

## СЕКЦІЯ XV. ЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

### ТВЕРДОТІЛЬНІ АКУМУЛЯТОРИ З КЕРАМІЧНИМИ ЕЛЕКТРОЛІТАМИ

**Червінський Владислав Олегович**

здобувач вищої освіти

факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
«Вінницький національний технічний університет», Україна

**Науковий керівник: Мартинюк Володимир Валерійович**

ORCID ID: 0000-0001-5401-3980

к.н.т., доцент кафедри загальної фізики

«Вінницький національний технічний університет», Україна

#### ВСТУП

Твердотілий акумулятор – це тип електричного накопичувача енергії, у якому як електроди, так і електроліт мають тверду фазу, на відміну від літій-іонних та літій-полімерних акумуляторів, де використовується рідкий або полімерно-гелевий електроліт.

Твердотільні акумулятори вже знайшли застосування у кардіостимуляторах, RFID-системах та портативних електронних пристроях. Вони відзначаються підвищеною безпекою та більшою енергетичною щільністю порівняно з традиційними акумуляторами. Крім того, нині активно досліджується можливість їх широкого впровадження в автомобільній промисловості, зокрема в електромобілях нового покоління.

#### Теоритична частина

Одним з перспективних матеріалів для катода є Li-S, який має теоретичну ємність  $1670 \text{ mAh g}^{-1}$ , "що вдсятеро перевищує ефективне значення LiCoO<sub>2</sub>". Нещодавно був розроблений керамічний текстиль, який має перспективу при використанні в твердотільному акумуляторі Li-S. Цей текстиль використовувався як роздільник між анодом і катодом, і пропускає іони літію, одночасно перешкоджаючи розчиненню сірки. Результат «роздільник товщиною 500 мкм при 63 % використаної площі

електроліту» становив «71 Вт/кг». тоді як прогнозована щільність енергії становить 500 Вт/кг. [1]

Твердий електроліт діє як іонний провідник, дозволяючи іонам літію рухатися між електродами акумулятора, блокуючи при цьому електрони. Ця унікальна властивість запобігає коротким замиканням і зменшує ризик пожеж. Твердий електроліт також пригнічує ріст літєвих дендритів, які можуть спричиняти поломки в традиційних акумуляторах.

Виробники використовують кілька типів твердих електролітів, кожен з яких має свої особливості. У таблиці нижче наведено найпоширеніші матеріали:

Таблиця 1

### Типи твердих електролітів

| Тип твердого електроліту | Характеристика  | Загальні матеріали   |
|--------------------------|---|--|
| Polymer                  | Гнучкий, легкий, низька провідність за кімнатної температури        | PEO, LiClO <sub>4</sub> , LiAsF <sub>6</sub> , LiPF <sub>6</sub> |
| Оксид                    | Широке електрохімічне вікно, хороша стабільність, твердий           | LLZO, LLTO, LATP   |
| Галід                    | Висока стійкість до тиску, висока провідність, чутливість до вологи | Сполуки Lia-M-Xb   |

Взято з [2]

Твердотілий акумулятор зберігає й віддає енергію шляхом перенесення іонів літію крізь твердий електроліт. Під час заряджання іони літію переміщуються від катода до анода, а під час розряджання – у зворотному напрямку, створюючи електричний струм. Твердий електроліт пропускає лише іони, але не електрони, що забезпечує стабільність і високу ефективність роботи акумулятора.

Швидкість саморозряду твердотільного акумулятора значно нижча, ніж у літій-іонних акумуляторів.

Таблиця 2

### Швидкість саморозряду

| Особливість           | Твердотільний акумулятор | Літій-іонний акумулятор |
|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| Швидкість саморозряду | 2-3% на рік              | 2-10% на місяць         |

Взято з [2]

Термін служби акумулятора залежить від кількості циклів зарядки/зарядки, які він може витримати, перш ніж його продуктивність знизиться. Твердотільні акумулятори можуть витримувати від 8,000 до

10,000 циклів зарядки/зарядки. Літій-іонні акумулятори зазвичай витримують 2,000 циклів. Ця різниця означає, що твердотільні акумулятори можуть жити пристрої та транспортні засоби протягом багатьох років без необхідності заміни. Наприклад компанія Toyota заявила, що планує впровадити твердотільні акумулятори (SSB) у свої автомобілі у 2027–2028 роках. Повідомляється, що ці батареї зможуть працювати до 40 років, що у чотири рази перевищує показники більшості сучасних літій-іонних акумуляторів для електромобілів. [3] Також Toyota прогнозує, що твердотільні акумулятори можуть збільшити запас ходу електромобілів майже на 70% та скоротити час швидкої зарядки постійним струмом. [2]

До недоліків можна віднести що твердотільні акумулятори з керамічними електролітами потребують високого тиску для підтримки контакту з електродами. Керамічні прокладки між катодом і анодом можуть зламатись від механічних ушкоджень. [1]

Аноди на основі твердого літію (Li) в твердотілих акумуляторах є заміною графітових анодів у літій-іонних акумуляторах, для більшої щільності енергії, безпеки, та швидкої зарядки. Використання літію у анодах спричиняє утворення та ріст дендритів Li за рахунок неоднорідного осадження металу літію.

Дендрити літію проникають у ізоляційну прокладку, що розміщена між анодом та катодом та запобігає короткому замиканню. Проникнувши через прокладку, вони спричиняють короткі замикання, перегрів, пожежежі або навіть вибухи від теплового розширення. Літієві дендрити знижують вихід току (ефективність). [1]

Вважається, що твердотіла акумуляторна технологія здатна підвищити енергетичну щільність (2,5x).

Можна уникнути використання небезпечних або токсичних матеріалів, що зараз використовуються у виробництві акумуляторів, таких як органічні електроліти.

### Висновки

Твердотільні акумулятори – перспективна технологія наступного покоління, яка може забезпечити вирішальні переваги у безпеці, енергощільності та терміні служби батарей. Подальші дослідження мають бути спрямовані на оптимізацію твердих електролітів, мінімізацію внутрішнього опору, контроль механічної стабільності і масштабовану технологію виготовлення.

### Список використаних джерел:

1. Wikipedia. (2024). Твердотілий акумулятор. Вилучено з: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Твердотілий\\_акумулятор](https://uk.wikipedia.org/wiki/Твердотілий_акумулятор)
2. BSLBATT Battery. (2023). Що таке твердотільний акумулятор і як він працює. Вилучено з: <https://bslbatt.com/uk/блоги/Що-таке-твердотільний-акумулятор-і-як-він-працює>
3. Mezha Media. (2023). Нові твердотільні акумулятори Toyota працюватимуть до 40 років. Вилучено з: <https://mezha.ua/news/novi-tverdotelni-akumulyatori-toyota-pracuyvatimut-do-40-rokiv-306176>