

РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ

У сучасних умовах експлуатації електричних мереж питання контролю, моніторингу та аналізу

У сучасних умовах експлуатації електричних мереж питання контролю, моніторингу та аналізу параметрів трифазної силової мережі є надзвичайно актуальним. Несиметрія фаз, перевантаження, відхилення напруги та гармонійні спотворення можуть суттєво впливати на ефективність роботи електрообладнання, знижуючи надійність енергетичних систем та створюючи ризики аварійних режимів. Тому створення доступних та універсальних засобів вимірювання й аналізу параметрів мережі є важливим як для навчального процесу, так і для дослідницьких експериментів у лабораторних умовах.

З метою підвищення практичної підготовки студентів спеціальностей електроенергетичного та електромеханічного напрямів на кафедрі електромеханіки Криворізького національного університету розроблено сучасний лабораторний стенд, що забезпечує вимірювання, візуалізацію та комплексний аналіз параметрів трифазної мережі напругою 0,4 кВ. Стенд призначений для дослідження фазних та лінійних напруг, оцінювання їх відхилень, рівня несиметрії, а також гармонійних спотворень у системі, що дозволяє визначати показники THD та співвідношення активної та реактивної потужності для подальшого аналізу.

Центральним елементом стенду є мікроконтролерна плата Raspberry Pi Pico на базі мікроконтролера RP2040, що забезпечує достатню обчислювальну потужність, наявність вбудованих АЦП та широкі можливості для реалізації цифрових інтерфейсів зв'язку. Програмування контролера здійснюється мовою MicroPython із використанням середовища Thonny, що спрощує модифікацію алгоритмів обробки сигналів та реалізацію додаткових функцій, наприклад, автоматичного збереження результатів вимірювань у файл.

Для відображення результатів вимірювань використовується LCD-дисплей 1602, підключений через I²C-модуль розширення портів PCF8574, а взаємодія з персональним комп'ютером реалізована через послідовний інтерфейс UART з перетворювачем UART–USB, що дозволяє передавати дані до математичних пакетів обробки сигналів для подальшого аналізу та побудови графіків. Додатково передбачена можливість дистанційного моніторингу параметрів мережі та інтеграції з програмними засобами MATLAB для реалізації алгоритмів цифрової фільтрації, включаючи фільтри Калмана та Баттерворта.

Попередні експериментальні дослідження показали, що сигнал з датчиків напруги містить високий рівень шуму, що потребує застосування цифрових методів фільтрації для підвищення точності вимірювань і достовірності результатів. Використання алгоритмів цифрової обробки сигналів забезпечує надійне виявлення відхилень напруги, несиметрії фаз, гармонійних спотворень та інших параметрів, що є критично важливим для аналізу режимів роботи енергетичних систем.

Запропонований лабораторний стенд може ефективно застосовуватись у навчальних лабораторних роботах з дисциплін, пов'язаних з мікропроцесорними системами вимірювання та цифровою обробкою сигналів, а також для проведення експериментальних досліджень режимів роботи трифазних електричних мереж, підвищуючи практичні компетенції студентів та наукову обізнаність щодо якості електроенергії в Україні [1]. Реалізація таких стендів дозволяє формувати у студентів компетенції щодо аналізу режимів роботи електрообладнання, оптимізації енергоспоживання та забезпечення надійності енергетичних систем у реальних умовах.

Крім того, стенд може бути модернізований шляхом інтеграції додаткових датчиків струму та напруги, розширення каналів збору даних та впровадження протоколів віддаленого моніторингу. Це відкриває можливість проведення досліджень якості електроенергії у реальному часі, аналізу гармонійних спотворень, перехідних процесів та ефективності компенсаційних пристроїв, що є важливим для енергетичних підприємств та навчальних закладів.

Список літератури

1. Sedra A., Smith K. Microelectronic Circuits. – Oxford University Press, 2015.