

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**Ю. В. Малогулко, А. Л. Поліщук,
Ю. В. Томашевський**

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АНАЛІЗУ
ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ
В РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ
З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИСТРОЇВ
SMART METERING**

Монографія

Вінниця
ВНТУ
2023

УДК 621.317.38:621.311.1+628.518

M20

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол №5 від 29.12.2022 р.).

Рецензенти:

С. В. Василюк, доктор технічних наук, професор

П. Д. Лежнюк, доктор технічних наук, професор

Малогулко, Ю. В.

M20 Методи та засоби аналізу втрат електроенергії в розподільних електричних мережах з використанням пристроїв Smart Metering : монографія / Ю. В. Малогулко, А. Л. Поліщук, Ю. В. Томашевський. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 140 с.

ISBN 978-966-641-921-0

В монографії розглядається оцінка стану розподільних мереж з використанням пристроїв Smart Metering, дослідження особливостей функціонування інформаційних систем розподільних електричних мереж, визначено шляхи та методи підвищення їх спостережності, досліджено математичну модель та методи оцінки стану розподільної електричної мережі за різної повноти вхідних даних.

Розрахована на фахівців з планування режимів електричних мереж енергосистем. Може використовуватись студентами, аспірантами та інженерно-технічним працівникам, які займаються підвищенням енергоефективності відновлюваних джерел енергії в електричних мережах енергосистем.

УДК 621.317.38:621.311.1+628.518

ISBN 978-966-641-921-0

© Ю. Малогулко, А. Поліщук, Ю. Томашевський, 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП	7
1 ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ	9
1.1 Smart Metering як складова технології Smart Grid	10
1.2 Аналіз методів відновлення та синхронізації інформації про виміряні режимні параметри приладами Smart Metering.....	13
1.3 Аналіз методів визначення оптимального місця встановлення приладів вимірювання Smart Metering.....	16
1.3.1 Метод спрямованого спуску за критерієм мінімуму інвестицій	17
1.3.2 Методи, що базуються на використанні коваріаційної матриці.....	19
1.3.3 Методи нейронних мереж	20
1.3.4 Методи лінійного програмування.....	21
1.3.5 Методи табу-пошуку.....	23
1.3.6 Генетичні алгоритми	24
1.4 Шляхи та методи підвищення спостережності розподільних електричних мереж	26
1.5 Адекватність структури балансу електроенергії розподільних електричних мереж	29
2 ОЦІНКА СТАНУ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ SMART METERING	34
2.1 Оцінка стану розподільної електричної мережі за різної повноти вхідних даних	34
2.1.1 Постановка задачі оцінки стану розподільної електричної мережі.....	34
2.1.2 Математична модель оцінки стану мережі та якості вимірювань	35
2.2 Метод підвищення спостережності розподільних електричних мереж з використанням пристроїв Smart Metering та псевдовимірювань	43
2.2.1 Використання типових графіків електричних навантажень для підвищення спостережності розподільної електричної мережі	43

2.2.2 Врахування надходження електроенергії з відновлюваних джерел у задачі підвищення спостережності розподільної електричної мережі.....	47
2.3 Метод визначення оптимальної послідовності впровадження засобів обліку електроенергії Smart Metering із застосуванням математичного апарату чутливості та багатокритеріального аналізу	54
2.3.1 Метод визначення оптимальної послідовності впровадження засобів обліку електроенергії Smart Metering із застосуванням математичного апарату чутливості та багатокритеріального аналізу	54
2.3.2 Вибір та обґрунтування критеріїв ефективності багатокритеріального аналізу впровадження інформаційного забезпечення розподільних електричних мереж.....	56
2.3.3 Визначення оптимальної послідовності впровадження засобів обліку електроенергії Smart Metering із застосуванням математичного апарату чутливості та багатокритеріального аналізу	58
2.4 Метод визначення типових графіків втрат електроенергії	62
3 СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ТА АЛГОРИТМИ ЇЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ	67
3.1 Аналіз інформаційного забезпечення АТ «Вінницяобленерго»	68
3.1.1 Інформація щодо розміщення пристроїв фіксації/аналізу показників якості електроенергії АТ «Вінницяобленерго»	68
3.1.2 Структура інформаційного забезпечення АТ «Вінницяобленерго»	69
3.2 Алгоритми підвищення спостережності розподільних електричних мереж з використанням пристроїв Smart Metering та псевдовимірювань	73
3.2.1 Використання типових графіків електричних навантажень для підвищення спостережності розподільних мереж	73
3.2.2 Алгоритм врахування надходжень електроенергії з відновлюваних джерел для підвищення спостережності розподільних мереж.....	75

3.2.3 Базові алгоритми оцінки стану розподільних електричних мереж з використанням пристроїв Smart Metering та псевдовимірювань	78
3.3 Алгоритми визначення типових графіків втрат потужності у розподільних мережах	81
3.3.1 Визначення коефіцієнтів розподілу втрат потужності між вузлами розподільних мереж	81
3.3.2 Визначення типових графіків втрат потужності у розподільних мережах	83
3.4 Алгоритм визначення послідовності впровадження засобів обліку електроенергії Smart Metering у розподільних мережах	86
4 ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ АНАЛІЗУ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИСТРОЇВ SMART METERING ТА ПСЕВДОВИМІРЮВАНЬ.....	89
4.1 Перевірка адекватності результатів відтворення та узгодження ТГН	90
4.2 Аналіз ефективності застосування псевдовимірювань для забезпечення спостережності розподільних електричних мереж	99
4.3 Визначення типових графіків втрат потужності.....	102
4.4 Оптимізація структури інформаційної системи аналізу втрат електроенергії у розподільних мережах на базі концепції Smart Metering.....	106
ВИСНОВКИ.....	111
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	113
ДОДАТКИ.....	124

Наукове видання

**Малогулко Юлія Володимирівна,
Поліщук Андрій Леонідович,
Томашевський Юрій Васильович**

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АНАЛІЗУ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ
В РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ
З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИСТРОЇВ SMART METERING**

Монографія

Оригінал-макет підготовлено в *PBB ВНТУ*

Підписано до друку 18.01.2023 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Ум. др. арк. 8,20.
Наклад 13 пр. Зам. № В2023-02.

Вінницький національний технічний університет,
Редакційно-видавничий відділ,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114
press.vntu.edu.ua
email: irvc.vntu@gmail.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано ФОП Барановська Т. П.,
21021, м. Вінниця, вул. Пори́ка, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 4377 від 31.07.2012 р.