

Opponensi Bírálati vélemény

Csomós Bence: „Korszerű elektrokémiai energiatárolók modell alapú állapot detektálása és határfok vizsgálata” című PhD értekezéséről

1. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAVÁLASZTÁSÁRÓL

Az energiatárolás napjaink legfontosabb kérdései és problémái közt szerepel, ugyanis szinte minden elektronikai alkalmazásnak része az energia átalakítása, tárolása és újrafelhasználása. Az energiatárolás egyik leggyakrabban alkalmazott módja az akkumulátorok használata, amelyek számos közlekedési és mindennapos használati eszközben megtalálhatóak. Sokfajta elektrokémiai összetételt alkalmaznak a gyártó cégek és a Li-ion, illetve lítium vegyületet tartalmazó akkumulátorok egyike a modern vegyi összetételeknek, így ezek analízise időszerű. Az általánosan használt indikátorok (státusz jelek) pl. a töltöttségi állapot SOC (State of Charge), fitneszségi állapot SOH (State of Health), öregedettségi állapot SOL (State of Life) vagy rendelkezésre állási állapot SOF (State of Fuction, mint pl. indíthatóság...) nem megfelelőek az anyagszerkezeti paraméterek gyors megbízható analízisére, mivel ezek általánosított állapotbecslésre és az akkumulátor állapotparaméterek tömörítésére szolgálnak. Ennek tükrében ajánlott, egy a részleteiben az elektrokémiai komponensekre fókuszáló paraméterbecslő kidolgozása.

Csomós Bence „Korszerű elektrokémiai energiatárolók modell alapú állapot detektálása és határfok vizsgálata” című munkája elméleti és gyakorlati szempontból is jelentős, illetve modern területre koncentrálódik, így a választott kutatási téma vitathatatlanul időszerű.

2. AZ ÉRTEKEZÉS CÉLKITŰZÉSÉRŐL

A Jelölt fő célkitűzése az impedancia (EIS) mérésekhez helyettesítő áramköri modell paramétereinek illesztése, illetve a modell kibővítése a nem ideális – ún. nem-fickiánus – folyadékfázisú diffúzió modellezéséhez, amely általában a kritikus pont. A megalkotott modelltől számításokon keresztül meghatározta a 18650-es Li-ion cella fizikai paramétereit, mint az $D_i, 0$, A_{sep} , L_{cell} és D_s .

A részleteiben bemutatott irodalomkutatás és technológiai háttér ismeretében kijelenthető, hogy a dolgozat *nagymértékben épít a szakma legújabb elméleti és gyakorlati ismereteire, így összességében elmondható, hogy mind elméleti, mind gyakorlati szempontból a témaválasztás és a Jelölt célkitűzései időszerűek és élénk tudományos érdeklődésre tarthatnak számot.*

3. AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSÉRŐL

Az értekezés kivonatokkal és az irodalomjegyzékkel, 114 oldalból áll, mely az érdemi munkát *8 fejezetre* tagolva (melyek további alfejezetekre tagolódnak) mutatja be. A dolgozat nem olvasmányos, rendkívül tömör, viszont szakmailag magas színvonalú. Elírásokat a szövegben találni, de nem számottevőek. Táblázatok és grafikonok nagyrészt hasonlóak, minimális eltérés van, mint pl. a 4. táblázat, amely különbözik az összes többitől. A fenti javaslatok és elírások ellenére az értekezés megfelel mind a formai, mind a tartalmi követelményeknek.

Az irodalomjegyzék 143 hivatkozást tartalmaz az értekezés által felölelt szakterületek jelentősebb forrásmunkáinak felsorolásával.

Az *1. bevezető* fejezet bemutatja a témaválasztás motivációs háttérét, illetve rendkívül részletes irodalomkutatást ismerteti az akkumulátorok modellezési módszereiről. A *2. fejezet* taglalja a Li-ion akkumulátorok modellezési környezetét. Kezdve az akkumulátorok fő reakcióit és alkalmazott anyagait az anód, katód, elektrolit és elválasztó szeparátor tekintetében. Bemutatásra kerül a fizikai felépítése egy 18650-es típusú cellának, illetve ismertetésre kerülnek az akkumulátorok feszültség áramkarakterisztikái. Ezután a szerző ismerteti a DFN (Doyle-Fuller-Newman) modellt és annak elméleti háttérét, részletes matematikai háttérrel ír le a tömeg- és töltés-

megmaradás területeihez. A 2.9-es alfejezet a termikus és elektrokémia modellezés fajtáit mutatja be, ismertetésre kerülnek az akkumulátorok 1D, 1D DFN, p2D, 2D 3D modelljei. A részletes irodalmi áttekintés és hivatkozások bemutatása a 3. fejezetben is folytatódik.

A **3. fejezetben** kerül bemutatásra 18650-es cella kiválasztásának oka és a vizsgálatok során alkalmazott anyagi paraméterek ismertetése.

A **4. fejezetben** bemutatja az alkalmazott mérési környezetet és a mérések műszereit.

Az **5. fejezetben** a cellához legjobban illeszkedő villamos paraméter keresést mutatja be a szerző, majd kifejti a Randles-áramkörök alkalmazhatóságát annak előnyeivel és hátrányaival. A hat különböző modell esetében az 1, 2 és 6. modellnél használ Warburg-elemet. Ezek a modellek segítik felállítani az első tézispontot. A fejezet tartalmazza ezen felül a különböző paraméterek regresszióját az EIS mérési adatokra, amelyeket a különböző töltöttségi szinteken is elvégzett.

A **6. fejezetben** a legmegfelelőbbnek vélt helyettesítő áramkör segítségével az elektrokémiai paraméter becslési folyamat szempontjából legfontosabb diffúziós részt elemzi. Az EIS mérés alapján paraméterillesztéssel meghatározásra kerülnek a cella modellezéséhez tartozó elektrokémiai és geometriai paraméterek. Ezt követően egy valós mérés eredménye kerül összehasonlításra egy DNF szimulációval.

A **7. fejezetben** bemutatásra kerültek a különböző termikus szimulációkhoz tartozó modellek és ezek összehasonlítása, amelyekkel a szerző szimulációkat készített, illetve hő kamerás mérések is készültek a valós cella hő eloszlásáról.

A **8. fejezetben** ismerteti a szerző, hogy mennyire alkalmazható a szimulációs környezetben előállított akkumulátor üzemi adatok mesterséges intelligencián nyugvó kapocsfeszültség becslő algoritmus.

Külön kiemelem a tézispontok előtt összefoglalt tudományos hozzájárulások hasznosságát az olvasó számára.

Összességében megállapítható, hogy az értekezés a formai és tartalmi követelményeknek megfelel. A Jelölt saját munkája és az azt megalapozó elméletek, módszerek jól elkülönülnek egymástól.

4. TARTALMI ÉSZREVÉTELEK, KÉRDÉSEK

A dolgozat tartalmi része megfelelő. Elemző módon dolgozza fel a fontosabb irodalmakat, felhasználja ezek tudományos eredményeit, sőt mint írja néhány dolgozat motivációt is ad számára.

Ennek megfelelően, nincs kérdés a tartalmi részt illetően.

5. NYILATKOZAT AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEIRŐL

A Jelölt tudományos eredményeit három különálló téziscsoportban foglalta össze, amelyek tartalmazzák a dolgozatban részletesen bemutatott tudományos eredmények lényegi elemeit.

Ismétlésük helyett a lényegüket emelném ki az alábbiakban:

Az első téziscsoport fő értéke a különböző modellek vizsgálata, fókuszálva a diffúziós jelenségek azonosítására és az általánosított Warburg-elem hatásának definiálása.

A második téziscsoport fő értéke az akkumulátor elektrokémiai, illetve geometriai paraméterek modellezésből származtatott meghatározása és ezek ellenőrzése a DNF-modell valamint valós mérés összehasonlításával.

A harmadik téziscsoport fő értéke, hogy a szabványosított teszt szimulációkhoz felhasználható komplex modellt alkotott, amely töltöttség és/vagy üzemidő becslésre alkalmazható.

Minden téziscsoport kapcsán a jelölt részletes összehasonlító vizsgálatokat végzett az általa javasolt megoldások és referenciamérések közt.

Fentiek alapján a tézisszerű megállapításokat kellően megalapozottnak találtam és jelenlegi formájukban elfogadhatónak tartom.

6. NYILATKOZAT A JELÖLT PUBLIKÁCIÓS AKTIVITÁSÁRÓL

A tézisek alátámasztására 3 tudományos közleményt sorol fel a szerző, amelyek szorosan köthetők az értekezés témájához és a tézisekhez. Ezek között kettő rangos nemzetközi folyóiratcikk (Energies, Journal of Energy Storage), így megállapítom, hogy a publikációs minimumkövetelményeket teljesíti.

7. JAVASLAT A NYILVÁNOS VITA, VÉDÉS KITŰZÉSÉRE

Összességében úgy vélem, hogy a Jelölt bizonyította jártasságát a tudományterületen, kutatói igényességét jellemzi, hogy elméleti megállapításait igyekezett mind szimulációs, mind mérési eredményekkel alátámasztani, így az értekezést elfogadásra javaslom.

Szombathely, 2024.03.03.

Dr. Kovács László