



Co je co?

Stručný slovník pojmů
k velkokapacitním
bateriovým systémům

e-on



Vždycky uvádíme běžný český název.
Jeho anglický ekvivalent a jednotky najdete
v hranaté závorce. Když to jde, přidáváme
i příklady, a to zejména z baterie v Mydlovarech.

Z čeho se baterie skládá

Bateriový článek (*Battery Cell*)

Čistě technicky by se mělo místo slova „baterie“ používat spojení „baterie článků“. Základním stavebním kamenem každé baterie je totiž právě článek. Pak rozlišujeme:

- **Primární článek:** Dodává elektrickou energii, ale nelze ho zpětně dobít. Takovým článkem je nejlevnější tužková baterie; našim potřebám nevyhovuje a dál se jím zabývat nemusíme.
- **Sekundární článek:** Lze ho nabíjet i vybíjet – tyto články tvoří základ baterie v Mydlovarech.

Existuje celá řada článků v závislosti na jejich chemickém složení: olověné, nikelmetalhydridové, lithium-polymerové a mnoho jiných.



V Mydlovarech používáme sekundární články typu Lithium-Ion, podtyp NMC. Výrobce článků je Samsung.

Bateriový modul (*Battery Module, někdy také Tray*)

Jednotlivé články mají pro většinu aplikací příliš nízké parametry pro energetické účely, proto se ještě ve výrobním závodu spojují do nerozebíratelných bateriových modulů. Tyto moduly pak tvoří základ všech dalších aplikací. Články lze spojovat do série (tím zvyšujeme napětí výsledného modulu a zachováváme proud) nebo paralelně (tak zvyšujeme proud výsledného modulu a zachováváme napětí). Neexistuje jednotný nebo nejlepší způsob, každý výrobce má vlastní postup.



Baterie v Mydlovarech je taky seskládána z modulů. Když někdy nastane problém s baterií, většinou se týká jednoho konkrétního modulu. Servisní technik nefunkční modul najde, vymění za nový a závadný pošle výrobci k analýze.

Bateriová skříň (*Battery Stack, někdy také String*)

Stejně jako články i moduly je možné kombinovat sériově nebo paralelně. Kombinaci modulů říkáme **bateriová skříň**. Poznávacím znakem skříně je to, že je nad ní počítačový dohled – stav modulů hlídá BMS (Battery Management System – vysvětlíme v oddíle Další prvky baterie). Kdybychom stav modulů nehlídali pečlivě, může se stát, že porucha jednoho modulu povede k poškození dalších, což by mohlo způsobit velké škody.



V Mydlovarech je jedna skříň tvořena deseti moduly zapojenými do série.

Bateriový oddíl (*Battery Rack*)

Když budeme ze skříní tvořit další kombinace a zapojení, dostaneme se k parametrům výkonu a kapacity, které nám vyhovují a se kterými už můžeme dál pracovat samostatně. Takové kombinaci říkáme **oddíl**. Každý oddíl má vlastní výkonový měnič a je možné připojit ho k distribuční síti. „Baterie“ je tak tvořena souborem všech oddílů.



V Mydlovarech máme dva oddíly a každý z oddílů se skládá z dvanácti paralelně zapojených skříní.

Další prvky baterie

Výkonový měnič (*Power Converter, PC*)

Tento prvek mění stejnosměrný proud, se kterým pracuje baterie, na střídavý proud se stejnou frekvencí, jaká je v distribuční síti. U nás je to 50 Hz.



Každý bateriový oddíl v Mydlovarech má vlastní měnič s výkonem 800 kVA. Měniče umí pracovat jak s činným, tak s jalovým výkonem. Ze stejnosměrné strany baterie měnič pracuje s napětím jednotlivého oddílu (to kolísá a pohybuje se v rozmezí 760 V – 910 V), na střídavé straně pak udržuje napětí typické pro třífázovou síť NN (400 V).

Výkonový transformátor (Power Transformer)

Velkokapacitní baterie typicky operují s výkony, které jsou vhodné pro sítě vysokého napětí (v Česku 22 kV). Přímý měnič DC/22 kV by byl ale příliš nákladný, proto používáme měnič s napětím střídavé strany 400 V. Toto napětí pak na úroveň 22 kV proměníme pomocí klasického transformátoru, jaký se v distribuční síti používá běžně, a proto je i cenově dostupnější.



Transformátor v Mydlovarech má nominální výkon 1 250 kVA.

Spínací prvky – odpínače a vypínače (Switch, Circuit Breaker)

Spínací prvky nám umožňují bezpečnou manipulaci s baterií a její připojení a odpojení od sítě. Vypínač slouží k bezpečnému odpojení baterie i v případě poruchy. Je spojen s elektrickou ochranou, která takovou poruchu odhalí a vypne. Odpínač baterii připíná a odpíná během bezporuchového stavu.



Spínací prvky pro baterii v Mydlovarech dodává výrobce Siemens.

Měřicí přístroje (Measurement Devices)

Tyto přístroje měří veličiny elektrického napětí a proudu. Z nich pak můžeme dopočítat celý elektrický stav baterie. Měří se jak na stejnosměrné straně, tak na střídavé straně nízkého i vysokého napětí. Další měřicí čidla hlídají teplotu článků, měničů i okolí.

Battery Management System

Tento průmyslový počítač hlídá stav skupiny článků. Jeho cílem je řídit proces nabíjení a vybíjení tak, aby žádný z článků nebyl přetěžován. Zároveň BMS detekuje různé anomálie (teploty, napětí atd.) a upozorňuje na ně.



V Mydlovarech má každá skříň vlastní BMS.

Energy Management System

Tento program je zodpovědný za řízení činnosti celé baterie – kdy a jak se má nabíjet a vybíjet, jakým výkonem, s jakým účínkem. Může fungovat automaticky, nebo přijímat pokyny od obsluhy zařízení. V závislosti na tom, k čemu se baterie používá, je schopen fungovat v různých režimech (např. P(f), Q(U), P(U) a jiné). Zároveň tento systém zajišťuje místní i dálkovou komunikaci s obsluhou, dispečinkem nebo servisem.

Podpůrná zařízení (Ancillary Devices)

Patří sem například klimatizace, topení, osvětlení, alarmy a další zařízení, která zajišťují chod celého úložiště. Baterie, zejména typu Lithium-Ion, jsou totiž citlivé na okolní teplotu a příliš nízké nebo vysoké teploty je mohou poškodit.

Technické parametry

Napětí (Voltage) [V]:

Velikost napětí článku se během jeho používání mění. Můžete se setkat s těmito pojmy:

- **Nominální napětí** (*Nominal voltage*): Referenční hodnota, ze které se stanovuje jmenovitý výkon článku.
- **Napětí naprázdno** (*Open-Circuit voltage*): Napětí článku, který nenapájí žádnou zátěž, zpravidla je to nejvyšší hodnota napětí, která na článku vzniká, pokud zrovna nedochází k jeho nabíjení.
- **Cut-off napětí** (*Cut-off voltage*): Nejnižší přípustná hodnota na článku. Ještě nižší hodnota by už mohla vést k poškození baterie. Má-li napětí článku tuto hodnotu, BMS ho vyhodnotí jako plně vybitý a odpojí ho. Řada výrobců nebo dodavatelů bateriových systémů raději ponechává rezervu a článek odepíná i u vyšších hodnot napětí.
- **Nabíjecí napětí** (*Charge voltage*): Optimální velikost napětí, během kterého by měla být baterie nabíjena do své plné kapacity.
- **Udržovací napětí** (*Float voltage*): Pokud je baterie nabita a čeká na vybíjení, tato hodnota udržuje maximální hodnotu energie v baterii a kompenzuje samovybíjení.

Proud (Current) [A]:

- **Maximální trvalý proud** (*Maximum Continuous Current*): Nejvyšší hodnota proudu, kterým se může baterie vybíjet nebo nabíjet, aniž by došlo k jejímu poškození. Někdy je označována jako jmenovitý proud, nicméně baterii můžeme bez problémů nabíjet nebo vybíjet i nižším proudem.
- **Maximální proud přetížení** (*Maximum Pulse Current*): Hodnota proudu, kterou je baterie schopna krátkodobě vydržet, aniž by došlo k jejímu poškození. Většinou jde o úseky kratší než 30 s.

Jmenovitý výkon P (Nominal Power) [W]

Vypočítává se jako **nominální napětí x maximální trvalý proud**.

Jmenovitá kapacita C [Wh]

Základní parametr baterie, který udává, kolik energie je baterie schopna pojmout, když ji budeme nabíjet maximálním trvalým proudem.

Někdy se udává v Ah a je nutné tuto hodnotu vynásobit jmenovitým napětím článku nebo baterie – pak dostaneme kapacitu ve Wh.

c-parametr (c-rate) [-]

Je definován jako

$$c = \frac{\text{hodnota (P)}}{\text{hodnota (C)}}$$

Dá se z něj určit doba, která je nutná k nabití nebo vybití baterie. Pokud má například baterie hodnotu c-parametru 1, vybíjení maximálním trvalým proudem ji vybití za hodinu. Pokud by měla c-parametr třeba 0,1, vybití se maximálním trvalým proudem za 10 hodin. Tento bezrozměrný parametr nám říká, jestli je baterie určena spíše na krátkodobé ($c > 1$) nebo na dlouhodobé ($c < 1$) ukládání energie.

U modulů Li-Ion je c-parametr kolem hodnoty 1 a výkon je tedy spojen s kapacitou. C-parametr se vhodným zapojením dá zvyšovat a Li-Ion je tak vhodnou technologií pro úložiště, kde jsou na tento parametr požadovány vysoké hodnoty. Pro baterie s nízkými c-parametry a na dlouhodobé ukládání jsou vhodnější jiné technologie (např. Redox-Flow).

Vnitřní odpor baterie (Internal Resistance) [Ω]

Parametr, který určuje velikost ztrát energie v baterii, tedy energie, která se bez užítu mění v teplo a může poškodit článek. Vnitřní odpor závisí na chemickém složení a vnitřním zapojení článku. Čím je článek starší a používanější, tím se jeho hodnota zvyšuje a nakonec způsobí, že baterie přestane fungovat.

Účinnost baterie (Efficiency) [%]

Účinnost je obecný pojem, který říká, kolik % z uložené energie je z bateriového systému možné po uložení získat zpátky (například vrátit do sítě).

Zbytek energie se zpravidla zmaří proměnou v teplo. V případě bateriového systému se pak do účinnosti započítávají i ztráty v měničích a transformátoru i energie využitá podpůrnými a řídicími systémy. Účinnost je důležitým parametrem pro porovnání jednotlivých technologií ukládání energie.



Baterie v Mydlovarech má garantovanou účinnost 85 %. Pro porovnání: přečerpávací vodní elektrárny dosahují 70 až 75 %, průtočné baterie 60 až 65 % a akumulární jednotka od Tesly v Austrálii má 82 %.

Stav nabití baterie (*State of Charge – SoC*) [%]

Uvádí, kolik % energie z maximální možné je aktuálně v baterii.

Hloubka vybití baterie (*Depth of Discharge – DoD*) [%]

Jde o reverzní parametr k SoC. Uvádí, kolik % energie bylo z baterie vyčerpáno.

Samovybíjení baterie (*Self Discharge*) [%]

Tento parametr udává, kolik % z uložené energie se vybije za danou časovou jednotku, typicky to bývá měsíc. Baterie typu Li-Ion mají poměrně malé samovybíjení (zhruba 0,2%).

Životnost baterie (*Shell Life*) [roky]

Jak dlouho je možné baterii provozovat nebo skladovat, než dojde k ohrožení funkčnosti.

Počet cyklů baterie (*Cycle Life*) [# cyklů]

Kolik cyklů nabití → vybití → nabití baterie vydrží, než dojde k ohrožení funkčnosti. Udává se tu i hloubka vybití, pro kterou životnost platí. Typicky to bývá 100 % DoD. Vybíjením do menší hloubky se počet cyklů, které baterie může absolvovat, zvyšuje.

Stav životnosti baterie (*State of Health – SoH*) [%]

Tento parametr uvádí, kolik % energie můžeme v baterii uskladnit v porovnání s množstvím na začátku životnosti. Obvykle výrobce uvádí, že pokud SoH dosáhne hodnoty kolem 80 %, je baterie na konci své životnosti. To neznamená, že baterii nemůžeme používat. Jen musíme počítat s tím, že baterie může kdykoli přestat fungovat. Pravděpodobnost, že se to stane, totiž už překročila běžně stanovenou mez.

SoH závisí na stáří i počtu cyklů baterie.

Měrný výkon (*Specific Power*) [W/kg]

Udává, jaký výkon je baterie schopna vyvinout na jednotku hmotnosti. Tento parametr je důležitý pro posouzení vhodnosti baterií různého chemického složení nebo konstrukce pro daný účel. Je ekvivalentní s výkonovou hustotou, která se vztahuje k objemu baterie.

Měrná energie (*Specific Energy*) [Wh/kg]

Udává, kolik energie je baterie schopna pojmout na jednotku hmotnosti. Tento parametr je důležitý pro posouzení vhodnosti baterií různého chemického složení nebo konstrukce pro daný účel. Je ekvivalentní s energetickou hustotou, která se vztahuje k objemu baterie.

E.ON Energie, a.s.

F. A. Gerstnera 2151/6
České Budějovice 7
370 01 České Budějovice

Zákaznická linka

800 77 33 22

eon.cz

