

забезпечують достатньої швидкодії й точності для аналізу м'язових скорочень. Актуальність дослідження пов'язана з потребою створення доступної системи, що дозволяє здійснювати збір, обробку та передачу ЕМГ-сигналів у режимі реального часу з можливістю віддаленого контролю.

Метою роботи є розроблення IoT-орієнтованої комп'ютерної системи для безперервного аналізу ЕМГ-сигналів у процесі реабілітації пацієнтів. Розроблена система базується на мікроконтролерному модулі ESP32 TTGO, який забезпечує достатні ресурси для локальної попередньої обробки сигналу, а також підтримує Wi-Fi технологію та MQTT-протокол для інтеграції в IoT-інфраструктуру. Сигнал зчитується за допомогою біомедичного модуля AD8232, що виконує фільтрацію та підсилення слабких мікрвольтних коливань, характерних для ЕМГ-активності. Отриманий аналоговий сигнал оцифровується вбудованим АЦП ESP32, проходить нормалізацію, фільтрацію, після чого передається на IoT-платформу Ubidots.

Хмарна платформа забезпечує візуалізацію даних у вигляді графіків, панелей стану та статистичних показників, дозволяючи лікарю або реабілітологу отримувати інформацію в реальному часі та відстежувати прогрес відновлення пацієнта. Застосування MQTT-протоколу гарантує низьку затримку передавання даних, що є критично важливим для задач реального часу. Крім того, система дозволяє зберігати історію сигналів, що забезпечує можливість довгострокового аналізу, виявлення аномалій та адаптивного налаштування програм реабілітації.

Однією з ключових переваг запропонованої системи є її мобільність та низька вартість у порівнянні з комерційними медичними комплексами. Вона забезпечує достатню точність для практичних задач відновлення м'язових функцій, підтримує віддалений доступ, працює без необхідності спеціалізованого обладнання та може бути інтегрована у домашні умови. Крім того, застосування відкритих апаратних платформ дозволяє масштабувати систему та розширювати її функціональність.

Розроблена комп'ютерна система реального часу забезпечує ефективний дистанційний моніторинг ЕМГ-сигналів і може бути застосована для медичних та наукових досліджень. Вона дозволяє підвищити якість реабілітаційного процесу, забезпечуючи безперервний зворотний зв'язок, оперативний аналіз та можливість віддаленого контролю.

УДК 004.9:620.9

А.В. Павлик, А.М. Паламар, к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

**КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО
КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ У РОЗУМНОМУ
БУДИНКУ**

A. V. Pavlyk, A.M. Palamar, PhD.

**COMPUTERIZED SYSTEM FOR ENERGY-EFFICIENT CONTROL
OF A SOLAR POWER PLANT IN A SMART HOME**

Розвиток відновлюваної енергетики та зростання тарифів на електроенергію актуалізують підвищення енергоефективності житлових будинків [1]. Перспективним рішенням є кіберфізична система розумного будинку з сонячною електростанцією (СЕС) та акумуляторною батареєю, яка динамічно керує потоками енергії між СЕС, будинком, накопичувачем та мережею [2].

Мета роботи – розробити відкриту систему енергоменеджменту, що підвищує самоспоживання генерації СЕС і зменшує споживання з електромережі шляхом оптимізації керованих навантажень. Архітектура базується на Raspberry Pi 4 з Home Assistant і MQTT-брокером Mosquitto, контролері ESP32 як шлюзі до гібридного інвертора, сервісі Batmon для доступу до BMS та ZeroTier One для безпечного віддаленого доступу.

Побудовано спрощену енергетичну модель системи з виділенням потужностей генерації СЕС, споживання будинку, заряджання/розряджання акумулятора, обміну з мережею та рівня заряду SOC. Споживання поділено на базове й кероване. Як основне кероване навантаження розглянуто електричний бойлер. На основі моделі реалізовано rule-based сценарії енергоменеджменту в Home Assistant: бойлер вмикається за надлишкової генерації та достатнього SOC і вимикається при його зниженні нижче порога чи тривалому дефіциті потужності.

Експерименти показали збільшення частки енергії СЕС, використаної на власні потреби, зменшення імпорту з мережі та більш ощадний режим роботи акумулятора. Порівняння з відомими підходами до керування побутовими фотоелектричними системами демонструє підвищену гнучкість запропонованої реалізації завдяки використанню відкритих апаратно-програмних компонентів [2]. Запропонована система може бути адаптована до різних типів інверторів, конфігурацій СЕС і профілів споживання, що спрощує її практичне впровадження в реальних домогосподарствах.

Отримані результати створюють підґрунтя для подальшої інтеграції методів прогнозного керування та економічної оптимізації режимів роботи з урахуванням тарифних планів і поведінки користувачів.

Література

1. Bagdadee A. H., Rahman M. S., Al Mamoon I., Hossain M. R. Empowering smart homes by IoT-driven hybrid renewable energy integration for enhanced efficiency. Scientific Reports, 2025, Vol. 15, No. 1, Art. 41491.

2. Tradacete-Ágreda M., Sánchez-Pérez A., Santos-Pérez C., Velasco-Gómez J. Smart energy management for residential PV microgrids: ESP32-based indirect control of commercial inverters for enhanced flexibility. Sensors, 2025, Vol. 25, No. 21, Art. 6595.

УДК 681.518.3

М.І. Паламар, д.т.н., проф.; Ю.А. Удич; А.М. Паламар, к.т.н., доц.; М.Р. Франків
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ РОЗУМНОГО БУДИНКУ НА ОСНОВІ ІОТ ТЕХНОЛОГІЙ

M.I. Palamar, Dr., Prof.; Y.A. Udych; A.M. Palamar, Ph.D., Assoc. Prof.; M.R. Frankiv
**INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEM FOR MONITORING SMART
HOME PARAMETERS BASED ON IOT TECHNOLOGIES**

У сучасних умовах розвиток технологій Інтернету речей забезпечує новий рівень автоматизації та цифровізації житлових приміщень. Розумні будинки стають інтегрованими системами, здатними здійснювати моніторинг параметрів мікроклімату, виявляти потенційно небезпечні ситуації та забезпечувати комфортне середовище для користувачів. Одним із ключових напрямів розвитку таких технологій є побудова