

VYUŽITÍ LI-ION BATERIÍ ELEKTROMOBILŮ JAKO STACIONÁRNÍ ÚLOŽIŠTĚ ELEKTRICKÉ ENERGIE

Marek Sedlařík¹⁾, Martin Mačák¹⁾, Petr Vyroubal¹⁾

¹⁾Ústav elektrotechnologie, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně,
Technická 10, 616 00 Brno, tel.: +420 54114 6199, mail: Marek.Sedlarik@vut.cz

Abstract: *Due to the continual increase in the number of electric vehicles, the question of processing used batteries arises. Recycling, which is usually the first choice, is still not resolved on a mass scale. However, used batteries from electric and hybrid vehicles still have 80% of their original capacity and can therefore still find use in other applications. This article deals with the application of used EV batteries in second-life stationary energy systems. This way, it is possible to extend the useful life of batteries, which further increases the attractiveness of electromobility.*

Summary: *A general introduction to the problem of used batteries from electric vehicles and repurposing them for another applications in field of stationary energy systems that are managed by digital twin.*

Key words: *Second-life, battery, digital twin, electric vehicle.*

1 ÚVOD

V posledních letech prudce narůstá poptávka v oblasti elektromobility v odezvě na nová nařízení EU, jež zakazují využití automobilů se spalovacím motorem po roce 2035. Tato nařízení vzešla v důsledku obav nadměrných emisí ze spalovacích motorů, a tedy i celkovému znečišťování životního prostředí. V rámci ekologického pohledu elektromobility jsou nejvíce probíraným tématem lithium-iontové baterie, jež poskytují potřebnou elektrickou energii pro daný výkon elektromobilu. Pro dostatečné využití v elektromobilech mají tyto baterie definovanou určitou životnost, v závislosti na poklesu jejich kapacity, kdy je lze ještě využít v této oblasti. Životnost lithium-iontové baterie je ovlivněna stárnutím, které je spjato s vícero degradačními procesy jako je například tvorba pevné vrstvy SEI (Solid Electrolyte Interface) na rozhraní elektrolyt-elektroda, oxidace elektrolytu, růst dendritů, rozpad vnitřní struktury a další parazitické reakce, jež způsobují ztrátu lithia. Všechny tyto aspekty mají za následek degradaci baterie, což se projevuje zvýšením celkové impedance a snížením kapacity. [1]

Většina těchto lithium-iontových baterií z elektromobilů při poklesu kapacity na 80 % končí na skládce. S nárůstem počtu vyřazených baterií přichází jejich masová recyklace, která je velice nákladná a doposud není možné dosáhnout plné recyklace těchto baterií. Velká část vyřazených baterií lze však využít v jiných aplikacích, například v oblasti stacionárních úložišť. Takto využitá akumulátory jsou označovány jako second-life baterie. Jejich využitím pro další účely, lze zmírnit celkový dopad těchto baterií na životní prostředí, rovněž zmírnit náklady na recyklaci baterií. V oblasti stacionárních úložišť mohou vyřazené lithium-iontové baterie poskytnout stabilní zdroj elektrické energie v případech, kde je dodávka variabilní, například v oblasti obnovitelných zdrojů, a dále je možné tímto způsobem pokrýt dodávku elektrické energie v době výkonových špiček.

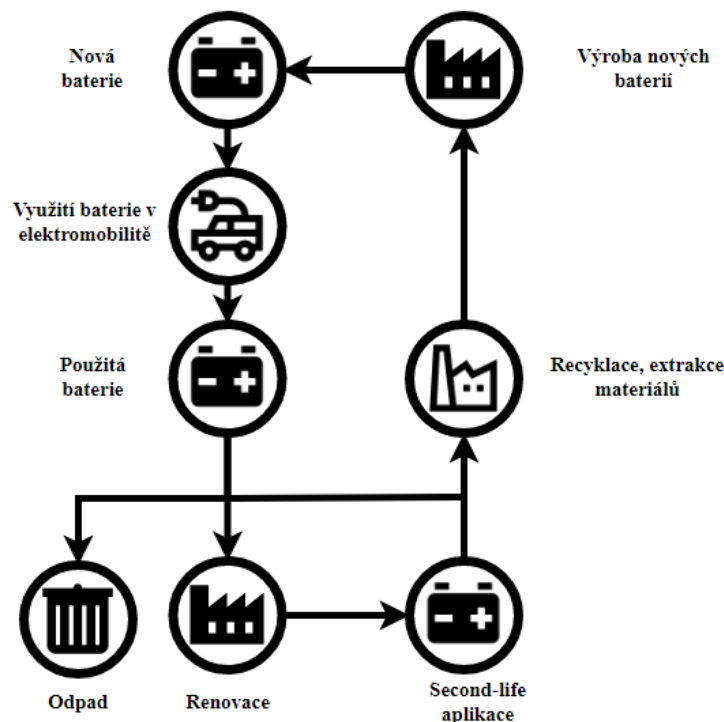
2 SECOND-LIFE BATERIE

Na konci prvního životního cyklu lithium-iontové baterie neboli jejího primárního využití pro elektromobilitu (viz Obrázek 1), je zkontrolován celkový stav baterie, kde je posouzeno, zda jsou baterie poškozené a je nutné vyhodit či zneškodnit, a dále recyklovat nebo zda je možné baterie využít v dalších aplikacích. Baterie se pak posuzují z hlediska jejího napětí, kapacity a stavu životnosti baterie (State of Health). Tato životnost je dána podílem kapacity baterie v testovaném období ku kapacitě, jež baterie nabývala na počátku prvního životního cyklu. Baterie, jež nabývají životnosti SoH přibližně 80 % již není možné použít pro elektromobilitu. Posouzení použitelnosti baterie na základě SoH je však variabilní v závislosti na daném vozidle. Některá vozidla však mohou mít nižší požadavky na zatížení baterie a lze je tak využít opět v oblasti elektromobility. Ostatní akumulátory lze dále využít v oblasti stacionárních úložišť, jako je pokrytí špičkového zatížení nebo uložení energie v ostrovních systémech. Baterie lze také rozdělit na jednotlivé články, které lze využít v menších elektronických zařízeních.

Stacionární úložiště lze využít pro uchování elektrické energie v oblasti obnovitelných zdrojů, kde není konstantní dodávka elektrické energie do sítě. Například větrné elektrárny jsou přerušovaným zdrojem energie, kde je obtížné určit, zda v dané období budou tyto zdroje elektrické energie v provozu či nikoliv. V této oblasti lze baterie uplatnit k regulaci přerušované dodávky elektrické energie generované větrnými elektrárnami.

Elektrina generovaná za pomoci fotovoltaických článků má opět nevýhodu v kolísání dodávaného výkonu v průběhu roku. V určitém období nastává přebytek elektrické energie dodávaný fotovoltaikou v zimním období to může být nedostatek díky vytápění. V kombinaci se stacionárním úložištěm lze zvýšit efektivitu tohoto systému a prodloužit tak dodávku elektrické energie v daném období. V takové kombinaci není nutné použít konvertor pro nabíjení baterií, jelikož výstupem fotovoltaického článku je stejnosměrný proud.

Jestliže mají stacionární systémy elektrické energie spolehlivě fungovat, musí být použité baterie rovněž degradovány, aby se minimalizovalo nerovnoměrné stárnutí jednotlivých článků. Identifikace baterií s obdobným stářím (SoH) může být náročná. Analýza může být provedena v rámci souhrnu prvního cyklu baterie, kde působila v elektromobilitě. Tedy porovnání počtu najetých kilometrů a jakým podmínkám byla baterie v tomto období vystavena. Další možností analýzy může být elektrochemická impedanční spektroskopie (EIS), což je experimentální měřicí metoda, kterou lze určit vlastnosti elektrochemického systému. V rámci této metody působí na zkoumaný objekt harmonický sinusový signál s nízkou amplitudou a následně je měřena odezva na tento generovaný vstupní signál. [2]



Obrázek 1: Životní cyklus baterie.

Second-life baterie se jeví z ekonomického hlediska jako vhodným řešením pro jejich další využití, jelikož pořízení nových baterií pro stacionární úložiště je daleko nákladnější než využití použitých baterií z elektromobilů. Další výhodou je využití v oblasti, kde mohou baterie sloužit řadu dalších let, než aby byly zlikvidovány nebo nákladně recyklovány.

3 VYUŽITÍ DIGITÁLNÍHO DVOJČETE V OBLASTI STACIONÁRNÍCH ÚLOŽIŠŤ

S nárůstem stacionárních úložišť je třeba zdokonalit management takového systému. Celková životnost systému pak závisí na použitých materiálech, návrhu a podmínkách v němž se nachází. V rámci bateriového úložiště je přítomný battery management system (BMS), jenž hlídá podbíjení, přebíjení a teplotu jednotlivých článků na nichž také vyrovnává napětí na stejnou úroveň. BMS však neanalyzuje stárnutí jednotlivých baterií, což je z hlediska spolehlivosti u second-life baterií primárním cílem pro zvýšení jejich životnosti. Se znalostí bateriové degradace, modelovými nástroji a diagnostikou systému lze vytvořit takové simulační prostředí, kde lze predikovat daný stav baterie v určitém období za využití strojového učení. Touto metodou lze vytvořit redukovaný model ROM, který matematicky reprezentuje fyzický objekt. V závislosti na počtu parametrů získaných z reálného objektu je udána shoda mezi reálným systémem a digitálním modelem, jež se nazývá digitální dvojče. Takový digitální systém, který je téměř identický reálnému úložišti jej umožňuje do jisté míry spravovat a tím i prodloužit jeho životnost. Digitální dvojče sleduje objekt v reálném čase, simuluje jeho chování a predikuje chybové stavy v průběhu životního cyklu sledovaného systému. V rámci spolehlivosti je vhodným řešením digitální dvojče využít v oblasti stacionárních úložišť, kde figurují vyřazené baterie a zabránit tak náhlým chybovým stavům a

poškození takového úložiště. Chybovými stavy mohou být přehřívání bateriového systému, zkrat akumulátoru či jeho náhlá degradace. [3]

4 ZÁVĚR

Použité lithium-iontové baterie z oblasti elektromobility mohou najít své uplatnění v second-life aplikacích jako jsou stacionární úložiště. Zde je možné jejich využití za předpokladu, že nejsou poškozeny, aby nedošlo k rozsáhlým škodám celého systému a jejich degradace musí být obdobná jako u ostatních baterií v systému, aby nedocházelo k nerovnoměrnému stárnutí akumulátorů. Stacionární úložiště lze zastřešit digitálním dvojčetem, jež simuluje chování bateriového systému a dokáže predikovat chybové stavy na základě těchto simulací. Celý management takového úložiště může být tímto krokem velice zefektivněn a je možné dosáhnout tak jeho delší životnosti.

Na základě zmíněných poznatků je pak zřejmé, že využití použitých baterií má mnohem lepší dopad na životní prostředí a lze tak dosáhnout bez uhlíkové budoucnosti za pomoci elektromobility. Tímto je též ovlivněn celkový ekonomický dopad na vybudování stacionárních úložišť, jež se využívají pro aplikace v rámci obnovitelných zdrojů či pokrytí výkonových špiček u dodávky elektrické energie.

Poděkování

Tato práce byla podporovaná grantem specifického výzkumu VUT (projekt č. FEKT S-20-6206).

LITERATURA

- [1] TIAN, Jinpeng, Rui XIONG, Weixiang SHEN a Jiahuan LU. Data-driven battery degradation prediction: Forecasting voltage-capacity curves using one-cycle data. *EcoMat* [online]. 2022, 4(5) [cit. 2022-10-09]. ISSN 2567-3173. Dostupné z: doi:10.1002/eom2.12213
- [2] UOTILA, Tiia. Second-life use of electric vehicle batteries [online]. Faculty of Information Technology and Communication Sciences, 2020. Dostupné z: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/122474/UotilaTiia.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Bakalářská práce. Faculty of Information Technology and Communication Sciences. Vedoucí práce Tomi Roinila, Assistant Professor.
- [3] LI, Weihang, Monika RENTEMEISTER, Julia BADEDA, Dominik JÖST, Dominik SCHULTE a Dirk Uwe SAUER. Digital twin for battery systems: Cloud battery management system with online state-of-charge and state-of-health estimation. *Journal of Energy Storage* [online]. 2020, 30. ISSN 2352152X. Dostupné z: doi:10.1016/j.est.2020.101557