Міністерство освіти і науки України

Тернопільський НАЦІОНАЛЬНИЙ технічний Університет

імені Івана Пулюя

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ

КАФЕДРА СИСТЕМ ЕЛЕКТРОСРОЖИВАННЯ ТА КОМП’ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

**ІВАНКІВ АНДРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ**

УДК 621.9

**ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ**

**РЕЖИМАМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВАТ «ТЕКСТЕРНО**»

8.05070103 «Електротехнічні системи електроспоживання»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2017

|  |  |
| --- | --- |
| Роботу виконано на кафедрі систем електроспоживання та комп’ютерних технологій в електроенергетиці Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України | |
| **Керівник роботи:** | кандидат технічних наук, доцент кафедри систем електроспоживання та комп’ютерних технологій в електроенергетиці **Оробчук Богдан Ярославович,** Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, |
| **Рецензент:** | кандидат технічних наук,  доцент кафедри світлотехніки та електротехніки  **Костик Любов Миколаївна,**  Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, |

Захист відбудеться 23 лютого 2017 р. о 14.00 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 40 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус № 7, ауд. 310

**ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ**

**Актуальність теми.** При дослідженні режимів електричних мереж необхідно звернути особливу увагу на явища, пов'язані з передачею реактивної потужності по мережі, а також на способи її компенсації. На відміну від активної потуж­ності реактивна потужність споживається елементами мережі і електро­прий­мачами в співрозмірних кількостях. При цьому вона може генеруватися не тільки на електричних станціях, але і в мережі. Зокрема, генерація реактивної потужності ємкістю ліній є вимушеною.

Реактивна потужність є практично вдалою формою обліку умов про­ті­кан­ня періодичних процесів в колі змінного струму. Оскільки для забез­печення умов їх протікання при допустимих параметрах режиму до­во­диться застосовувати спеціальні компенсуючі пристрої, то виникає завдання їх найвигіднішого використання в умовах експлуатації мережі. При рішенні цієї задачі доцільно перш за все з'ясувати, з якими додатковими явищами пов'язана передача реактивної потужності по елементах мережі і який вплив ці явища мають на техніко-економічні показники роботи систем електро­постачання..

Як відомо, передача реактивної потужності приводить до збільшення втрат напруги в мережі. З передачею реактивної потужності безпосередньо пов'язано збільшення навантаження у відповідних елементах мережі. Звідси має місце також і збільшення втрат активної потужності в елементах системи електропостачання, яке повинно враховуватися в балансі по системі, тобто компенсуватися відповідною додатковою встановленою потужністю устат­ку­вання електричних станцій. Одночасно збільшуються втрати енергії за будь-який проміжок часу. Додаткова витрата електроенергії означає додаткову витрату енергоносіїв (практично — палива), що пов'язано з додатковими грошовими і матеріальними витратами.

Це означає, що для виконання поставленого перед нами завдання насправді потрібна генерація відповідно більшої реактивної потужності, тобто практично установка додаткових компенсуючих пристроїв.

З викладеного виходить, що визначення оптимального робочого режиму електричної мережі в процесі її поточної експлуатації потрібна значна кількість інформації про параметри режиму і потрібне виконання достатньо складних розрахунків по її обробці і отриманню відповіді. В деяких випадках завдання повинно вирішуватися одночасно для всієї енергетичної системи. Для цього потрібне достатньо складне програмне і апаратне забезпечення, що здійснює отримання і обробку інформації, а також управління всіма автоматизованими пристроями, наявними в системі.

Робота є актуальною, так як впровадження запропонованого програмного забезпечення і адаптивної системи управління дозволяють зменшити втрати енергії, грошові витрати на споживання і генерацію реактивної потужності та підтримувати постійний рівень напруги у приймального кінця мережі.

**Мета і завдання дослідження.**

Метою роботи є визначення оптимальних режимів роботи електричних мереж та розробка програмного забезпечення для розрахунку оптимальних режимів роботи електричних мереж.

Для досягнення мети роботи були поставлені такі задачі:

* провести огляд існуючих методів оптимізації для реалізації поставленої задачі;
* розробити метод оптимізації за реактивною потужністю;
* розробити програмне забезпечення методу оптимізації;
* розробити адаптивну систему керування режимами електроспоживання;
* дослідити і отримати оптимальні режими для ВАТ «ТЕКСТЕРНО».

**Об'єкт** **дослідження -** електрична мережа ВАТ «ТЕКСТЕРНО».

**Предмет** **дослідження** – методи оптимізації поточного режиму електроспоживання по реактивній потужності, адаптивна система управління режимами електроспоживання.

**Наукова новизна** отриманих у роботі результатів полягає в наступному:

* запропоноване програмне забезпечення дозволяє вирішити комплекс проблем, пов'язаних з оптимальним розподілом реактивної потужності по мережі;
* розроблена адаптивна система управління дозволяє здійснювати постійний контроль над навантаженнями підстанцій і конфігурацією мережі, оперативно реагувати на будь-які зміни і проводити точний розрахунок для нового режиму;
* стандартне апаратне забезпечення для інформаційного режиму роботи адаптивної системи управління і сумісність системи з будь-яким устат­куванням, вже встановленого на підстанціях, може використо­вувати розроблене програмне забезпечення на ВАТ «ТЕКСТЕРНО».

**Практична значимість отриманих результатів** полягає у використанні запропоно­ваних методів досліджень та методів математичного програмування, які застосовані у роботі, що в свою чергу дозволяють знайти екстремальне значен­ня цільової функції, аналітичних і математичних припущеннях, електро­технічних і математичних законах при вирішенні практичних задач.

**Апробація.** Основні положення роботи і її результати доповідалися на студентській науково-технічній конфе­ренції «Актуальні питання розвитку агропромислового комплексу» 22-24 лис­топада 2016 р. (Бережани, 2016 р.)

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (41 найменування), 3 додатків.

Загальний обсяг текстової частини – 134 сторінoк, 21 таблиці, 20 рисунків.

**ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** подано загальну характеристику роботи: стан розробки наукової проблеми й актуальність, мету і завдання роботи, об’єкт та предмет дослідження, описану наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів.

**У першому розділі «Аналітична частина»** розглянуто основні поняття і визначення оптимізації, математичної моделі, методів розв’язку оптимізаційних задач та вибору методу оптимізації для вирішення поставленої задачі.

Показник, за величиною якого оцінюють, чи є рішення оптимальним, нази­вається критерієм оптимальності. В якості критерію оптимальності най­частіше приймається економічний критерій, що є мінімумом витрат на реалізацію постав­ле­ного завдання. При заданій або обмеженій величині вказаних витрат еконо­мічний критерій виражається в отриманні максимального прибутку. У елек­тро­енергетиці залежно від вимог поставленого завдання можуть засто­со­ву­ватися і інші критерії оптимальності, зокрема, критерій надійності електропостачання, критерій якості електроенергії, еко­логічний критерій.

Розв’язок оптимізаційної задачі включає наступні етапи: збір початкових даних; складання математичної моделі, під якою розуміється форма­лі­зований математичний опис вирішуваного завдання; вибір методу розв’язку, що визнача­ється видом математичної моделі; виконання математичних обчислень, що доручається, як правило, комп'ютеру; аналіз розв’язку задачі.

Для розв’язку переважної більшості оптимізаційних задач використо­вуються методи математичного програмування, що дозволяють знайти екстрема­льне значення цільової функції при співвідношеннях між змін­ними, встанов­люваних заданими обмеженнями, в діапазоні зміни змінних, що визначається певними граничними умовами.

Вибір методу математичного програмування для вирішення оптимі­зацій­ної задачі визначається видом залежностей в математичній моделі, характе­ром шуканих змінних, категорією початкових даних і кількістю критеріїв оптима­льності.

Перед вибором методу оптимізації було проведено короткий аналіз задач, які повинні розв’язувати програмне забезпечення, що розробляється:

- програма повинна розв’язувати задачу умовної мінімізації, тобто знаходити відносний екстремум, оскільки в математичній моделі окрім лінійних обмежень матимуть місце і нелінійні;

- оскільки цільова функція – функція декількох змінних, то вона може мати декілька екстремумів, і в цьому випадку програма повинна здійснювати пошук локального мінімуму.

Провівши аналіз методів оптимізації, що часто викорис­то­ву­ються, для реалізації поставленої мети був вибраний градієнтний метод квад­ра­тичного програмування, який є найбільш ефективним з вище розглянутих градієнтних методів, модифікований з методами поліноміальної апрок­си­мації.

Даний метод дозволяє створити надійну програму, що відповідає всім вище перерахованим вимогам.

**У другому розділі «Науково-дослідна частина»** було виконанорозробку методу оптимізації за реактивною потужністю.

Потрібна в електроенергетичній системі (ЕЕС) сумарна потужність компенсуючих пристроїв (КП) визначається з рівняння балансу реактивної потуж­ності. Цю потужність необхідно розмістити у вузлах електричної мережі з мінімальними витратами:



де  - сумарна реактивна потужність, що генерується в ЕЕС, включаючи реактивну потужність, що поступає з сусідніх ЕЕС;

 - сумарна реактивна потужність споживачів ЕЕС, включаючи реактивну потужність, що віддається в сусідні ЕЕС;

 - сумарна реактивна потужність власних потреб електростанцій;

 - сумарні втрати реактивної потужності;

 - сумарне споживання реактивної потужності в ЕЕС.

Питання про розміщення компенсуючих пристроїв в електричній мере­жі реальної ЕЕС є складним оптимізаційним завданням. Складність полягає в тому, що електроенергетичні системи є великими системами, що склада­ють­ся з взаємо­зв'язаних підсистем. Розглядати ізольовано кожну окрему під­сис­тему не можна, оскільки властивості великих систем визначаються харак­тером взаємозв'язків окремих підсистем.

У загальному вигляді задача оптимізації розміщення КП формулюється таким чином: визначити реактивні потужності наявних у вузлах 6…35 кВ синхронних машин *G*, потужності КП в мережах всієї напруги *Qкв*, *Qкс, Qкн*, а також значення реактивних потужностей *Qеi* (i=1, 2 …, *n*), що передаються в мережі споживачів, при яких забезпечується мінімум сумарних витрат.

В цьому розділі було розглянуто задачу безумовної оптимізації, тобто знаходження абсолютного мінімуму. При розв’язку поставленої задачі для зна­ходження оптимального режиму роботи мережі ВАТ «ТЕКСТЕРНО» потрібно знайти від­носний мінімум, оскільки система обмежень матиме нелінійний вигляд (розділ "Технологічна частина"). Таким чином, перед нами поставлена задача умовної оптимізації за реактивною потужністю, для якої ми застосовуємо вибраний раніше градієнтний метод квадратичного програ­мування.

**У третьому розділі «Технологічна частина»** було виконано розробку програмного забезпечення методу оптимізації.

Для оптимізації режимів за реактивною потужністю розроблено комплекс програм (див. рис. 1). Його умовно можна розділити на дві частини:

1) інтерфейсна частина, розроблена в зручному і зрозумілому вигляді, призначена для роботи з користувачем будь-якого рівня;

2) розрахункова частина, яка безпосередньо виконує необхідні розра­хун­ки для отримання оптимальних режимів.

Для розрахунку оптимального режиму розроблена програма умовної оптимізації з нелінійними обмеженнями. В якості початкових даних для цієї програми використовується вузлова напруга, розрахована для неоптималь­ного режиму. Оптимізація проводиться градієнтним методом квадратичного програмування.

Рисунок 1 – *Блок-схема розробленого програмного забезпечення*



Програма розрахунку неоптимального сталого режиму включає алгоритм трикутного розкладання матриці і ітераційний алгоритм розв’язку системи нелінійних рівнянь подібний до методу Гауса-Зейделя, модифікований для роз­в’яз­ку мережевих нелінійних задач [2, 4, 8]. Особливістю ітераційного алгоритму є те, що на кожній подальшій ітерації для визначення вузлових струмів джерел використовується значення вузлової напруги, отримане на попередній ітерації:

|  |  |
| --- | --- |
| . |  |

**У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина»** розглянуто функції автоматизованої системи, виконано її опис, сформульовані вимоги до устаткування і програмного забезпечення, вибрано устаткування для адаптивної системи.

Функції автоматизованої системи полягають у наступному:

- збір, накопичення і передача інформації, що характеризує режим електроспоживання комбінату (інформація про навантаження);

- збір, накопичення і передача інформації, що характеризує стан електричної мережі (інформація про обриви ліній і переклади в ремонт устаткування):

- передача інформації з контрольних точок на диспетчерський пункт і назад;

- обробка отриманої інформації, розрахунок режиму електро­спожи­вання;

- автоматична зміна параметрів пристроїв, що регулюють реактивну потужність, в місцях, де це можливо.

При первинному запуску системи в експлуатацію збирається інформа­ція про конфігурацію електричної мережі. Другим етапом роботи автоматизованої системи є передача по лініях зв'язку зібраної інформації з підстанцій на диспетчерський пункт. Третім етапом є розрахунок поточного режиму роботи електричної мере­жі, знаходження оптимального режиму роботи електричної мережі, опи­са­ний в попередніх розділах пояснюючої записки. Отримуємо результати розрахунку, необхідні для автоматичного впровадження оптималь­ного режиму роботи мережі на практиці: потужності компенсуючих пристроїв. Наступним етапом є передача результатів розрахунку по лініях зв'язку назад на підстанцію.Завершальним етапом можна вважати регулювання компенсуючих пристроїв даними розрахунку.

При впровадженні автоматизованої системи на ВАТ «ТЕКСТЕРНО» по­вин­ні бути передбачені засоби ефективного контролю працездатності устат­кування, діагности датчиків, підсистем всіх рівнів і системи в цілому, як в автоматичному режимі, так і за ініціативою обслуговуючого персоналу. Виведення параметрів повинно проводитися автоматично на дисплеї і, на вимогу, на друк.

**У п’ятому розділі «Спеціальна частина»** виконано розрахунок параметрів схеми заміщення та мережі при різних навантаженнях.

На першому етапі (див. рис. 1) за допомогою розробленого програмного забезпечення були розраховані неоптимальні режими роботи мережі ВАТ "ТЕКСТЕРНО" з компенсацією реактивної потужності при коефіцієнті реак­тив­ної потужності . При номінальних навантаженнях втрати активної потужності склали  кВт. При максимальних навантаженнях -  кВт.

Провівши розрахунок оптимального режиму мережі ВАТ "ТЕКСТЕР­НО" при номінальних навантаженнях, було отримане мінімальне значення втрат активної потужності в мережі *Ропт* = 84500 кВт. Ефект розробленого прог­рам­ного забезпечення оцінюється по зниженню втрат активної потужності на величину  кВт.

Провівши розрахунок оптимального режиму мережі ВАТ "ТЕКСТЕР­НО" при максимальних навантаженнях, було отримане мінімальне зна­чення втрат активної потужності в мережі *Ропт* = 89320 кВт. Ефект розроб­леного програмного забезпечення оцінюється по зниженню втрат активної потужності на величину  кВт.

**У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** запропонованометодику оцінки економічної ефективності інженерних рішень та виконано економічне обґрунтування результатів проведеного дослідження.

**У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуа­ціях»** запропонованозаходи, що забезпечують вирішення питань електро­безпеки на підстанції, виконанорозрахунокзахисного заземлюючого пристрою для підстанції, виконано організацію та розробку заходів захисту від впливу енергетичних параметрів обслуговуючого персоналу підстанції.

**У восьмому розділі «Екологія»** проаналізовано сучасний стан текстильної промисловості України, запропоновано підходи до екологічної сертифікації та екологічних стандартів в текстильній галузі.

**ВИСНОВКИ**

На підставі виконаних досліджень в дипломній роботі зроблено наступні висновки:

1. Розроблене програмне забезпечення дозволяє вирішити комплекс проблем, пов'язаних з оптимальним розподілом реактивної потужності по мережі.

2. Розроблена адаптивна система управління дозволяє здійснювати постійний контроль над навантаженнями підстанцій і конфігурацією мережі, оперативно реагувати на будь-які зміни і проводити точний розрахунок для нового режиму.

3. Впровадження представленого комплексу, що складається з програмного забезпечення і адаптивної системи управління, на будь-яке підприємство з будь-якою складно замкнутою мережею, в даному випадку на ВАТ «ТЕКСТЕРНО» дозволяють:

- значно зменшити втрати енергії;

- підтримувати постійний рівень напруги у приймального кінця мережі;

- значно зменшити грошові витрати на споживання і генерацію реактивної потужності.

4. Мінімум апаратного забезпечення, необхідного для інформаційного режиму роботи адаптивної системи управління, і сумісність системи з будь-яким устаткуванням, вже встановленого на підстанціях, дозволяє зробити висновок про доцільність застосування розробленого програмного забезпечення на ВАТ «ТЕКСТЕРНО» і інших крупних промислових підприємствах..

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Іванків А.А. Адаптивна система керування режимами електропостачання. Актуальні питання розвитку агропромисло­вого комплек­су: зб. тез доповідей студентської науково-практичної конференції (Бережани, 22–24 листоп. 2016) // Бережани: ВП НУБІП України «Бережанський агротех­нічний інститут», 2016. – С. 90.

АНОТАЦІЯ

**Іванків А.В. Дослідження адаптивної системи керування режимами електропостачання ВАТ «Текстерно»**, 8.05070103 – Електро­технічні системи електроспоживання, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2017.

У дипломній роботі розглянута актуальність впровадження програмного забезпечення і адаптивної системи управління, що дозволяє зменшити втрати енергії, витрати на споживання і генерацію реактивної потужності та підтриму­вати постійний рівень у споживачів.

Розроблене програмне забезпечення дозволяє вирішити комплекс проблем, пов'язаних з оптимальним розподілом реактивної потужності по мережі.

Запропонована адаптивна система управління дозволяє здійснювати постійний контроль над навантаженнями підстанцій і конфігурацією мережі, оперативно реагувати на будь-які зміни і проводити точний розрахунок для нового режиму.

**Ключові слова:** електропостачання, адаптивна система управління, програмне забезпечення, методи оптимізації, схема заміщення.

**ANNOTATION**

**Andriy Ivankiv. Research of adaptive control system of modes power supply of factory «Texterno»,** 8.05070103 – Electrotechnical Systems of Electricity Consumption; Ternopil Ivan Puluj National Technical University; Ternopil, 2017.

In the diploma paper examined the relevance of software implementation and adaptive management, whath can reduce energy loss, the cost of consumption and generation of reactive power to maintain a constant level of voltage of consumer.

The developed software can solve the complex problems associated with optimal distribution of reactive power on the network

The proposed adaptive control system allows perform continuous monitoring of the load substations and network configuration, to respond quickly to any changes and carry out a precise calculation for the new regime.

**Key words:** electrical supply, adaptive control system, software, optimization methods, equivalent circuit.