

ПЕРСПЕКТИВНІ ТИПИ ТЯГОВИХ АКУМУЛЯТОРНІ БАТАРЕЙ

Халлад Мустафа, ст. гр. А-43-17

volf-949@ukr.net

Науковий консультант: Волков В.П., проф., д-р техн. наук

Вступ. Швидкість зарядки тягових акумуляторів залишається головною перешкодою на шляху широкого поширення електромобілів. Водії ще з недовірою ставляться до ідеї сидіти по два на заправці або ризику залишитися з незарядженою батареєю далеко від цивілізації. Виправити ситуацію обіцяє ізраїльська компанія Store Dot, на замовлення якої китайці почали випускати досвідчені автомобільні акумулятори з надшвидкої зарядкою. Компанія Store Dot широко заявила про себе в 2015 році, коли представила літєві акумулятори для смартфонів з часом зарядки всього за п'ять хвилин. За минулий з тих пір час компанія розвинула технології і тепер робить ставку на тягові літєві акумулятори для електромобілів. У 2020 році Bloomberg привласнила Store Dot звання New Energy Finance Pioneer за залучення \$ 130 млн. Інвестицій від компаній Daimler, BP, Samsung, TDK і інших.

Результати дослідження. Сьогодні компанія заявляє про досягнення знакової віхи. За її замовленням китайська компанія Eve Energy на звичайних лініях випустила партію з 1000 опитаних тягових акумуляторів на основі нової технології. Це означає, що виробництво революційних батарей, які можуть заряджатися до повної ємності всього за п'ять хвилин, не затримається. Далі перешкодою на шляху швидкої зарядки електромобілів стане інфраструктура зарядних станцій, яка повинна витримувати набагато більші струми з усіма витікаючими наслідками

На шляху до нових зарядних станцій Store Dot співпрацює з компанією BP. Остання володіє 18200 АЗС і явно не хоче залишитися з ними в минулому. Метою цієї співпраці ставиться забезпечення до 2025 року заправок BP і інших компаній станціями для п'ятихвилинної зарядки акумуляторів для досягнення дальності пробігу 100 миль (160 км) від однієї зарядки.

Що стосується акумуляторної технології Store Dot, то вона спирається на відмову від графітового електрода в угоду напівпровідниковому (в перспективі - кремнієвому), хоча в досвідченій партії, як зізнається розробник, електроди поки виготовляються з германію. Акумулятори Store Dot обіцяють витримувати до 1000 циклів перезарядки з втратою не більше 20% ємності.

Команда дослідників з університету Кіото спільно з інженерами Toyota приступила до тестів нового покоління акумуляторів для електромобілів. Нові батареї, як очікують їх розробник, будуть містити примірно в 7 разів більше енергії на одиниць ваги, ніж існуючі літій-іонні батареї. Команда дослідників з університету Кіото спільно з інженерами Toyota приступила до тестів нового покоління акумуляторів для електромобілів. Нові батареї, як очікують їх розробник, будуть містити примірно в 7 разів більше енергії на одиницю ваги, ніж існуючі літій-іонні батареї.

Проектом керує професор університету Кіото Есіхару Учімото, під керівництвом якого був розроблений прототип батареї, в якій використовується анод з фтору, міді і кобальту і катод, зроблений в основному з лантану. Теоретичні дослідження показали, що така конструкція потенційно забезпечує велику щільність енергії і запас ходу без підзарядки в 7 разів більше, ніж у тих акумуляторів, що випускаються зараз. У новій батареї використовується твердий електроліт замість рідкого, що виключає можливість загоряння акумулятора і знімає необхідність установки на нього системи охолодження. Очікується, що запас ходу фторід-іонних батарей, подібних за розміром з літій-іонними, складе не менше 1000 км. За словами розробників, проблему розширення електродів вдалося вирішити за рахунок їх виробництва зі сплаву кобальту, нікелю та міді, а зміна матеріалів, використовуваних в аноді, має дозволити заряджати і розряджати батарею без втрати ємності. Про терміни появи серійних фторід-іонних батарей інформації поки немає і шлях від прототипів до масових акумуляторів нового типу може зайняти близько десятиліття. Вартість нових батарей поки також їх розробниками не озвучена.

Натрійіонні акумулятори (рис. 1) обіцяють бути дешевше, безпечніше і екологічніше літійіонних. Вони не містять небезпечних для здоров'я людини металів і речовин ні в катодах, ні в електроліті, а запасів натрію в земній корі в тисячі разів більше, ніж літію. Єдине, в чому натрійіонні акумулятори поступаються літійовим - це приблизно в два рази менша питома щільність зберігання енергії.



Рисунок 1 - Натрійіонні акумулятори Natron (Kyoto University)

Так, якщо комерційні літій-іонні акумулятори в середньому можуть зберігати $285 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{кг}$, то перспективні натрійіонні акумулятори обіцяють до $140 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{кг}$. Але це лише означає, що натрійіонні акумулятори не вигідні в невеликих пристроях типу смартфонів, тоді як для джерел резервного живлення це не критично. Для великих систем важливо те, що вартість натрійіонних акумуляторів буде на 10-20% менше, ніж літійіонних, і з часом ця різниця буде тільки збільшуватися.

Сьогодні до експансії на ринку акумуляторів готові як мінімум два виробники натрійіонних акумуляторів - це американська компанія Natron Energy і британська Faradion. Компанія Natron Energy вже поставляє натрійіонні акумулятори обмеженими партіями, а її досягнення, наприклад, відзначені фінансуванням з боку такого американського агентства, як DARPA. Зокрема, у вересні минулого року DARPA виділило Natron Energy \$ 19,9 млн в рамках нової програми прискореного впровадження нових технологій для швидкого виходу на ринок.

Американська компанія QuantumScape представила результати тестування нового осередку для акумуляторної батареї електромобіля. Головні особливості розробки такі: по-перше, зарядка до 80% ємності за 15 хв, що майже вдвічі швидше, ніж у літій-іонної батареї електромобіля Tesla Model 3, однією з лідерів за цим показником.

По-друге, збереження понад 80% ємності після 800 циклів заряду і розряду, що говорить про потенційний термін служби батареї в кілька сотень тисяч кілометрів (Tesla дає гарантію до 240000 км). І по-третє, об'ємна щільність енергії в $1000 \text{ Вт} \cdot \text{ч} / \text{л}$, що приблизно на 80% більше, ніж у найсучасніших літій-іонних комірок. Це означає, що і ємність батареї буде відповідною, а по запасу ходу електромобілі на таких батареях зрівняються з

автомобілями з ДВС. Що не менш важливо, комірка зберігає свої характеристики до температур близько -30 градусів за Цельсієм, в той час як літій-іонні батареї демонструють зниження показників в таких умовах. Так, і нова батарея не запалюється

Комірка QuantumScape побудована за технологією твердотільних батарей: в них використовується твердий електроліт, а не рідкий, як в найбільш часто використовуваних сьогодні літій-іонних батареях. Твердотільні батареї вже кілька десятиків років вважаються однією з найбільш перспективних технологій, проте невирішені технічні проблеми поки не дозволяли дослідникам говорити про комерційні перспективи.

Каліфорнійський стартап QuantumScape був заснований в 2010 р професором Стенфордського університету Фріцем Принцом і випускником цього університету Джагдіпом Сінгхом. З 2012 р компанія почала працювати з Volkswagen, а в 2018 р німецький автогігант вклав в стартап \$ 100 млн., ставши найбільшим акціонером. У тому ж році представники обох компаній заявили, що розпочинають підготовку до масового виробництва твердотільних батарей. У червні 2020 р Volkswagen інвестував в QuantumScape ще \$ 200 млн. У листопаді 2020 р QuantumScape провела IPO на Нью-Йоркській біржі шляхом злиття зі спеціалізованою компанією для поглинань (SPAC), яка вже вийшла на біржу. Угода допомогла стартапу залучити ще \$ 700 млн, які будуть спрямовані на організацію виробництва, а котирування акцій компанії з тих пір виросли вже втричі до рівня в \$ 75 за акцію. За словами представників QuantumScape і Volkswagen, виробництво почнеться в 2025 р.

Комірку QuantumScape відрізняє ряд особливостей. Для формування анода їй не потрібно навіть мінімальну кількість літію, що здешевлює процес виробництва. Крім того, в комірці використовується особливий найтонший керамічний сепаратор, який розділяє електроди. На його розробку компанії знадобилося п'ять років, і точний опис матеріалів, використовуваних для його виготовлення, є головною комерційною таємницею компанії. А основним завданням QuantumScape тепер буде створення багат шарових комірок і складання з них цілої акумуляторної батареї. Як відзначають фахівці, це завдання не таке просте, як може здатися, тому компанія ще може зіткнутися зі складнощами, які можуть привести до зрушення заявлених термінів початку виробництва і навіть до повної невдачі проекту.

QuantumScape і Volkswagen не єдині компанії, які проводять дослідження в цій області. Японський автовиробник Toyota раніше заявляв про плани налагодити випуск електромобілів з твердотільними акумуляторними батареями у 2025 р. Інший американський стартап, Solid Power, заснований шість років тому, заручився підтримкою таких автокомпаній, як BMW, Ford і Hyundai, і розраховує запустити виробництво в

2026 р. Однак до демонстрації працюючого акумулятора справа поки не дійшла ні у кого.

Літій-іонні акумулятори добре зарекомендували себе на ринку і вже понад 29 років займають перше місце в забезпеченні смартфонів енергією. Однак не можна заперечувати, що роки минають, а начинка смартфонів стає потужнішим і жити таку кількість компонентів стає все складніше, тому індустрія потребує «свіжої крові». Одним з таких рішень може стати графен. До сих пір графенові акумулятори не мають широкого застосування в смартфонах або будь-яких інших гаджетах повсякденного використання, але все це питання часу. Багато хто вважає, що в недалекому майбутньому графен зробить революцію і витіснить популярні літій-іонні акумулятори [5].

Графен - це складне з'єднання атомів вуглецю, пов'язаних в так звану стільникову структуру, завдяки чому він має низку цікавих властивостей. Наприклад, є найпотужнішим в світі провідником електричної і теплової енергії, дуже гнучкий і надзвичайно легкий. Крім того, графен екологічний і стійкий до різного роду впливів [5].

Незважаючи на те, що літій-іонні і графенові батареї можуть зберігати і передавати енергію аналогічним чином, в конструктивних аспектах і областях застосування, вони відрізняються один від одного, з точки зору терміну служби експлуатації, безпеки та швидкості передачі енергії. Основною причиною, по якій графенові батареї ефективніші, ніж нинішні літій-іонні батареї - їх здатність розсіювати тепло. Коли відбувається передача тепла, створюється велика кількість енергії через опір провідників. Зі збільшенням теплової енергії опір зростає ще більше, створюючи так званий цикл неефективності. Відносне перевищення тепла і опору призводить до деградації батареї і пристрої в цілому. Згадайте хоча б сумний досвід Samsung Galaxy Note 7.

Не дивлячись на всі перераховані достоїнства графенових батарей, в даний час графен все ще перебуває на початковій стадії розвитку з точки зору його комерціалізації, як акумуляторної технології. Цьому безсумнівно перспективному матеріалу ще належить подолати безліч проблем, включаючи надзвичайно високу вартість виробництва. У міру того як виробничий процес стає більш доступним і вдосконаленим, можливості застосування графена будуть значно зростати. Найбільш обнадійливим застосуванням графена є його інтеграція з літій-іонними батареями, гібридами. Але якщо ви ще сумніваєтеся в цій технології, то ось список компаній, які вже інвестують в розвиток цього напрямку: Samsung, Microsoft, Tesla, Huawei, Cabot Corporation, Grabat Graphenano Energy, Nanotech Energy, Nanotek Instruments, XG Sciences. Всі вони проявили великий інтерес в розробці подібних акумуляторів, зробивши великий внесок в розвиток технологій графенових батарей/

На теперішні час більшість виробників випускають електромобілі з акумуляторами на рідинних електролітах. Така технологія рахується менш ефективною і безпечною, ніж твердотельні акумулятори.

Компанія Toyota зробила заяву, що вони випустять працюючий прототип електромобіля з твердотельним акумулятором нового типу. Цей тип акумулятора повинен вирішити головну проблему електромобілів – запас пробігу і швидкість заряду. Науковці компанії Toyota розробили ячейки такої батареї у формі невеликих пластин, які ізольовані у спеціальних мішочках і зібрані в окремих модулі. Новий твердотельний акумулятор Toyota повинен повністю заряджатись за 15 хвилин, забезпечувати високу удельну густину, великий термін експлуатації, безпеку і можливість експлуатації при екстремальних температурах.

Висновки. З розглянутих акумуляторних батарей, найбільш підходящими для використання в сегменті легкових транспортних засобів є батареї на основі літію через високу енергоємність і велику кількість циклів заряду-розряду. Разом з цим виділяються два основних недоліки - це висока вартість і падіння ємності при експлуатації при низьких температурах, що характерно для кліматичної зони України.

Виходячи з наведених показників якості літій-залізо-фосфатні акумулятори перевершують інші через велику кількість циклів заряду-розряду. Решта два типи літійових батарей знаходяться приблизно на одному рівні з нікель-кадмієвим та нікель-метал-гідридним акумуляторами.

Література

1. Багоцкий В. С. Химические источники тока / В. С. Багоцкий, А. М. Скудин. -М. : Энергоиздат, 1981. - 360 с.
2. Никель-кадмиевый аккумулятор [Електронний ресурс] -Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Никель-кадмиевый_аккумулятор (Дата звернення: 15.05.2018).
3. Раков В. А Эксплуатация и обслуживание автомобилей с гибридными силовыми установками: монография / В.А. Раков. - Вологда: ВоГУ, 2014. - 143 с.
4. Кутов В. Высоковольтная батарея Toyota Prius / В. Кутов : Легион-Автодата, 2009. - с. 1-5.
5. Режим доступу: <https://rozetked.me/articles/15080-grafenovye-batarei-cto-eto-takoe-i-pochemu-za-nimi-buduschee>.