Q_n), \quad (4)$$

де Q_n^d – діагональна матриця реактивних навантажень вузлових підстанцій, квар; R_y – матриця вузлових опорів, Ом; Q_n – матриця-стовпець реактивних навантажень вузлових підстанцій, квар;

- за наявності інформації про фактичні середні рівні напруги:

$$\Delta P_1 = C_d \cdot \left[Q_n^d \cdot R_y \cdot Q_n \right]. \quad (5)$$

Значення ЕЕРП (D_{1j}), розраховане для низької сторони j -ої підстанції 750-110 кВ, визначається за виразом:

$$D_{1j} = \frac{\Delta P_{1j}}{Q_j}, \quad (6)$$

де Q_j – реактивне навантаження j -ої підстанції замкненої частини ЕМ, квар.

Тоді величина першої складової ЕЕРП (D_{1i}), що характеризує частку впливу реактивного навантаження конкретного споживача (i -го промислового підприємства) на значення втрат від передавання реактивної енергії мережами 220-750 кВ, визначається за виразом:

$$D_{1i} = D_{1j} \cdot \frac{Q_i}{Q_j}, \quad (7)$$

де Q_i – реактивне навантаження конкретного споживача (i -го промислового підприємства).

Для генераторів електростанцій, малих ГЕС і ТЕЦ промислових підприємств ЕЕРП запропоновано визначати за наступною формулою, оскільки відомо, що генерування реактивної потужності зумовлює в синхронних генераторах і двигунах додаткові втрати активної електроенергії:

$$D_r = \frac{D_1}{Q_{\text{ном}}} \cdot \left(1 - \frac{Q_{\text{мін}}}{Q}\right) + \frac{D_2}{Q_{\text{ном}}^2 N} \cdot \left(\frac{Q^2 - Q_{\text{мін}}^2}{Q}\right), \quad (8)$$

де D_1, D_2 – сталі величини для даного генератора, які залежать від потужності, к.к.д. і номінальної кількості обертів генератора, кВт.; Q – середня реактивна потужність, що генерується в розрахунковому періоді, квар ($Q = W_{p.r.} / T_p$, де $W_{p.r.}$ – генерування реактивної енергії, яка передається в мережу енергосистеми чи облэнерго в розрахунковому періоді, квар·год.; T_p – час роботи генератора в розрахунковому періоді (місяць, квартал, рік), год.; $Q_{\text{ном}}$ – номінальна реактивна потужність генератора, квар; N – кількість генераторів; $Q_{\text{мін}}$ – мінімально допустима реактивна потужність генератора з умови забезпечення стійкості його роботи, квар.

При відшкодуванні збитків споживачу, зумовлених генерацією реактивної енергії в мережу енергопостачальної компанії і (або) споживанням із її мережі, відповідно, в періоди найбільших і найменших навантажень з метою регулювання напруги, виникає необхідність у визначенні ЕЕРП в мережах споживачів. Запропоновано визначати ЕЕРП для мереж споживачів за формулою:

$$D_{\text{сп}} = \frac{10^{-3}}{U^2} \cdot Q_c \cdot R_{\text{е.в}}, \quad (9)$$

де U – середня фактична (за період максимальних або мінімальних навантажень) напруга на вводі споживача, до якої приведені опори елементів його мережі, кВ; Q_c – середня реактивна потужність, що генерується в мережу ЕК або споживається з її мережі у відповідному режимі, квар; $R_{\text{е.в}}$ – еквівалентний активний опір мережі за втратами потужності, Ом.

Запропонований метод визначення втрат і ЕЕРП дозволяє уникнути трудомісткої процедури формування радіусів живлення споживачів і підвищити точність розрахунку ЕЕРП.

В роботі проведено порівняльний аналіз розрахунку ЕЕРП. На рис. 1. подано характер зміни значень ЕЕРП за збільшення навантаження на загальній ділянці ЕМ, розрахованих відомим та запропонованим методами. На рис. 1.: $D'_{\text{сп}_1}$ – значення ЕЕРП першого споживача, розраховане за середніми втратами активної потужності з урахуванням частки споживача у втратах на загальній ділянці ЕМ; $D''_{\text{сп}_1}$ – значення ЕЕРП першого споживача, розраховане без врахування частки споживача у втратах на загальній ділянці ЕМ; $D_{\text{сп}_1}$ – значення ЕЕРП першого споживача, розраховане за відомим методом, тобто, як швидкість зміни втрат активної потужності за зміни реактивної. З рис. 1. видно, що відомий метод і підхід визначення ЕЕРП (криві $D''_{\text{сп}_1} = f(Q_3)$, $D_{\text{сп}_1} = f(Q_3)$) штучно завищує значення ЕЕРП, порівняно з запропонованим методом (крива $D'_{\text{сп}_1} = f(Q_3)$).

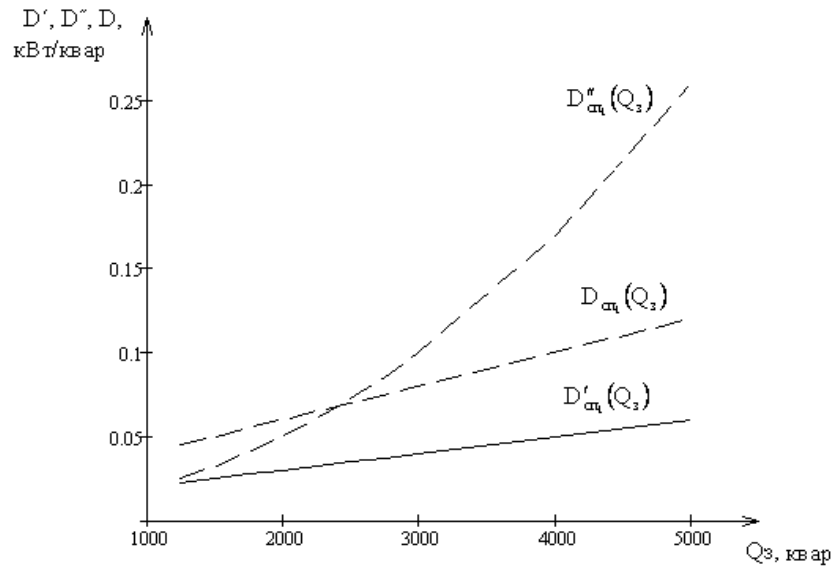


Рис. 1. Зміна економічних еквівалентів реактивної потужності за зміни сумарного навантаження Q_z на загальній ділянці ЕМ

Запропонований метод визначення втрат і ЕЕРП дозволяє визначити вартість передачі реактивної електроенергії в електричних мережах енергопостачальних компаній до споживачів в залежності від їх реактивних навантажень, електричної віддаленості від джерел живлення і напруги ліній електропередачі, формуючи цим умови оптимальної компенсації реактивних навантажень в електричних мережах споживачів і енергопостачальних компаній. До того ж, запропоновано ЕЕРП використовувати як критерій черговості введення КУ в ЕМ у випадку поетапного їх впровадження.

На основі методу розрахунку ЕЕРП для промислових споживачів в роботі запропоновано спосіб і систему керування КУ за критерієм мінімуму втрат, які є адаптованими до застосування в розімкнених мережах довільної конфігурації та забезпечують підтримання напруги в допустимих межах. Структурна схема системи керування КУ представлена на рис. 2., а блок-схема алгоритму керування КУ – на рис. 3.

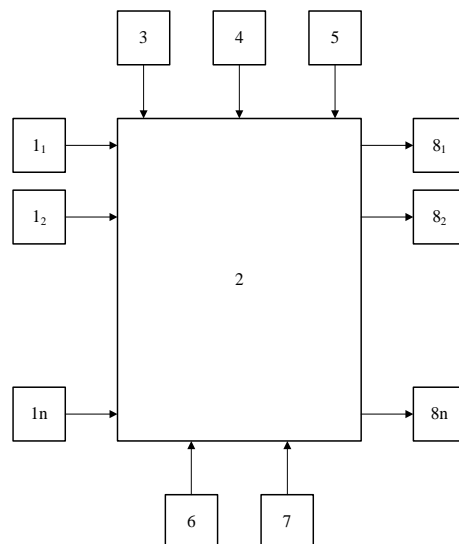


Рис.2. Структурна схема системи керування КУ за критерієм мінімуму втрат ($1_1 - 1_n$ – датчики реактивної потужності; 2 – обчислювальний пристрій; 3 – датчик уставок ВРП споживача; 4 – датчик фактичної ВРП споживача; 5 – датчик опорів ліній заступної схеми споживача, 6 – датчик базової напруги; 7 – датчик конфігурації мережі; $8_1 - 8_n$ – виконавчі органи)

У **третьому** розділі розроблено метод визначення вхідних реактивних потужностей (ВРП) з метою регулювання напруги.

Запропоновано рівні напруги на шинах низької сторони трансформаторів 10/0,4 кВ після кожного циклу керування визначати за формулою:

$$\mathbf{U} = (\mathbf{U}_m - \Delta\mathbf{U})^T \cdot \mathbf{K}_{\text{тп}}^{-1}, \quad (10)$$

де \mathbf{U} – матриця-рядок рівнів напруги на шинах низької сторони трансформаторних підстанцій (ТП) ТП–10/0,4 кВ у відповідному розрахунковому періоді, кВ; \mathbf{U}_m – матриця-стовпець фактичних рівнів напруги на шинах низької сторони вузлової трансформаторної підстанції у відповідному розрахунковому періоді, кВ; $\Delta\mathbf{U}$ – матриця-стовпець втрат напруги у вузлах, кВ; $\mathbf{K}_{\text{тп}}^{-1}$ – обернена діагональна матриця коефіцієнтів трансформації трансформаторних підстанцій 10(6)/0,4 кВ.

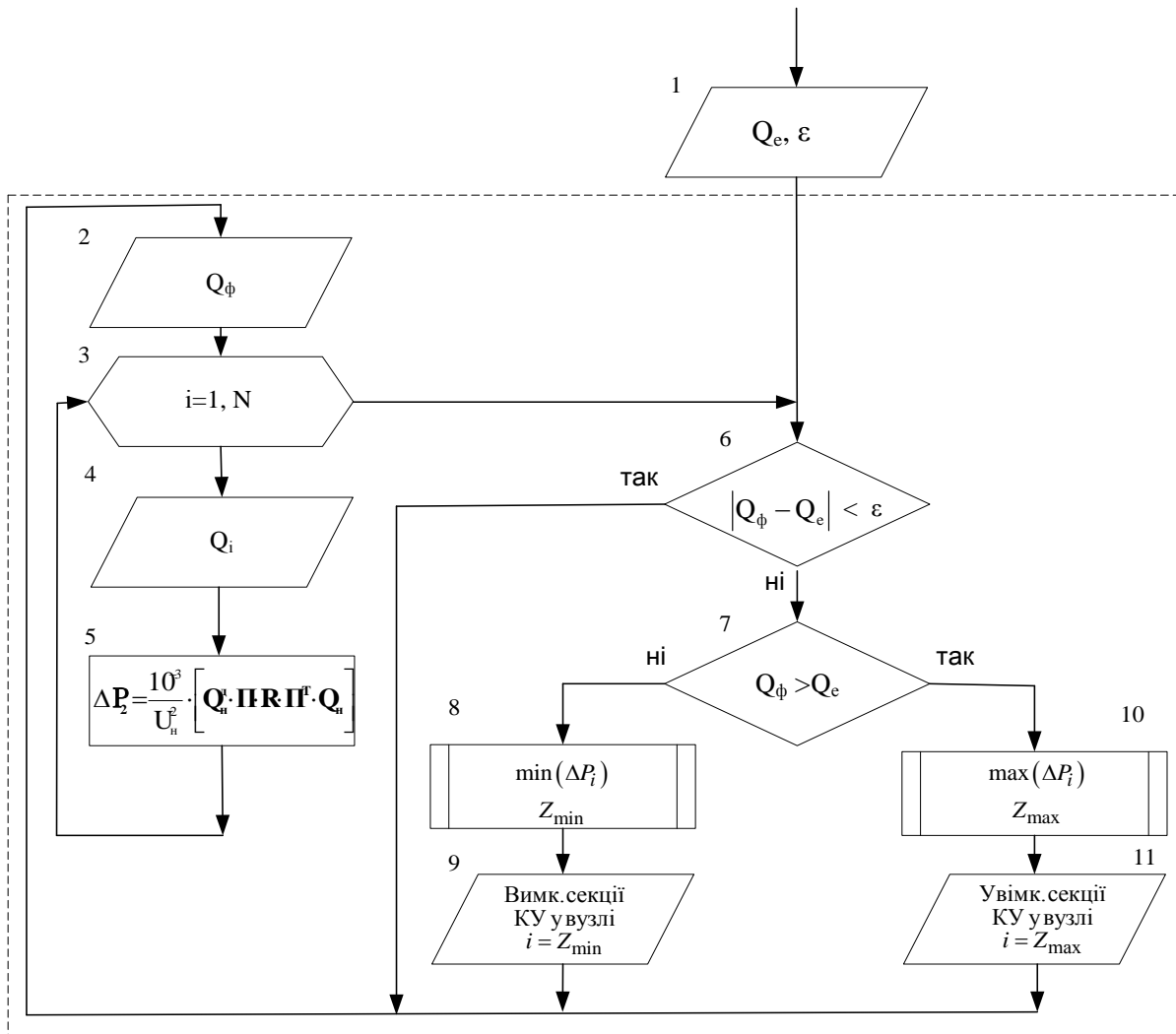


Рис. 3. Блок-схема алгоритму керування КУ за критерієм мінімуму втрат

В свою чергу, матриця втрат напруги у вузлах визначається за формулою:

$$\Delta\mathbf{U}_i = \frac{1}{U_i} (\mathbf{Q}_i \cdot \mathbf{П} \cdot \mathbf{X} \cdot \mathbf{n} + \mathbf{P} \cdot \mathbf{П} \cdot \mathbf{R} \cdot \mathbf{n}), \quad (11)$$

де $\Delta\mathbf{U}_i$ – матриця втрат напруги у вузлах в i -й ітерації, кВ; \mathbf{Q}_i (при $i=1$) – діагональна матриця фактичних реактивних навантажень, виміряних у споживача в режимний день або визначених розрахунковим шляхом, квар; \mathbf{Q}_i (при $i=2 \dots n$) – діагональна матриця фактичних

реактивних навантажень споживача при зміні реактивних навантажень споживачів-регуляторів з метою регулювання напруги, квар; \mathbf{Q}_i (при $i = n$) – діагональна матриця ВРП, квар; $\mathbf{\Pi}$ – матриця шляхів; \mathbf{X} – діагональна матриця реактивної складової опорів заступної схеми ЕМ, Ом; \mathbf{P} – діагональна матриця фактичних активних навантажень, знятих у споживача в режимний день або визначених розрахунковим шляхом, кВт; \mathbf{R} – діагональна матриця активної складової опорів схеми заміщення, Ом; \mathbf{p} – одинична матриця-стовпець; U_i – рівень напруги на шинах низької сторони вузлової підстанції після зміни реактивного навантаження у споживачів-регуляторів на i -й ітерації.

Метод розрахунку ВРП є ітераційним, тобто розрахунок рівнів напруги на шинах низької сторони трансформаторів 10(6)/0,4 кВ при зміні реактивного навантаження споживачів-регуляторів здійснюється доки рівні на шинах низької сторони трансформаторів 10(6)/0,4 кВ не будуть відповідати вимогам ГОСТ. Результати першої ітерації використовують для оцінювання відповідності рівнів напруги з низької сторони трансформаторних підстанцій 10(6)/0,4 кВ вимогам ГОСТ. Тому у формулу (11) підставляються активні і реактивні навантаження підстанцій, виміряні за режимний день або визначені розрахунковим шляхом. В подальшому (в наступних ітераціях) у формулу (11) підставляються зменшені або збільшені реактивні навантаження, з метою регулювання напруги.

На i -й ітерації, в якій результат розрахунку досяг очікуваного результату (щодо рівнів напруги у вузлах), фіксуються значення $Q_{ф.г.}$ і $Q_{сп.ф.}$, які і будуть вважатись ВРП. Ці значення повинна задавати енергосистема споживачу. Вони фіксуються в договорі на постачання електричної енергії споживачу.

Оскільки до споживачів-регуляторів висуваються певні вимоги та обмеження в загальносистемних інтересах щодо споживання та генерування реактивної потужності, через залучення їх до регулювання напруги, то їм необхідно відшкодовувати збитки, що виникають за рахунок вкладання коштів споживача в резерв компенсувальної потужності ($Q_{ку} = Q_M + Q_r$), а також за рахунок збільшення втрат в ЕМ споживача. Обсяги компенсації визначаються за виразами:

– використовуючи середньодобовий роздрібний тариф на активну електроенергію (додаткову ставку тарифу на активну електроенергію),

$$\Pi_3 = \Delta W_{a3} \cdot T_{д.р}, \quad (12)$$

де
$$\Delta W_{a3} = (W_{ф.р.г} \cdot D_{спм} + W_{ф.р.сп} \cdot D_{спн}); \quad (13)$$

– використовуючи диференційований за зонами доби роздрібний тариф,

$$\Pi_3 = \Delta W_{3г} \cdot T_{д.р.м} + \Delta W_{3сп} \cdot T_{д.р.н}, \quad (14)$$

де
$$\Delta W_{3г} = W_{ф.р.г} \cdot D_{спм}, \quad (15)$$

$$\Delta W_{3сп} = W_{ф.р.сп} \cdot D_{спн}; \quad (16)$$

– використовуючи основну ставку тарифу на активну електроенергію,

$$\Pi_3 = \Delta P_3 \cdot T_{о.р}, \quad (17)$$

де
$$\Delta P_3 = (Q_{г.ф} \cdot D_{спм} + Q_{сп.ф} \cdot D_{спн}), \quad (18)$$

де $\Delta W_{3г}$ і $\Delta W_{3сп}$ – відповідно, втрати активної електроенергії в мережі споживача, зумовлені генерацією реактивної енергії в режимі найбільших навантажень та споживанням реактивної енергії в режимі найменших навантажень, кВт·год.; $W_{ф.р.г}$ і $W_{ф.р.сп}$ – відповідно, фактичні генерація реактивної енергії в мережу ЕК і споживання із її мережі в

розрахунковому періоді в режимах найбільших та найменших реактивних навантажень, квар·год.; $D_{спм}$, $D_{спн}$ – відповідно, ЕЕРП, обчислені за параметрами і навантаженнями мереж споживача, для режиму найбільших та найменших навантажень, кВт/квар; $T_{д.р}$ – додаткова ставка середньодобового тарифу на активну електроенергію, грн./кВт·год.; $T_{д.р.м}$, $T_{д.р.н}$ – зонні тарифи на активну електроенергію, відповідно, для режимів найбільших і найменших навантажень, грн./кВт·год.; $T_{о.р}$ – основна ставка роздрібного тарифу на електроенергію, грн./кВт.

У **четвертому** розділі розроблено та удосконалено методи визначення втрат активної електроенергії від перетікання реактивної між енергопостачальними компаніями і споживачами та між суб'єктами оптового ринку електроенергії, а також метод оцінювання ефективності зменшення споживання реактивної електроенергії з мереж ЕК.

На підставі запропонованого методу визначення втрат та ЕЕРП уточнено методи визначення втрат активної електроенергії від перетікання реактивної між енергопостачальними компаніями та споживачами і між суб'єктами оптового ринку електроенергії та вартості втрат.

В загальному випадку вартість втрат пропонується визначати за формулою:

$$\Pi = (\Delta W_{a1} + \Delta W_{a2} - \Delta W_{a3} - \Delta W'_{a3}) \cdot T_{д.р} + \Delta P'_1 \cdot T_{о.р}, \quad (19)$$

де ΔW_{a1} – втрати активної енергії від перетікання реактивної енергії між ЕК та їх споживачами, кВт·год; ΔW_{a2} – додаткові втрати електроенергії, які виникають за недостатнього оснащення ЕМ споживачів компенсувальними установками і невикористання оптимізації залишкових перетікань реактивної електроенергії, кВт·год; ΔW_{a3} – втрати активної електроенергії, зумовлені недокомпенсованими або перекомпенсованими перетіканнями реактивної енергії в ЕМ споживача-регулятора з метою регулювання напруги, кВт·год; $\Delta W'_{a3}$ – зниження втрат активної електроенергії в мережах ЕК за встановлення КУ в мережах споживача, кВт·год; $\Delta P'_1$ – втрати активної потужності зумовлені перетіканнями реактивної потужності понад економічно обґрунтовані значення ВРП та перетіканнями, які перевищують або не досягають заданих ЕК вхідних реактивних потужностей, кВт.

За відсутності двоставкового тарифу на електроенергію $\Delta P'_1 \cdot T_{о.р} = 0$. Якщо споживач не є споживачем-регулятором, то ΔW_{a3} не визначається.

В свою чергу, втрати активної енергії від перетікання енергії між ЕК та їх споживачами пропонується визначати за формулою:

$$\Delta W_{a1} = \sum_{i=1}^n (W_{п.сп.i} \cdot D_{max} + W_{п.г.i} \cdot D_{min}); \quad (20)$$

– за наявності у споживача зонного обліку:

$$\Delta W_{a1} = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^v W_{п.сп.j} \cdot k_j \cdot D_{max} + W_{п.г.н} \cdot k_{нiч} \cdot D_{min} \right); \quad (21)$$

– для споживачів-регуляторів (до споживачів-регуляторів відносяться підприємства з безперервним тримінімним режимом роботи. Це споживачі, яким ЕК задає ВРП з метою регулювання рівнів напруги. Їм висуваються певні вимоги, а саме, достатній резерв потужності КУ, КУ – регульовані):

$$\Delta W_{a1} = \sum_{i=1}^n W_{п.сп."напівнік"} \cdot k_{напівнік} \cdot D_{max}, \quad (22)$$

де n – кількість точок розрахункового обліку реактивної енергії; v – кількість зон добового графіка електричного навантаження енергопостачальної організації; j – номер зони добового графіка; $W_{p.cп.j}$ – споживання реактивної енергії в точці обліку в j -й зоні розрахункового періоду, квар·год; $W_{p.g.n.}$ – генерування реактивної енергії в мережу ЕК в точці обліку в період нічних провалів, квар·год; k_j – коефіцієнт диференційованого тарифу для j -ї зони добового графіка; k_n – коефіцієнт диференційованого тарифу для зони "ніч" добового графіка; D_{max} – економічний еквівалент реактивної потужності в точці обліку, визначений для режиму максимальних навантажень енергосистеми, кВт/квар; D_{min} – економічний еквівалент реактивної потужності в точці обліку, визначений для режиму мінімальних навантажень енергосистеми, кВт/квар; $W_{p.cп."напівпик"}$ – споживання реактивної енергії в точці обліку в зоні "напівпик" розрахункового періоду, квар·год; $k_{напівпик}$ – коефіцієнт диференційованого тарифу для зони "напівпик" добового графіка.

Вимогою ЕК до споживачів (щодо споживання реактивної потужності з її мережі) є підтримання на вводах споживачів:

– економічних значень ВРП в ЕМ

$$0 \leq Q_{e.ф} \leq Q_e, \quad (23)$$

– ВРП з метою регулювання напруги

$$Q_{г.ф} \approx Q_г \text{ і (або) } Q_{cп.ф} \approx Q_{cп}. \quad (24)$$

Передбачається, що з відновленням промислового потенціалу України виникне проблема дефіциту генерувальних потужностей, після чого можуть бути введені двоставкові тарифи на активну електроенергію як стимулюючий механізм вирівнювання добових графіків навантажень для споживачів. Тоді, при двоставковому тарифі на активну електроенергію і невиконанні умови (23) споживачу, крім втрат енергії та їх вартості, необхідно визначати втрати активної потужності, які виникають від перетікань реактивної потужності понад економічно обґрунтовані значення ВРП за формулою:

$$\Delta P'_1 = (Q_{e.ф} - Q_e) \cdot D_{max}, \quad (25)$$

де Q_e – економічні значення вхідної реактивної потужності, квар; $Q_{e.ф}$ – фактичне значення вхідної реактивної потужності, квар;

У випадку, коли ЕК з метою регулювання напруги задає споживачам-регуляторам ВРП $Q_г$ і $Q_{cп}$, відповідно, для режимів найбільших та найменших навантажень і невиконанні умов (24), втрати потужності, які виникають від недокомпенсації або перекомпенсації реактивних перетікань, будуть визначатися за формулою:

$$\Delta P'_1 = \left((|Q_{г.ф} - Q_г|) \cdot D_{max} + (|Q_{cп.ф} - Q_{cп}|) \cdot D_{min} \right). \quad (26)$$

Додаткові втрати електроенергії, які виникають за недостатнього оснащення ЕМ споживачів компенсувальними установками і невикористання оптимізації залишкових перетікань, пропонується визначати за виразами:

$$\begin{cases} \Delta W_{a2} = \sum_{i=1}^n W_{\delta.ni.s} \cdot D_{max} [(a_i - a_\delta) + (\hat{E}_0 - 1)] \\ \dot{a}_i - \dot{a}_\delta \geq 0 \\ \hat{E}_0 \geq 1 \end{cases}, \quad (27)$$

де a_n – нормативне (оптимальне за критерієм мінімуму затрат) значення рівня компенсації реактивних навантажень споживача, відн. один.; a_ϕ – фактичне значення рівня КРП споживача, відн. один.; K_0 – коефіцієнт, який характеризує відхилення фактичного поточкорозподілу реактивної потужності в ЕМ споживача, від оптимального ($K_0 = 1,0$) до впровадження компенсації або додаткової компенсації, відн. один.

Зважаючи на те, що встановлення КУ в мережах споживачів (рентабельних і нерентабельних) приносить прибуток енергопостачальній компанії за рахунок зменшення втрат електроенергії в її ЕМ, то, з метою відшкодування збитків, запропоновано визначати вартість зменшення втрат активної енергії. Збитки відшкодовуються споживачу за виконання ним умови (23).

Для забезпечення збалансованості інтересів і рівноправності всіх суб'єктів оптового ринку електроенергії в роботі пропонується визначати втрати, які виникають при споживанні реактивної електроенергії обласними ЕК і споживачами з магістральних мереж, за формулою:

$$\Delta W_{a1} = \sum_{i=1}^n (W_{p.cn.i} \cdot D_{1max} + W_{p.r.i.min} \cdot D_{1min}), \quad (28)$$

де $W_{p.r.i.min}$ – генерування реактивної енергії в i -й точці обліку за розрахунковий період в режимі мінімальних навантажень, квар·год; D_{1max} – перша складова ЕЕРП, визначена для режиму максимальних навантажень енергосистеми, кВт/квар; D_{1min} – перша складова ЕЕРП визначена для режиму мінімальних навантажень енергосистеми, кВт/квар.

При перетіканні реактивної енергії між електростанціями і регіональними енергосистемами, обласними ЕК і споживачами, які отримують живлення на генераторній напрузі, втрати визначаються через D_r – ЕЕРП для генераторів електростанцій у відповідному розрахунковому режимі:

$$\Delta W_{a1} = \sum_{i=1}^n (W_{p.cn.i} \cdot D_{rmax} + W_{p.r.i.min} \cdot D_{rmin}). \quad (29)$$

Вартість втрат розраховується через середній за розрахунковий період роздрібний відпускний тариф на активну електроенергію електростанцій, визначений за правилами оптового ринку електроенергії.

Для розрахунків між електростанціями та споживачами, які отримують живлення на генераторній напрузі, також має місце визначення додаткових втрат та їх вартості, а також відшкодування збитків споживачів за встановлення в їх мережах додаткових КУ з метою регулювання напруги.

В дисертаційній роботі наведені пропозиції визначення втрат і їх вартості в "особливих" (нетипових) ситуаціях споживання реактивної електроенергії (відсутність приладів обліку реактивної електроенергії, для КРП застосовується нерегульована батарея конденсаторів (БК), відсутність БК, відсутність приладів обліку і БК), а також метод оцінювання ефективності зниження споживання реактивної електроенергії з мереж ЕК.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі наведено нове вирішення актуальної задачі визначення втрат активної електроенергії від перетікання реактивної в електричних мережах споживачів і енергопостачальних компаній, що дозволяє сформулювати умови оптимальної КРП, забезпечити зниження технологічних втрат електричної енергії в електричних мережах споживачів та ЕК, а також підвищити якість напруги в ЕМ.

Дослідження можуть бути узагальнені такими висновками.

1. Вперше запропоновано метод визначення частки втрат активної потужності в мережах підсистеми, зумовленої передаванням до окремого споживача (вузла) реактивної енергії, порівняно з відомими методами визначення втрат по вітках (радіусах живлення), що

дозволяє, враховуючи запропонований підхід до визначення складових економічного еквівалента реактивної потужності (D_1, D_2) (за середніми втратами вузла), суттєво підвищити точність його визначення.

2. Розроблено методи визначення втрат активної енергії від перетікання реактивної енергії між ЕК та споживачами і суб'єктами оптового ринку електроенергії, а також їх вартості. Застосування останніх дає можливість збалансувати інтереси споживачів і енергопостачальних компаній та стимулювати до КРП суб'єктів оптового ринку електроенергії, а також відшкодувати збитки споживачів, які виникають через встановлення в їх ЕМ нерентабельних КУ та за рахунок недокомпенсації або перекомпенсації реактивної потужності.

3. Вперше розроблено метод визначення додаткових втрат електроенергії в умовах недостатнього оснащення мереж споживачів КУ і невикористання оптимізації залишкових перетікань, який стимулює споживачів до отримання максимально можливого зниження втрат в своїх мережах та мережах ЕК.

4. Отримав подальший розвиток метод визначення вхідних реактивних потужностей для споживачів-регуляторів, шляхом використання фактичних параметрів ЕМ, режиму навантаження й напруги, що дозволяє нормалізувати рівні напруги в електричних мережах ЕК і споживачів.

5. Уточнено підходи та метод визначення втрат в „особливих” (нетипових) ситуаціях споживання реактивної електроенергії, які стимулюють споживача до КРП на відміну від підходів чинного нормативного документа, які спонукають до відключення або не встановлення КУ.

6. Запропоновані спосіб та система автоматичного оптимального регулювання КУ за критерієм мінімуму втрат активної потужності, який, на відміну від відомих, дозволяє розширити галузь застосування автоматичних регуляторів БК та підтримувати рівні напруги в допустимих межах.

7. Розроблені методи визначення втрат активної електроенергії від перетікання реактивної між ЕК та їх споживачами і суб'єктами оптового ринку електроенергії сформували пропозиції щодо вдосконалення чинної „Методики...”, яка більшою мірою стимулює споживачів до оптимальної компенсації реактивної потужності і зниження технологічних втрат електроенергії та регулювання напруги.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Нанака О. М. Економічні еквіваленти реактивної потужності (ЕЕРП) та їх використання / Б. С. Рогальський, О. М. Нанака // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 6. – С. 126–129.

2. Комплексне і системне вирішення проблем компенсації реактивних навантажень в електричних мережах споживачів та енергопостачальних компаній / А. В. Праховник, Б. С. Рогальський, О. М. Нанака [та ін.] // Промислова електроенергетика та електротехніка. Промелектро. – 2004. – № 2. – С. 2–9.

3. Нанака О. М. Методика взаєморозрахунків за реактивну електроенергію між малими ГЕС і суб'єктами оптового ринку електроенергії України / Б. С. Рогальський, О. М. Нанака // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2004. – № 2. – С. 61–64.

4. Нанака О. М. Нові підходи до визначення плати за реактивну енергію і потужність / Б. С. Рогальський, О. М. Нанака // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2005. – Том 2. – Випуск 37. – С. 14–19.

5. Нанака О. М. Про надбавку до плати за реактивну енергію за недостатнє оснащення мереж споживача засобами компенсації реактивної потужності / Б. С. Рогальський, О. М. Нанака // Промислова електроенергетика та електротехніка. Промелектро. – 2004. – № 5. – С. 41–44.

6. Нанака О. М. Метод визначення економічних еквівалентів реактивної потужності для замкнених мереж / Б. С. Рогальський, Є. А. Штогрін, О. М. Нанака // *Енергетика: економіка, технології, екологія*. – 2006. – № 2. – С. 66–70.
7. Концепція компенсації реактивної потужності в електричних мережах споживачів та енергопостачальних компаній / Б. С. Рогальський, О. М. Нанака, А. В. Праховник [та ін.] // *Енергетика та електрифікація*. – 2006. – № 6. – С. 23–30.
8. Визначення технічних значень вхідної реактивної потужності для споживачів електроенергії / Б. С. Рогальський, Л. Н. Добровольська, О. М. Нанака [та ін.] // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2007. – № 5. – С. 58–64.
9. Щодо відгуку на статтю „Використання синхронних двигунів для забезпечення технічних значень вхідних реактивних потужностей, заданих енергопостачальною компанією” / Б. С. Рогальський, Ю. В. Грицюк, О. М. Нанака [та ін.] // *Промислова електроенергетика та електротехніка. Промелектро*. – 2008. – № 1. – С. 47–51.
10. Про визначення плати за реактивну енергію в особливих ситуаціях / Б. С. Рогальський, Л. Н. Добровольська, О. М. Нанака [та ін.] // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2008. – № 5 – С.50–55.
11. Методика розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії та реактивну потужність між енергопостачальною організацією та її споживачами і суб'єктами оптового ринку електроенергії / Б. С. Рогальський, О. М. Нанака, А. В. Праховник [та ін.] // *Промислова електроенергетика та електротехніка. Промелектро*. – 2009. – № 5. – С.10–20.
12. Приклади розрахунку плати за реактивну електроенергію / Б. С. Рогальський, О. М. Нанака, А. В. Праховник [та ін.] // *Промислова електроенергетика та електротехніка. Промелектро*. – 2009. – № 6. – С. 8–14.
13. Нанака О. М. Обґрунтування переходу плати за споживання реактивної електроенергії на плату за реактивну потужність / Б. С. Рогальський, Л. Н. Добровольська, О. М. Нанака // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2008. – №3. – С .42–45.
14. Деклараційний патент на корисну модель 48141 Україна. Автоматичний регулятор конденсаторних батарей: Пат. 48141 Україна, МПК (2006) G05F1/70 / Б. С. Рогальський, О. М. Нанака, О. Д. Демов, І. П. Чайка, І. В. Вітт; заявник та патентоутримувач Вінницький національний технічний університет. - № u 200909016; заявл. 31.08.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 5.

АНОТАЦІЇ

Нанака О. М. Формування умов оптимальності компенсації реактивної потужності в електричних мережах споживачів і енергопостачальних компаній. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – Електричні станції, мережі і системи. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2011.

Дисертацію присвячено розробленню методів визначення втрат електроенергії від перетікання реактивної потужності та формуванню умов оптимальності компенсації реактивної потужності в електричних мережах споживачів і енергопостачальних компаній. Запропонований метод визначення економічних еквівалентів реактивної потужності дозволяє більш точно визначати втрати активної електроенергії, зумовлені перетіканнями реактивної. Запропоновані методи керування перетікань реактивної енергії дозволяють, за їх реалізації, стимулювати до компенсації реактивної потужності всіх суб'єктів оптового ринку електроенергії, знизити технологічні втрати електроенергії в електричних мережах споживачів і енергопостачальних компаній та покращити якість напруги. Метод визначення додаткових втрат електроенергії та їх вартості в умовах недостатнього рівня компенсування реактивної потужності, дозволяє стимулювати його підвищення та мінімізувати втрати від залишкових перетікань реактивної потужності. Розроблений метод визначення вхідних реактивних потужностей дозволяє забезпечувати підтримання напруги у межах, що регламентуються стандартами.

Ключові слова: втрати електроенергії, економічний еквівалент реактивної потужності, електричні мережі, компенсація реактивних навантажень, вхідна реактивна потужність.

Nanaka O. M. Creating favourable conditions for optimum reactive power compensation in power utilities' and end-users' networks. – A manuscript.

Dissertation for scientific degree of Candidate of Science (Engineering) on Specialty 05.14.02 – Electric power stations, networks and systems. – Vinnytsia National Technical University. – Vinnytsia, 2011.

The thesis is devoted to developing detection methods of power losses from reactive power flows and creating favourable conditions for optimum reactive power compensation in power utilities' and end-users' networks. The method of economic equivalents of reactive power, which is devoted in the theses, allows to determine power losses caused by reactive power flows. The suggested methods of reactive power flows control allow to decrease power losses in end-users' and power utilities' networks, encourage all subjects of power inside market and to increase the quality of voltage level. Method of additional power losses determination and their cost establishing when compensation is inefficient allows to stimulate its rise and minimize residual power losses. The elaborated method of input reactive power determination allows to control voltage and to stabilize its quality in the scheduled ranges.

Key words: power losses, reactive power economic equivalent, power networks, reactive loads compensation, input reactive power.

Нанака Е. Н. Формирование условий оптимальности компенсации реактивной мощности в электрических сетях потребителей и энергопоставляющих компаний. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции, сети и системы. – Винницкий национальный технический университет. – Винница, 2011.

Диссертация посвящена разработке методов определения потерь электроэнергии от перетоков реактивной мощности, а также экономических эквивалентов реактивной мощности (ЭЭРМ), позволяющих формировать условия достижения потребителем оптимальной компенсации реактивной мощности в электрических сетях потребителей и энергопоставляющих компаний (ЭК). Проведен анализ состояния компенсации реактивной

мощности по областям Украины. Низкий уровень компенсации реактивной мощности (КРМ) в сетях влечет за собой повышенные технологические потери мощности.

Разработанный в диссертации метод определения ЭЭРМ позволяет более точно определять потери активной электроэнергии, обусловленные перетоками реактивной, а также очередность поэтапного внедрения КРМ. На основе упомянутого выше метода разработан способ и система автоматического управления компенсирующими установками (КУ) по критерию минимальных потерь активной мощности от перетоков реактивной.

Предложенные в диссертационной работе методы управления перетоками реактивной энергии позволят, при их реализации, стимулировать внедрение средств КРМ в сетях субъектов оптового рынка электроэнергии Украины, снизить технологические потери электроэнергии в электрических сетях потребителей и электроснабжающих компаний, и улучшить качество напряжения. Метод определения дополнительных потерь электроэнергии и их стоимости в условиях недостаточного уровня компенсации позволяет стимулировать его повышение и минимизировать потери от остаточных перетоков реактивной мощности. Определение потерь, обусловленных перетоками реактивной мощности между электроснабжающими компаниями и потребителями, позволяет возмещать финансовые затраты при установке в их сетях дополнительных компенсирующих устройств в общесистемных интересах. Разработанные методы управления перетоками реактивной энергии положены в основу проекта «Методики расчетов платы за перетоки реактивной электроэнергии и реактивную мощность между энергоснабжающими компаниями и их потребителями и субъектами оптового рынка электроэнергии».

Разработанный метод определения входных реактивных мощностей (ВРМ) позволяет обеспечивать регулирование напряжения и поддерживать его качество в пределах, регламентируемых стандартами.

Ключевые слова: потери электроэнергии, экономический эквивалент реактивной мощности, электрические сети, компенсация реактивных нагрузок, входная реактивная мощность.

Підписано до друку 21.02.2011 р. Формат 29.7 × 42 ¼
Наклад 100 прим. Зам. № 2011-062
Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету.
м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 59-81-59