

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З УРАХУВАННЯМ ВТРАТ В ЕЛЕМЕНТАХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ 0,38 – 110 КВ

Виконав:

здобувач вищої освіти денної форми навчання
освітнього ступеня «Магістр», освітньо-
професійної програми «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

_____ **Іван ГОЛОВАТЮК**

Керівник: канд. техн. наук, доцент

_____ **Ігор ГАРАСИМЧУК**

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

«_____» _____ 2023 р.

Керівник проектної групи
(гарант освітньої програми)

«Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
кандидат технічних наук, доцент _____

Ігор ГАРАСИМЧУК

м. Кам'янець-Подільський, 2023р.

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг роботи: магістерська робота викладена на 83 сторінках, складається зі вступу, 4 розділів, висновку, уміщує 8 рисунків, 39 таблиць, 45 формули, список використаних джерел із 10 найменувань

Актуальність роботи. Сучасний етап розвитку електроенергетики країни, особливістю якого є функціонування оптового і роздрібного ринку електричної енергії, характеризується високим рівнем втрат енергії (ВЕ) в мережах. Близько чверті загальних ВЕ складають комерційні втрати, обумовлені похибками систем обліку електроенергії та її несанкціонованим споживанням.

У зв'язку з переходом підприємств країни (в тому числі і електропостачальних організацій) на ринкові відносини проблема достовірного визначення технічних втрат та їх ретельного структурного аналізу стає досить актуальною з кількох причин:

- в умовах самоокупності енергопостачальних організацій зниження технічних ВЕ за рахунок організаційних малозатратних заходів еквівалентно одержанню додаткового прибутку, а оцінити ефект від зниження втрат можна тільки на основі точних їх розрахунків;

- при формуванні тарифів на електроенергію регіональними енергетичними комісіями (РЕК) витрати на технологічні втрати електроенергії грають істотну роль;

- наявність пов'язаних між собою електричних мереж, що належать різним організаціям вимагає в договірних відносинах між ними правильного обліку витрат на транспорт електроенергії.

Особливої актуальності проблема втрат електроенергії набуває для розподільних мереж.

У колишні роки переважну частину ВЕ складали технічні та допустимі комерційні втрати, що залежать від технічного стану та режимів роботи мереж і систем обліку. В сучасних умовах спостерігається різке зростання

складових комерційних втрат, зумовлених суб'єктивними причинами, причому в мережах всіх класів напруги.

Таким чином, тема роботи, що присвячена за рахунку і аналізу втрат енергії в електричних мережах 0,4-110 кВ, є актуальною.

Мета роботи: Метою роботи є вдосконалення методів розрахунку, аналізу та локалізації ВЕ в розподільчих мережах з урахуванням появи нових інформаційних можливостей, що надаються ОІК і АСКОЕ, для досягнення додаткового ефекту в визначенні ВЕ.

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні приватні наукові завдання:

- аналіз сучасного стану систем автоматизації збору і обробки інформації про режими і потоках енергії, ВЕ в електричних розподільчих мережах;
- вдосконалення і розробка алгоритмів розрахунку ВЕ в розподільчих мережах 0,38 - 110 кВ на основі інформації ОІК і АСКОЕ;
- розробка методів аналізу структури ВЕ і їх локалізації в розподільчих мережах;

Об'єктом дослідження: електричні розподільні мережі 0,38-110 кВ.

Предмет дослідження: системи обліку електроенергії в мережах 0,38-110 кВ.

Методи дослідження: Під час виконання роботи використовувалось математичне моделювання, методи лінійного програмування та методи статистичної обробки даних.

Наукова новизна одержаних результатів.

роботи полягають в обґрунтуванні застосування методу балансових зон для розрахунку і аналізу втрат енергії в електричних мережах 0,4-110 кВ в сучасних умовах зростання інформаційних можливостей систем АСКОЕ.

Практичне застосування : За результатами даного дослідження можна відзначити наступні практичні результати:

- застосований метод балансових зон дозволяє проводити моніторинг, діагностику, і заміщення облікової інформації АСКОЕ;
- приведена практична реалізація побудови АСКОЕ з визначенням втрат електроенергії елементах електричної мережі.

Ключові слова: автоматизована система комерційного обліку електроенергії, система обліку, оптовий ринок електроенергії, втрати електричної енергії, точки вимірювання, точки розподілу, межа балансової належності, система генерації, альтернативні джерела енергії, програмне забезпечення, трансформатори струму, напруги, лічильники обліку.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	11
ВСТУП	12
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	16
1.1 Загальні положення	16
1.2 Аналіз вибору схем ПС	16
1.3 Класифікація ПС	18
1.4 Огляд і аналіз типових РУ 110/10кВ	19
1.5 Огляд і аналіз систем контролю та управління енергоспоживанням	24
Висновки	33
2 РОЗРАХУНОК ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ МЕТОДУ БАЛАНСОВИХ ЗОН	34
2.1 Характеристика вихідної інформації і математична модель методу балансових зон	34
2.1.1 Особливості розрахунку втрат електричної енергії в методі балансових зон	40
2.1.2 Метод балансованих зон при недостатності облікової інформації	42
2.2 Методика обліку умовно-постійних втрат при розрахунках по методу балансових зон	45
Висновки	53
3. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВИЗНАЧЕННЯМ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	54
3.1 Вимоги до обліку і контролю параметрів електроспоживання	54
3.2 Характеристика об'єкта автоматизації.	55
3.3 Вибір трансформаторів струму і напруги	56
3.4 Вибір лічильників	63
3.5 Аналіз і вибір структури АСКОЕ	65
3.5.1 Системи на базі мікросервера ІТЕК-WEB	68
3.5.2 Взаємозв'язок із суміжними автоматизованими системами	69
3.5.3 Склад функцій	72
3.5.4 Розрахунок середньоквадратичної похибки вимірювального комплекс	74
3.5.5 Методика визначення втрат і приведення обсягів перетікання електроенергії до межі балансової належності	75
Висновки	78

	10
4 СТАРТАП ПРОЕКТ «АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОПТИ- МІЗАЦІЇ ПЛАНУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ТА ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ»	80
4.1 Опис ідеї проекту	80
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

ВСТУП

Інтенсивний розвиток сучасних інформаційних технологій, поступове насичення мереж 110 кВ і нижче пристроями телевимірювань, пов'язаних з оперативно-інформаційними керуючими комплексами (ОІК), впровадженню автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), в тому числі і на рівні побутового споживання, вимагає перегляду існуючих підходів до розрахунку, аналізу та зниження ВЕ з наступних причин:

- Можливість використання додаткової інформації про параметри режимів з АСКОЕ, підсистем енергозбутової діяльності;
- Більш висока продуктивність ЕОМ і можливість їх впровадження на нижчих рівнях управління енергокомпаній;
- Створення локальних і глобальних розподільчих мереж дозволяє організувати оперативний обмін інформацією між різними ієрархічними рівнями управління і різними енергокомпаніями;
- Можливість автоматизованого формування розрахункових схем з електронного подання експлуатаційних схем мереж, баз даних про обладнання і елементи мереж.

Таким чином, впровадження сучасних інформаційних технологій дозволяє отримувати додаткову інформацію про схеми і режими електричних мереж, використання якої при аналізі втрат електроенергії вимагає додаткових досліджень з метою розробки ефективних методів розрахунку.

Все вищевикладене визначає актуальність вдосконалення та розробки нових методів розрахунку і аналізу втрат електроенергії.

Робота присвячена питанням вдосконалення та розробці алгоритмів розрахунку втрат потужності в мереж 0,38 – 110 кВ на основі інформації АСКОЕ. Проведено аналіз сучасного стану систем автоматизації збору і обробки інформації про режими і потоки енергії, втрати потужності в електричних розподільчих мережах. Розроблений алгоритм розрахунку технічних втрат потужності в розподільчих мережах 6-10/0,38 кВ.

Розроблений математичний апарат розрахунку втрат, близький до розрахунку режимів розімкнених мереж «в два етапи».

Актуальність теми досліджень. Сучасний етап розвитку електроенергетики країни, особливістю якого є функціонування оптового і роздрібного ринку електричної енергії, характеризується високим рівнем втрат енергії (ВЕ) в мережах. Близько чверті загальних ВЕ складають комерційні втрати, обумовлені похибками систем обліку електроенергії та її несанкціонованим споживанням.

У зв'язку з переходом підприємств країни (в тому числі і електропостачальних організацій) на ринкові відносини проблема достовірного визначення технічних втрат та їх ретельного структурного аналізу стає досить актуальною з кількох причин:

- в умовах самоокупності енергопостачальних організацій зниження технічних ВЕ за рахунок організаційних малозатратних заходів еквівалентно одержанню додаткового прибутку, а оцінити ефект від зниження втрат можна тільки на основі точних їх розрахунків;
- при формуванні тарифів на електроенергію регіональними енергетичними комісіями (РЕК) витрати на технологічні втрати електроенергії грають істотну роль;
- наявність пов'язаних між собою електричних мереж, що належать різним організаціям вимагає в договірних відносинах між ними правильного обліку витрат на транспорт електроенергії.

Особливої актуальності проблема втрат електроенергії набуває для розподільних мереж.

У колишні роки переважну частину ВЕ складали технічні та допустимі комерційні втрати, що залежать від технічного стану та режимів роботи мереж і систем обліку. В сучасних умовах спостерігається різке зростання складових комерційних втрат, зумовлених суб'єктивними причинами, причому в мережах всіх класів напруги.

Таким чином, тема роботи, що присвячена за рахунку і аналізу втрат енергії в електричних мережах 0,4-110 кВ, є актуальною.

Мета і задачі досліджень. Метою роботи є вдосконалення методів розрахунку, аналізу та локалізації ВЕ в розподільчих мережах з урахуванням появи нових інформаційних можливостей, що надаються ОІК і АСКОЕ, для досягнення додаткового ефекту в визначенні ВЕ.

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні приватні наукові завдання:

- аналіз сучасного стану систем автоматизації збору і обробки інформації про режими і потоках енергії, ВЕ в електричних розподільчих мережах;
- вдосконалення і розробка алгоритмів розрахунку ВЕ в розподільчих мережах 0,38 - 110 кВ на основі інформації ОІК і АСКОЕ;
- розробка методів аналізу структури ВЕ і їх локалізації в розподільчих мережах;

Об'єкт досліджень - електричні розподільні мережі 0,38-110 кВ.

Предмет досліджень – системи обліку електроенергії у цих мережах.

Методи досліджень: Під час виконання роботи використовувалось математичне моделювання, методи лінійного програмування та методи статистичної обробки даних.

Наукові результати і новизна роботи полягають в обґрунтуванні застосування методу балансових зон для розрахунку і аналізу втрат енергії в електричних мережах 0,4-110 кВ в сучасних умовах зростання інформаційних можливостей систем АСКОЕ.

Практичне значення отриманих результатів: За результатами даного дослідження можна відзначити наступні практичні результати:

- застосований метод балансових зон дозволяє проводити моніторинг, діагностику, і заміщення облікової інформації АСКОЕ;
- приведена практична реалізація побудови АСКОЕ з визначенням втрат електроенергії елементах електричної мережі.

ВИСНОВКИ

Виконані дослідження дозволяють зробити такі теоретичні і практичні висновки:

1. На основі аналізу сучасного стану в електроенергетиці показано, що нагальною стає необхідність опрацювання математичного апарату, моделей і методів коректного використання інформації АСКОЕ, створення нових та адаптації існуючих алгоритмів та програмного забезпечення, для чого необхідне створення методів розрахунку і аналізу втрат енергії, що дозволяють використовувати інформаційні можливості АСКОЕ.

2. Отримано розрахункові вирази для уточненого розрахунку навантажувальних втрат енергії в ЛЕП, математичного очікування напруги у вузлах мережі і потоків реактивної енергії, використання яких можливе в разі обробки інформації АСКОЕ.

3. Методами імітаційного моделювання доведено, що при виконанні розрахунків втрат енергії і енергорозподілення активної енергії за даними приладів обліку електроенергії, встановлених на кінцях ЛЕП, слід враховувати наявність ємнісної провідності лінії для ЛЕП-35 кВ і вище, а також для кабельних ліній 10 кВ великої довжини.

4. Уточнена методика розрахунку технічних ВЕ в мережах 35-110 кВ РСК, що базується на положеннях теорії оцінювання стану, модифікованих стосовно до вирішення задачі розрахунку енергорозподілення.

5. Розроблено алгоритм розрахунку технічних ВЕ в мережах 6-10 кВ ітераційним методом в два етапи «в енергіях», що дозволяє використовувати інформаційні можливості системи АСКОЕ і підвищити точність розрахунку по мірі насичення мережі засобами вимірювань.

6. Запропоновано класифікацію ВЕ, що охоплює всі відомі на даний час складові втрат і не суперечить їх фізичну природу.

7. Розроблено метод оцінки діапазонів невизначеності ВЕ в умовах відсутності наблюдаємості мереж 0,38-10 кВ, що дозволяє оцінити комерційні втрати в мережах 0,38 кВ і уточнити розрахунок технічних втрат в них, що, в свою чергу, дозволить розробляти більш ефективні заходи щодо зниження втрат .