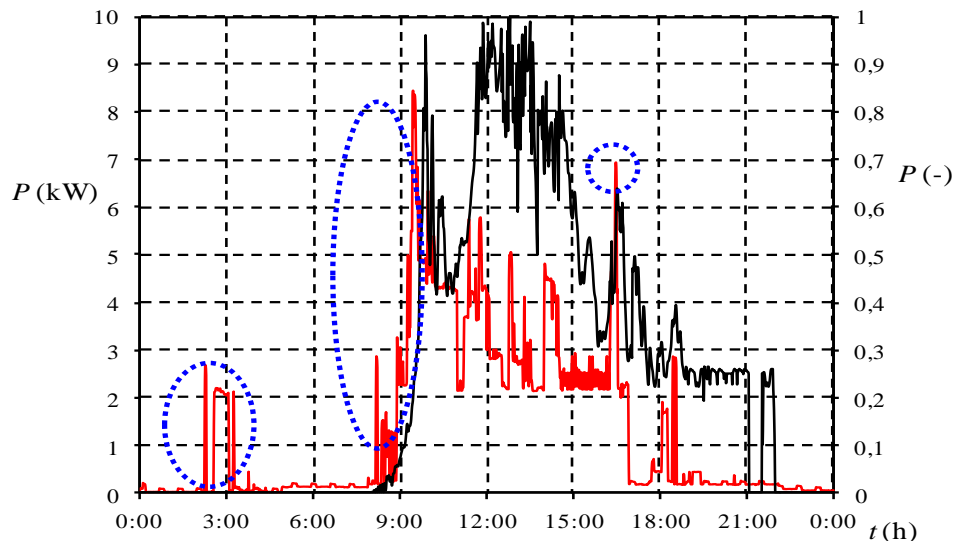


Návrh akumulčního systému

Charakter výroby hybridního zdroje elektrické energie s využitím větrné a fotovoltaické elektrárny vyžaduje pro zajištění ostrovního provozu doplnění celého napájecího systému o akumulaci elektrické energie. Správný výběr systému akumulace elektrické energie pro ostrovní systém zajistí dostatečný výkon pro pokrytí spotřeby rodinného domu a zároveň nedojde ke ztrátě elektrické energie získané v době převýšení výroby nad spotřebou rodinného domu. Velikost spotřeby elektrické energie z ostrovního systému může být v protikladu s velikostí dodávky elektrické energie z FVE a VTE. Doba nejvyššího výkonového zatížení rodinného domu se ne vždy shoduje s dostupností obnovitelných zdrojů elektrické energie, jejichž využití je v tomto případě prioritní. Příklad této nesoudobosti je uveden na obr. 1, kde černá křivka označuje vyrobenou elektrickou energii (větrná + fotovoltaická elektrárna pro vybraný den), červená křivka odpovídá skutečné spotřebě rodinného domu a modře je označená část spotřeby elektrické energie, která musí být hrazena z akumulčního zařízení, které napájí ostrovní měnič.



obr. 1 Soudobost výroby a spotřeby elektrické energie.

Vzhledem ke kolísavému výkonu hybridních zdrojů elektrické energie je nutno přizpůsobit spotřebu elektrické energie nebo část energie akumulovat. Výkon z FVE a VTE je vždy dán aktuálními klimatickými podmínkami, které se nedají ovládat. Technologií pro ukládání energie existuje celá řada, avšak každá má svoje hranice či nedostatky, díky nimž jsou jednotlivé technologie použitelné jen v určitých aplikacích, popřípadě dochází ke kombinaci více typů. Doposud žádná technologie schopná uchovat energii nemá dostatečný výkon ($\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$) a zároveň hustotu energie ($\text{W}\cdot\text{h}\cdot\text{kg}^{-1}$). Proto se vytváří systémy tvořené různými typy technologií uchovávající energii.

Podle principu uchování energie, může rozlišovat dvě skupiny:

Chemický princip akumulace energie – akumulární baterie:

- Olověné a alkalické akumulátory (Pb)
- Moderní akumulátory pracující na principu Lithium-Ion (Li-ion), Sodík-Síra (Na-S), Nikl-kadmium (Ni-Cd)
- Superkapacitory
- Průtokové baterie

Fyzikální princip akumulace energie:

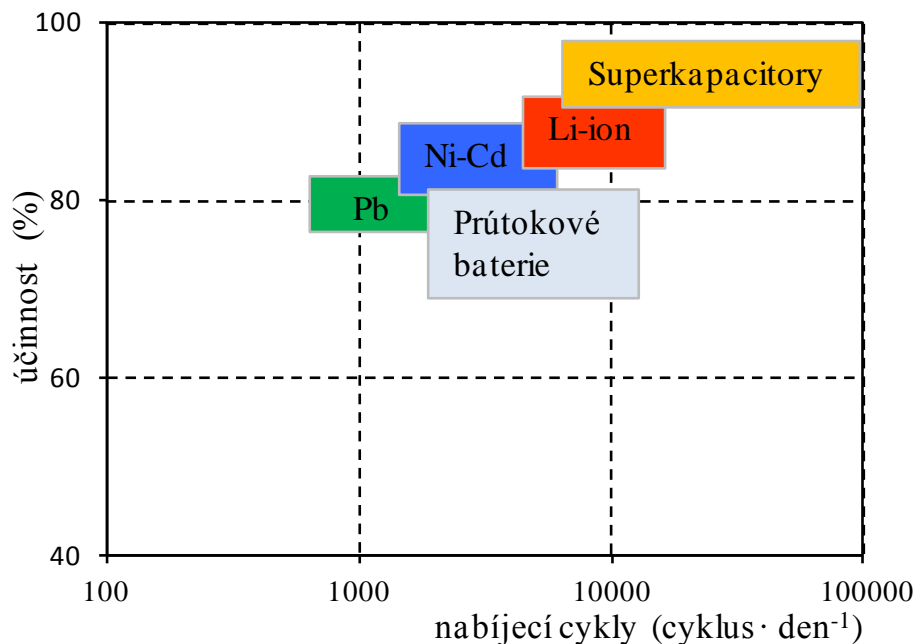
- Setrvačníky
- Přečerpávací vodní elektrárny
- Akumulace energie založená na stlačeném vzduchu

V první skupině je energie uchována v chemických vazbách elektrodového materiálu, kdy dochází k vratným reakcím elektrodového materiálu s ionty z elektrolytu. Do této skupiny patří všechny akumulární baterie a řadí se sem také superkapacitory, které umožňují krátkodobé pokrytí spotřeby elektrické energie pro spotřebiče s velmi strmým nárůstem proudového zatížení. Výhody a nevýhody jednotlivých typů akumulárních baterií jsou uvedeny v *tab. 1*. Druhá skupina využívá přeměn potenciální a kinetické energie.

tab. 1 Porovnání technologie pro akumulaci elektrické energie

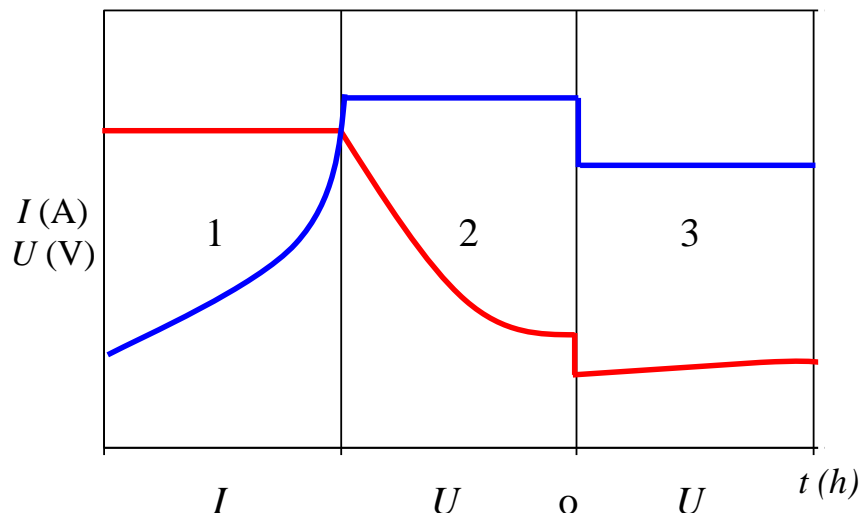
Akumulární baterie	Výhody	Nevýhody
Pb	cena, hustota energie a výkon	ekologie , účinnost
Ni-Cd	hustota energie, výkon	Ekologie, účinnost
Na-S	účinnost	vysoká provozní teplota
Li-ion	hustota energie, výkon účinnost	cena, bezpečnost
Průtokové baterie	velká kapacita, nízké náklady	nízká hustota energie
Superkapacitory	výkon, účinnost životnost	nízká hustota energie samovybíjení,cena

Pro Off-Grid systém se v současné době jeví jako nejvhodnější akumulace elektrické energie prostřednictvím akumulčních baterií. Na obr. 2 je znázorněna účinnost společně se životností jednotlivých typů akumulčních baterií.



obr. 2 Životnost a účinnost jednotlivých typů akumulčních baterií.

K nabíjení akumulčních baterií využívá většina typů ostrovních měničů tak i regulátorů nabíjení charakteristiku IUoU Active Inverter Technology. Toto nabíjení se skládá ze tří úseků. V prvním úseku se nabíjí vysokým, ovšem omezeným proudem konstantní hodnoty, řádově přes 100 A. Ve druhém konstantním napětím. Ve třetím úseku se po dostatečném stupni nabití sníží napětí na udržovací hodnotu, zpravidla kompenzovanou teplotou a to jak nabíjených akumulčních baterií, tak i teplotní kompenzací vůči okolnímu prostředí. Tento způsob nabíjení umožňuje v co nejkratším čase dobít akumulční baterie na plnou kapacitu. Tato nabíjecí charakteristika je ideální pro nabíjení z hybridních zdrojů elektrické energie jako je kombinace FVE a VTE.



obr. 3 Nabíjecí charakteristika IUoU Aktive Inverter Technology.

V první fázi nabíjení zůstává nabíjecí proud až do určitého napětí akumulčních baterií na konstantní úrovni, aby bylo zajištěno nejrychlejší možné nabití akumulčních baterií. Na konci této fáze jsou akumulční baterie nabitý na 80 % ze své maximální kapacity. Po překročení této hodnoty nabití akumulčních baterií k poklesu nabíjecího proudu. V této druhé fázi dochází k nabití baterií na 100 % své kapacity. Nabíjecí charakteristika pak přechází do režimu udržovacího nabíjení. Výhodou tohoto udržovacího nabíjení je zamezení rizika samovolného vybití při delší nečinnosti a také udržování stavu nabití akumulčních baterií na 100 %.

Na základě výsledků z analýzy spotřeby elektrické energie pro daný dům či budovu je možné navrhnout systém akumulátorových baterií a provést výpočet velikosti kapacity tak, aby byl zajištěn dostatečný objem akumulované elektrické energie. Správný výběr systému akumulace elektrické energie pro Off-Grid systém zajistí dostatečný výkon pro pokrytí spotřeby domu a zároveň to, že nedojde ke ztrátě elektrické energie získané v době převýšení výroby nad spotřebou. Volba velikosti kapacity by měla být taková, aby akumulční systém byl schopen napájet spotřebiče bez dobíjení, tedy v případech, kdy jsou meteorologické podmínky v lokalitě instalace Off-Grid systému nepříznivé. Velikost kapacity má velký vliv také na nejvyšší možný proud, který může akumulční systém dodat ostrovnímu měniči.

Na dnešním trhu existují tři hlavní druhy akumulčních baterií vhodné pro použití v Off-Grid systému, jako jsou olověné, nikel-kadmiové a lithium-iontové akumulční baterie. Výhodou nikel-kadmiové a lithium-iontových akumulčních baterií je vyšší specifická energie, oproti olověným akumulátorům, a nižší doba nabíjení. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena.

Pro návrh kapacity baterií byl zvolen postup, který je prezentován vztahem

$$C_B = \frac{(E_Z \cdot n)}{(V_B \cdot DOD_{MAX} \cdot T_{CF} \cdot \eta_B)} \quad (r. 1)$$

kde C_B je kapacita baterií, E_Z je energie spotřebovaná zátěží, n je počet dní bez dobíjení, V_B je napětí baterie, DOD_{MAX} je hloubka vybití baterie, T_{CF} je teplotní korekční faktor a η_B je účinnost baterií.

Pro navrhovaný systém je potřeba volit správné hodnoty veličin uvedených ve vztahu (r. 1).

- E_Z - volí se den s maximální spotřebou elektrické energie
- n - počet dnů, po jakou dobu musí být akumulací systém schopen napájet prostřednictvím ostrovního měniče spotřebiče bez dobíjení, tedy v případech, kdy jsou meteorologické podmínky v lokalitě instalace nepříznivé. Délka období s nízkou rychlostí větrů a se zataženou oblohou a s tím související nízkou intenzitou slunečního záření se liší dle lokalit instalace a ročním obdobím.
- V_B - napětí akumulací baterií, tato hodnota se volí podle vstupního DC napětí ostrovního měniče. Nejčastější hodnoty pomocí sérioparalelního zapojení akumulací baterií je 12, 24 a 48 V.
- DOD_{MAX} - hloubka vybití akumulací baterií, tato hodnota se pohybuje od 20 do 80 % hladiny nabití baterií a je dána typem použitých akumulací baterií.
- T_{CF} - teplotní korekční faktor, hodnota dána umístěním akumulací baterií. Teplotní korekční faktor pro umístění akumulací baterií v sklepních prostorech bez výrazných teplotních změn je roven 1.
- η_B - účinnost baterií, tato hodnota dána typem akumulací baterií a pohybuje od 50 % do 90 % viz obr. 2.

Ve fázi dimenzování velikosti kapacity akumulací baterií je potřeba vzít v úvahu velikost investice a prostorové nároky na umístění akumulací baterií. Je nutné tedy uvažovat o snížení nároků na objem elektrické energie dodávané ostrovní aplikací a stejně tak zvážit možnost snížení počtu dní, kdy musí být systém schopen napájet spotřebiče bez možnosti dobíjení, které je způsobeno nepříznivými meteorologickými podmínkami.

V tab. 2 je uveden propočít kapacity systému akumulací baterií dle vztahu (r.1) pro různé varianty délky napájení rodinného domu bez dobíjení akumulací baterií. Propočít velikosti kapacity baterií je proveden pro den s maximální spotřebou 32 kW·h a průměrnou týdenní spotřebou 15 kW·h. Napětí baterií bylo zvoleno na hladině 48 V a maximální hloubka vybití baterií bez vlivu na životnost je udávána 0,9. Pro tento modelový výpočet byla zvolena průměrná hodnota účinnosti baterií 85 %.

tab. 2 Kapacita akumulacních baterií.

Počet dní bez dobíjení	Kapacita (A·h) maximální spotřeba	Kapacita (A·h) průměrná spotřeba
12	10500	4900
10	8730	4080
8	6980	3260
6	5240	2450
4	3490	1630
2	1740	816

Z tab. 2 je zřejmé že investiční náklady do akumulacního systému neumožňuje návratnost investice za dobu provozu systému při respektování životnosti baterií. Životnost akumulacních baterií je dána typem použitých akumulacních baterií (dle typu cca 10 až 20 let), ale je také ovlivněna cyklováním (nabíjením/vybíjením). Je nutné tedy uvažovat o snížení nároků na objem elektrické energie dodávané ostrovní aplikací a stejně tak zvážit možnost snížení počtu dní, kdy musí být Off-Grid systém schopen napájet spotřebiče bez možnosti dobíjení, které je způsobeno nepříznivými meteorologickými podmínkami.

Maximální spotřeba elektrické energie, pro kterou byl prvotní výpočet velikosti kapacity proveden, nastává v jeden den v roce s maximální spotřebou elektrické energie. Tento den se výrazně liší od objemu spotřebované elektrické energie v průběhu ostatních dnů v roce, viz tab. 2. Vezmeme-li v úvahu tuto odlišnost a připustíme-li, že den s maximální spotřebou bude částečně kryt z jiných energetických zdrojů, je reálné použít pro výpočet velikosti kapacity akumulacních baterií týdenní průměrnou hodnotu spotřeby elektrické energie.

Další z možností jak snížit velikost kapacity akumulacních baterií a tím umožnit investici, které má návratnost kratší, než je doba životnosti akumulacních baterií je využití systému řízení pro hospodaření a řízení toků elektrické energie v Off-Grid systému. S využitím řídicího systému bude spotřeba rodinného domu optimalizována tak, aby bylo spínání spotřebičů, u kterých je toto možné, rozloženo na delší časové období. Tímto způsobem bude možné snížit objem potřebné elektrické energie v Off-Grid systému a tím i velikost kapacity akumulacního zařízení.