

УДК : 621.317
держреєстрації 0115U002805
№

Національна академія наук України
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ
03680, м. Київ – 57, пр. Перемоги, 56; тел. 3662401



ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ІЕД НАН України
академік НАН України
О. КИРИЛЕНКО
_____ 2024 р.

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО – ДОСЛІДНУ РОБОТУ

«РОЗВИТОК ТЕОРІЇ ВИСОКОТОЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ТА СТВОРЕННЯ
НА ЇЇ ОСНОВІ НОВИХ МЕТОДІВ ВІДТВОРЕННЯ ПАРАМЕТРІВ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ»
(«ЮПТЕР-7»)
(остаточний)

Науковий керівник НДР,
д.т.н.

Ю.Ф. Тесик

_____ 2024 р.

2024 р.

Рукопис закінчено 12 листопада 2024 р.

Результати роботи розглянуто Вченою Радою ІЕД НАН України, протокол від "14" листопада 2024 р., протокол № 12

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 181 с., 11 табл., 87 рис., 124 джерел, 2 додатка.

Відтворення, метрологічне забезпечення, електроенергія, вимірювальні підсилювачі потужності, калібратор, математичні моделі, комп'ютерні моделі, алгоритми, еталони.

Об'єкт дослідження – процес відтворення окремих параметрів електричної енергії як складових відтворення електричної потужності і енергії.

Мета досліджень – розробити нові методи відтворення фізичних величин, створити та експериментально перевірити комплекс вимірювальних засобів для відтворення каліброваних значень напруг, струмів, кутів зсуву фаз та електричної потужності.

Методи дослідження – математичне та комп'ютерне моделювання процесів відтворення фізичних величин на основі створених фізичних моделей і структур високоточних засобів вимірювання.

Актуальність роботи визначається зростанням вимог до точності відтворення фізичних величин, підвищення метрологічної надійності інформаційно-вимірювальних систем метрологічного забезпечення електроенергетики, необхідністю створення в Україні метрологічної бази з метою забезпечення зберігання і передачі таких одиниць фізичних величин як електрична потужність і енергія.

Проведено огляд методів і сучасних високоточних засобів відтворення параметрів електроенергії та досліджено похибки вимірювання активної і реактивної потужності, викликані кутом зсуву фаз вхідних вимірювальних перетворювачів струму. Показано, що точність відтворення фізичних величин в рівній мірі залежить від метрологічних характеристик еталонів, каналів їх підсилення і перетворення. Доведено можливість створення в Україні первинного еталону електричної потужності і енергії.

Проведено аналіз похибок комплексних багатовекторних систем напруг і струмів та їх вплив на точність відтворення параметрів електроенергії.

Створено математичні моделі цифрових вимірювальних перетворювачів.

Розроблено та досліджено методи корекції адитивних, мультиплікативних, кутових похибок вимірювання параметрів електроенергії.

Запропоновано та проаналізовано принципи функціонування спеціалізованого багатofазного калібратора напруг і струмів, в якому параметри сигналів багатofазного генератора коригуються за результатами вимірювань

прецизійного вимірювача параметрів сигналів електричних мереж за алгоритмом мікроконтролера, що дозволило створити прецизійний калібратор електричної потужності і енергії.

Розроблено і досліджено методи та алгоритми корекції параметрів вихідних сигналів багатофазного генератора шляхом урахування результатів вимірювання вказаних параметрів в ВП. Запропоновано еквівалентну схему корекції n -ої гармоніки.

Обґрунтовано необхідність створення безрозривних сигналів на виході генераторів, які використовуються в автоматизованому метрологічному обладнанні та запропоновано принцип завдання миттєвих значень сигналів із згладженими обвідними за допомогою базисних сплайнів першого порядку, який є оптимальний з точки зору затрат обладнання та обчислювальної потужності мікроконтролера.

Розроблено математичну і комп'ютерну моделі багатофазного генератора, за допомогою яких проведено дослідження принципів ступінчатої та лінійної апроксимації обвідної сигналів. Наведено часові діаграми процесів відтворення вихідних сигналів із застосуванням сплайн-інтерполяції і без нього.

Створено математичну модель та алгоритми роботи цифрових багатофазних генераторів для управління цифро-аналогових перетворювачів струму і напруги, що дозволить більше ніж на порядок підвищити технологічність процесів повірки і метрологічної атестації засобів вимірювання.

Розроблено цифро-аналоговий підсилювач потужності з мінімальним рівнем коефіцієнта нелінійних спотворень, який становить 0,003%, у розширеному діапазоні амплітуд вихідного сигналу.

Теоретичні положення підтвердилися результатами експериментальних досліджень і вказують на можливість створення вітчизняних еталонів потужності, енергії, напруги і параметрів якості з основною похибкою 0,005%.

Результати наукових досліджень, проведених в межах науково-дослідної роботи «Юпітер-7», використано у експериментальному взірці еталону електричної потужності і енергії з основною похибкою 0,005%, який впроваджено у науково-впроваджувавальному підприємстві ТОВ «ЕЛВІН, Лтд» для подальшого доведення до серійного виробництва та буде впроваджено в підприємствах Мінпаливенерго, ДП «Укрметртестстандарт», НЕК «Укренерго» та в дослідницьких організаціях.