



**Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ В АПК**

Харків,
2025



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА ОБЛАСНА ВІЙСЬКОВА
АДМІНІСТРАЦІЯ**

Державний біотехнологічний університет
Національний технічний університет «ХПІ»
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний університет біоресурсів
і природокористування України
Інститут механіки та автоматики агропромислового
виробництва НААН України
University Maryland (USA)
University of British Columbia (Canada)
Lublin University of Technology (Poland)
Israel Electric Corporation (Israel)



**Матеріали
Міжнародної науково-практичної конференції
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА
ТА ТЕХНОЛОГІЇ В АПК**

5 листопада 2025 р.

м. Харків

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА ОБЛАСНА ВІЙСЬКОВА АДМІНІСТРАЦІЯ
Державний біотехнологічний університет
Національний технічний університет «ХПІ»
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН України
University Maryland (USA)
University of British Columbia (Canada)
Lublin University of Technology (Poland)
Israel Electric Corporation (Israel)

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ В АПК

Матеріали Міжнародної науково-практичної
конференції

5 листопада 2025 р.

Харків
ДБТУ
2025

Організаційний комітет:

Голова комітету: **Михайлов В.М.**, д.т.н., проф., проректор з наукової роботи ДБТУ;

Заступник голови: **Сорокін М.С.**, к.т.н., доц., декан факультету енергетики, робототехніки та комп'ютерних технологій ДБТУ;

Вчений секретар оргкомітету конференції: **Лисиченко М.Л.**, д.т.н., проф., професор кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ;

Члени оргкомітету: **Адамчук В.В.**, д.т.н., проф., академік НААН України, директор Інституту механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України; **Каплун В.В.**, д.т.н., проф., директор навчально-наукового інституту енергетики, автоматики і енергозбереження НУБіП; **Гапон Д.А.**, д.т.н., доц., завідувач кафедри автоматизації та кібербезпеки НТУ «ХПІ»; **Щур І.З.**, д.т.н., проф., завідувач кафедри електромеханіки і комп'ютерних електромеханічних систем Національного університету «Львівська політехніка»; **Головко В.М.**, д.т.н., проф., професор кафедри відновлювальних джерел енергії, КПІ ім. І.Сікорського; **Кіпенський А.В.**, д.т.н., проф., директор навчально-наукового інституту соціально-гуманітарних технологій;

Михайлова Л.М., к.т.н., проф., директор навчально-наукового інституту енергетики ЗВО «Подільський державний університет»; **Мірошник О.О.**, д.т.н., проф., завідувач кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту ДБТУ; **Хандола Ю.М.**, к.т.н., доц., завідувач кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ; **Петренко О.В.**, к.т.н., доц., завідувач кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування ДБТУ; **Демченко К.В.**, к.т.н., доц., завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ДБТУ; **Мороз О.М.**, д.т.н., проф., професор кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту ДБТУ; **Косуліна Н.Г.**, д.т.н., проф., професор кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ; **Потапов В.О.**, д.т.н., проф., професор кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування ДБТУ; **Vasily Krivtsov**, Ph.D., R.Eng., Professor, University of Maryland (USA); **Juri Jatskevich**, Ph.D., P.Eng., Professor, IEE Fellow Electrical and Computer (Canada); **Pawel Komada**, Professor, Ph.D., D.Sc., Head Department of Electronics and Information Techniques, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Lublin University of Technology (Poland); **Vladimir Gurevich**, Honorary Professor, Senior Specialist, Israel Electric Corporation (Israel).

Збірник матеріалів видано відповідно до наказу в.о. ректора ДБТУ про проведення Міжнародної науково-практичної конференції «Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК» (№ 01-01/403 від 31.10.2025 р.).

E50 Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК [Електронний ресурс] : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 5 листопада 2025 р. / Держ. біотехнологічний ун-т. – Харків, 2025. – 348 с. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: <http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/>

У збірнику подано теоретичні та практичні результати досліджень і розробок учених спільно з молодими науковцями, аспірантами, співробітниками організацій та підприємств.

Призначено для викладачів, студентів, наукових співробітників, фахівців у галузі енергетики, електромеханіки, робототехніки, автоматики, інформаційних технологій, енергетичного машинобудування, біомедичної інженерії.

МЕТОДИ АВТОМАТИЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ФЕНОМЕНІВ СПОНТАННОЇ ЕМГ

Забродін К. Ю., асп., e-mail: zabrodin.kostiantyn@nure.uaГелетка О. О., к.м.н., лікар вищ. кат., e-mail: geletka72@gmail.com

Харківський національний університет радіоелектроніки

Аналіз спонтанної активності є фундаментальним та одним з найбільш діагностично значущих етапів голкової електроміографії (ЕМГ). Коректна ідентифікація патологічних феноменів, таких як потенціали фібриляцій та позитивні гострі хвилі, має вирішальне значення для виявлення денерваційних процесів та визначення стадії нейром'язового захворювання. Традиційний ручний аналіз цих сигналів є трудомістким, вимагає високої кваліфікації лікаря та неминуче несе в собі елемент суб'єктивності.

Проведення голкової ЕМГ включає три етапи, першим є вивчення стану м'язу у спокої, за Столбергом, при патології в стані спокою м'язові волокна здатні генерувати такі типи патологічної активності:

1. Активність вколювання — короткі потенціали при введенні або русі голки; нормальна реакція м'язу.
2. Шум кінцевої пластини (end-plate noise/spikes) — низькоамплітудні, безладні коливання у зоні моторної пластинки; фізіологічне явище.
3. Фасцикуляції — поодинокі спонтанні скорочення моторних одиниць; можуть бути нормальними або при нейрональних захворюваннях (наприклад, ALS).
4. Фібриляційні потенціали (ПФ) — регулярні скорочення окремих м'язових волокон; свідчать про денервацію чи мембранну нестабільність.
5. Позитивні гострі хвилі (ПГХ) — різкі потенціали з вираженою позитивною фазою; ознака активної денервації.
6. Комплексні повторювані розряди (CRD) — серії ідентичних потенціалів із сталою періодичністю; характерні для хронічної реіннервації.
7. Міотонічні розряди — тривалі «вібуючі» серії, що поступово сповільнюються і згасають; типові для міотонічних синдромів.
8. Міокімічні/нейроміотонічні розряди — групові хвилі активності, що йдуть «потокком»; прояв гіперзбудливості периферичних нервів [1].

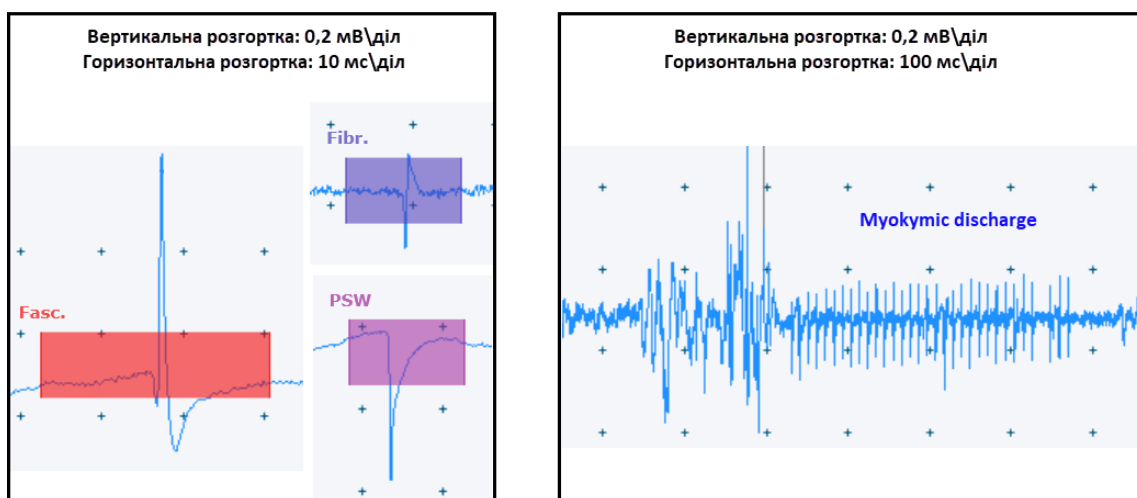


Рисунок 1 – Деякі види спонтанної активності ЕМГ, записані на приладі EMG ONE 2.

Більшість сучасних програм з аналізу ЕМГ даних використовують один і той самий метод автоматичної класифікації феноменів – метод порівняння з шаблоном. Порівняння з

шаблоном (також відоме як "співставлення з еталоном" або *template matching*) є одним із фундаментальних та історично перших алгоритмів, що застосовувалися для автоматичної класифікації феноменів ЕМГ. Цей підхід належить до класу методів керованого розпізнавання образів (*supervised pattern recognition*). Основна ідея методу полягає у порівнянні невідомого сегмента сигналу, що потенційно містить спонтанну активність, із заздалегідь визначеною бібліотекою еталонних шаблонів. Ця бібліотека шаблонів є "золотим стандартом" для системи і зазвичай містить оцифровані приклади: позитивних гострих хвиль, потенціалів фібриляції, фасцикуляцій, тощо [2].

Процес автоматичного аналізу за цим методом зазвичай складається з трьох кроків:

1. Детекція "Кандидата": алгоритм спершу має виділити із сигналу "подію-кандидата". Найчастіше це реалізується за допомогою простого порогового детектора. Коли амплітуда сигналу (або його похідна) перевищує заданий поріг (наприклад, 20–30 мкВ), система вирізає короткий сегмент сигналу (наприклад, 20 мс) навколо цього піку для подальшого аналізу, так само як і для автоматичного виділення потенціалів рухових одиниць (ПРО) [1].

2. Математичне порівняння: виділений сегмент-кандидат послідовно порівнюється з кожним шаблоном із бібліотеки. Для кількісної оцінки "схожості" форми двох сигналів найчастіше використовується операція крос-кореляції (*cross-correlation*).

3. Класифікація: алгоритм обчислює коефіцієнт кореляції (ступінь схожості, від -1 до 1) для кожного шаблону. "Кандидату" присвоюється клас того шаблону, з яким він показав найвищий коефіцієнт кореляції (наприклад, "Фібриляція", якщо кореляція з шаблоном фібриляції склала 0.92, що вище, ніж з будь-яким іншим шаблоном). Якщо максимальний коефіцієнт кореляції є нижчим за певний поріг (напр., 0.8), кандидат відкидається як "нерозпізнаний шум".

Незважаючи на свої переваги, такі як швидкість роботи, та зрозумілість отриманого результату, цей метод також має і суттєві недоліки. Низька гнучкість – головна проблема методу. Він погано справляється з високою морфологічною варіабельністю реальних ПФ та ПГХ. Потенціал, що трохи відрізняється за формою від еталона, може бути пропущений. Залежність від бібліотеки – ефективність системи повністю залежить від якості та повноти її бібліотеки шаблонів. Якщо в бібліотеці відсутній певний тип артефакту, він з високою ймовірністю буде помилково класифікований як патологія. Проблема накладення сигналів один на одного – метод практично не здатний обробляти сигнали, що накладаються, оскільки результуюча форма не відповідає жодному окремому шаблону. Через ці обмеження, у сучасних комерційних системах метод порівняння замінюється більш гнучкими методами на основі машинного навчання, які оперують не цілою формою сигналу, а набором його числових ознак (амплітуда, тривалість, кількість фаз, похідна тощо). З метою апробації використання методів машинного навчання для розпізнавання спонтанних феноменів, було реалізовано метод для сегментації М-відповіді. На відгуках було ефективно виділено передсигнальну позитивність та премоторний потенціал, що є не бажаним артефактом під час запису М-відповіді. Таким чином використання нейромереж для виконання поставленої задачі є надзвичайно перспективним.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Stålberg E., van Dijk H., Falck B., Kimura J., Neuwirth C., Pitt M. [et al.]. Standards for quantification of EMG and neurography. *Clinical Neurophysiology*. 2019. Vol. 130, No. 9. P. 1688–1729. DOI: [10.1016/j.clinph.2019.05.008](https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.05.008).

2. Забродін К. Ю., Гелетка О. Методи автоматичного розставлення міток потенціалів рухових одиниць, записаних за допомогою концентричного голкового електрода. Сучасні технології біомедицинської інженерії : матеріали IV Міжнар. наук.-техн. конф., 7–9 травня 2025 р. Одеса: Astroprint, 2025. С. 179–180. URL: <https://openarchive.nure.ua/entities/publication/8427f206-7950-4e61-a039-66c5881ade06>.