

Operatívne akumulčné prvky v energetických systémoch

Z. Dostál

Žilinská univerzita v Žiline, Elektrotechnická fakulta,

Inštitút Aurela Stodolu v Liptovskom Mikuláši,

Ul. kpt. J. Nálepku 1390,

031 01 Liptovský Mikuláš, Slovensko

E-mail : dostal@fm.uniza.sk

Anotácia:

Činnosť energetických systémov bez výpadkov, sú závislé od zásobníkov energie. V článku sú ukázané príklady zásobníkov biologických, technických alebo spoločenských funkčných celkoch. Pre obnoviteľné systémy energie, určené pre ostrovné systémy bez možnosti pripojenia do rozvodnej siete, sú tiež kľúčovo dôležité zásobníky energie. Článok také nadväzuje na problematiku publikovanú na konferencii NZEE 2012.

Analýzovaný bol elektrický akumulátor, ako krátkodobý zásobník energie pre fotovoltaický energetický systém. Akumulátor je z hľadiska prevádzky citlivý na podmienky prevádzky ako je teplota, prípadné otrasy, cyklus prevádzky, druh prevádzky, čo priamo limituje jeho životnosť.

V závere sú analyzované možné prístupy k návrhu zostavy akumulátorov pre konkrétnu aplikáciu ostrovného systému s obnoviteľným zdrojom elektrickej energie.

Annotation:

Action of energy systems without failures, are dependent on energy reserves. In the article are shown examples of reservoirs, of biological, technical or social functional units. For renewable energy systems, designed for remote area systems without connection to the grid, are also crucially important to energy storage.

It was analyzed the electric battery as short-term energy storage for photovoltaic power system. The battery's operation is sensitive to operating conditions such as temperature or vibrations, the cycle of operation, type of operation, which directly limits its lifetime.

At the article end is analyzed possible approaches to design battery assembly for a specific application of the remote area systems with renewable energy.

ÚVOD

V poslednom roku je zabezpečenie energií pre chod ekonomiky a života obyvateľov vo všetkých štátoch, je stále založený na spotrebe prevažne fosílnych palív. Vzhľadom ku politickej nestabilnosti a konfliktom v Afrike a na Strednom východe dochádza stále k rastu cien týchto komodít na svetovom trhu. Tento rast sa okamžite premieta do vývoja cien vo všetkých štátoch sveta. Súčasne spoločnosť na celom svete postihli dôsledky katastrofy jadrovej elektrárne v dôsledku zemetrasení a vlny tsunami v Japonsku.

Pokračujúce používanie fosílnych zdrojov energie spôsobuje ďalšie zmeny životného prostredia v miere, v ktorej sú používané. Alternatívou takýmto zdrojom sú obnoviteľné zdroje energie (OZE). Za obnoviteľné zdroje energie sú označené také zdroje energie, ktoré nie sú založené na fosílny podstate. Sú založené na využití takých zdrojov energie, ktoré sú dostupné a priamo alebo nepriamo závislé na slnečnom žiarení [13, 14, 15, 20].

Ide o priame využívanie slnečného žiarenia pomocou solárnych článkov, koncentračných článkov, solárnych kolektorov, ako aj nepriame využívanie slnečného žiarenia cez biomasu, geotermálne zdroje,

vodné zdroje, tepelné čerpadlá, veterné elektrárne, využitie morskej energie ap. [1, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 19, 21, 22]. Okrem zariadení získavania požadovaných foriem energií musia byť používané zariadenia na úpravu, transformáciu a krátkodobé a dlhodobé ukládanie energie [2, 3, 4, 6, 7].

DEFINÍCIA ZÁSOBNÍKOV

Termínom zásobník môžeme označiť prvok alebo zariadenie, ktoré umožňuje uložiť určité množstvo hmoty alebo energie. Forma hmoty alebo energie je špecifická podľa toho, o akom procese uvažujeme.

Funkciu zásobníka môže byť celkom nenápadná, na prvý pohľad nepovšimnutá. Preto sa môže javiť, že zásobník nie je prítomný. Pri tom je málo procesov, ktoré nemajú zásobník energie. Príkladom bezzásobníkového procesu môže byť napríklad proces výroby svetla na žiarovke, tlejivke, LED dióde a pod. Tento bezzásobníkový proces prebieha tak, že vstupuje elektrická energia na tento elektrotechnický prvok, ktorý bude vyrábať svetlo a teplo. Výroba tepla a svetla bude prebiehať len po dobu dodávky elektrickej energie. Prechodové javy neuvažujeme, pretože oneskorenie nábehu tohto procesu je

vykompenzované dosvitom. Musí platiť zákon zachovania energie. [3, 4, 5, 10].

Rovnako aj pre všetky systémy, ktoré obsahujú zásobník, musí platiť zákon zachovania energie. Všetky zásobníky v týchto systémoch ukladajú hmotu alebo energiu, ktorá je dodávaná predchádzajúcim prvkom systému. Uložení hmotu alebo energiu odovzdávajú nasledujúcemu prvku systému, ktorý je definovaným spôsobom využíva.

Zásobníky v rôznorodých systémoch

Je potrebné si uvedomiť, že takmer všetky systémy v prírode obsahujú zásobníky. Uvedme si jeden príklad za všetky.

Príkladom z biológie môže byť hociktorý živočích. Všimnime si medveďa. Celé leto sa kŕmi a vytvára si tukové zásoby na zimu. Toto obdobie môžeme definovať ako veľká výroba energie formou prijímanej potravy. Časť energie medveď spotrebuje na pohyb, ale zvyšok energie uloží do tukovej zásoby na tele, čo je ten zásobník. V zimnom období síce spí, ale po celé toto obdobie spotrebováva v tuku uloženú energiu na funkciu orgánov počas spánku.

Evidentne musí byť príjem energie taký, aby vytvoril dostatočné zásoby na dobu zimného spánku. Zásobník tak vyrovnáva tok prijímanej energie počas leta a vydávanej energie na spotrebu počas zimy. V prípade nedostatku energie, uloženej v tukových zásobách, hrozí medveďovi koniec života, to je smrť.

Každý fyzikálny, biologický alebo spoločenský systém si vytvára zásobníky na zabezpečenie svojej činnosti v čase zníženého prísunu materiálu alebo energie, alebo na realizáciu krátkodobých a intenzívnych výdajov materiálu alebo energie. Ak takýto systém používa určitý proces, napríklad spaľovanie paliva, tento proces funguje len pri dostatku paliva, v opačnom prípade je jeho funkcia ukončená. Na zabezpečenie tohto procesu je potrebné vytvoriť zásobník, ktorý eliminuje výpadky v dodávkach materiálu (paliva) [5, 16, 17, 18].

Rovnako ako iné systémy, používajúce rôzne materiály, fungujú aj všetky energetické systémy.

Zásobníky v OZE

V poslednom období vznikli elektrárne na biomasu. Ide v podstate o tepelnú elektrárňu, ktorá získava potrebné teplo zo spaľovanej biomasy, čo je bioplyn, drevná štiepka, sušina biologického pôvodu a podobne. Zásobníkom energie je zasa skládka alebo zásobníky biopaliva. Elektrárňu je tiež efektívna v nepretržitej prevádzke [8, 12, 21].

Iný druh OZE, veterné elektrárne, sú bez zásobníkov elektrickej energie a výkyvy medzi výrobou

a odberom tejto energie nie sú žiadnym spôsobom vykrývané [1, 5, 9, 13, 16, 17, 21]. Tu sú dôležité stabilné veterné podmienky.

Rovnako citlivé na meteorologické podmienky sú fotovoltaické elektrárne, ktoré sú tiež konštruované bez zásobníku. Zásobník môže byť riešený iným spôsobom v rámci celej energetickej sústavy.

Veľmi aktuálne z elektrických zásobníkov sú krátkodobé zásobníky, napr. elektrochemické akumulátory. Menej sa zatiaľ riešia dlhodobé zásobníky, meniace elektrickú energiu na inú formu, s možnosťou reverze [4, 6].

Ostrovne systémy s OZE

Pre ostrovnú prevádzku sú zdroje elektrickej energie na báze fotovoltaických článkov konštruované s elektrickým akumulátorom vo funkcii elektrochemického zásobníku.

Obnoviteľné zdroje vyrábajú elektrickú energiu počas priaznivých meteorologických podmienok. Vyrobená energia sa alebo priamo spotrebováva na prevádzku elektrických spotrebičov, alebo je uložená a na spotrebu v dobe, kedy nie je možné energiu vyrábať na OZE [5, 11, 22].

ELEKTROCHEMICKÝ AKUMULÁTOR AKO ZÁSOBNÍK ELEKTRICKEJ ENERGIE

Pri výrobe elektrickej energie pomocou fotovoltaických článkov je najvýhodnejšie uchovávať časť elektrickej energie vo vyrovnávacích elektrochemických zásobníkoch, čo predstavujú akumulátorové batérie.

Akumulátorové batérie sú značne komplikované elektrochemické zariadenie. Užívateľ a však nebudú zaujímať všetky vysoko odborné problémy. Užívateľ a budú zaujímať len parametre, ktoré hovoria koľko elektrickej energie a akým spôsobom je možné v nich uložiť a akým spôsobom sa energia zasa dá odobrať a využiť.

V praxi sa najčastejšie používajú akumulátory olovené. Štartovacie akumulátory sú vyvinuté pre použitie k benzínovým alebo naftovým motorom ako zásobník elektrickej energie na štartovanie a zabezpečenie elektrickej výbavy riadenia prevádzky motora. Pre potreby systémov OZE sú vyvíjané iné typy akumulátorov. Tieto sú určené priamo pre použitie v systémoch OZE, avšak je možné použiť aj trakčné, staničné akumulátory, v krajnom prípade aj štartovacie. Okrem olovených je možné použiť aj iný typ akumulátorov, čiže alkalické, gélové, VRLA a ďalšie. Najmä alkalické akumulátory majú čiastočne iné prevádzkové vlastnosti, je potrebné sa s nimi v prípade použitia oboznámiť [2, 3, 7].

Návrh zostavy akumulátorov pre konkrétnu aplikáciu

K návrhu zostavy akumulátorov pre konkrétnu aplikáciu je možné pristupovať z viacerých pozícií. Ak je známy charakter zdroja elektrickej energie, musí zostava akumulátorov vyrobenú energiu uložiť a postúpiť ju na spotrebiče. Iný prístup je daný súborom spotrebičov a charakterom spotreby elektrickej energie. Zostava akumulátorov musí uloženú elektrickú energiu postúpiť na spotrebiče. Ďalší prístup musí zohľadniť výdaj elektrickej energie po určitý čas, kedy je výpadok výroby elektrickej energie. Pri návrhu je potrebné riešiť aj prístup príjmu alebo výdaja špičkovej hodnoty elektrického prúdu. Prístup k návrhu zostavy akumulátorov je ovplyvnený konkrétnou riešenou situáciou, prípadne požiadavkami užívateľa.

Veľmi dôležité je stanoviť podmienky činnosti zostavy akumulátorov v konkrétnej aplikácii, ako ľahkú, normálnu alebo ťažkú. Tieto podmienky určujú aj mieru rezervy a priamo ovplyvňujú životnosť použitých akumulátorov.

Z toho vyplýva, že návrh zostavy akumulátorov pre konkrétnu aplikáciu je značne zložitá úloha. Ak výrobca ponúka okrem komponentov na riešenie zostavy OZE aj niektoré zostavy pre užívateľa, redukoval požiadavky spotrebiteľa a technické vlastnosti prvkov zostavy. Vznikla tak zostava, zvyčajne označená obchodným označením a vyjadruje niektoré svoje parametre užívateľovi. Táto možnosť je výhodná na riešenie iba niektorých požiadaviek užívateľov. Avšak ak má byť zostava optimalizovaná na konkrétny a reálny prípad, je potrebné tieto požiadavky definovať a návrh podľa toho realizovať.

V drvivom množstve prípadov sa pre nákup zostavy OZE rozhoduje užívateľ, ktorý nemusí byť v tejto problematike zorientovaný. Výrobca je schopný radiť zákazníkovi, avšak u obchodných organizácií je dostupnosť fundovanej rady otázná, pretože obchodník má iný záujem ako je záujem užívateľa či dobré meno výrobcu. Obchodník má záujem predovšetkým len predat', či už je zákazník neskôr viac alebo menej spokojný.

Využitelné množstvo elektrickej energie v akumulátore

Riešenie otázky dostupného množstva elektrickej energie v akumulátore ovplyvňuje veľa faktorov. Približný výpočet si môžeme urobiť na vybraných príkladoch akumulátorov: štartovací 44Ah a staničný alebo trakčný 100Ah.

Budeme predpokladať deklarované napätie akumulátora v oboch prípadoch 12V, rozsah nominálneho svorkového napätia od stavu hlbokého vybitia po stav plného nabitia 10,8 až 16,8V. Pre potreby výpočtov si vypočítame z tohto intervalu stredné napätie $(10,8+16,8)/2 = 13V$.

Bežný pracovný prúd je obmedzený pripojeným spotrebičom. Preto jeho hodnota sa môže meniť od nuly po maximálnu, budeme uvažovať hodnotu pri zapnutí bežnej skupiny spotrebičov. Táto hodnota je orientačná.

Špičkový prúd je zvyčajne krátkodobá hodnota. U štartovacích akumulátorov ide o štartovanie motora. Najmä v zimných podmienkach štartovací prúd raste na hodnotu až 500A, niekedy aj viac. Súčasne pri nízkej teplote klesá kapacita akumulátora a taký štart ho veľmi namáha [2, 7]. U trakčných akumulátorov musí byť špičkový prúd značne menší, nakoľko by sa akumulátor rýchlo vybil.

Využitelnú energiu, uloženú v akumulátore môžeme vypočítať pre jeden cyklus z deklarovanej menovitej hodnoty kapacity v ampérhodinách (Ah):

$$W = U \cdot I \cdot t = 13,44 \cdot 1 = 572 \text{ [Wh]} \quad (1)$$

kde U je stredná hodnota svorkového napätia, I je prúd, určený z kapacity akumulátora pre 1 hodinu, t je doba odberu energie 1 hodina.

Pre druh prevádzky akumulátora určíme množstvo využiteľnej energie a tiež množstvo energie, ktorá v akumulátore ostala, ktorú by bolo možné vybrať, avšak akumulátor by bol hlboko vybitý. Čím je ľahší druh prevádzky akumulátora, tým sa menej skraca životnosť akumulátora [2, 7]. Túto energiu je možné vybrať len v kritických situáciách. Preto sa s ňou pre normálnu prevádzku nepočíta.

V tabuľke 1 sú uvedené hodnoty výpočtu uloženej využiteľnej energie pre zvolené typy akumulátorov.

Ak je uvedené množstvo využiteľnej energie pre konkrétnu aplikáciu malé, je možné kombinovať akumulátory paralelne prípadne sériovo, čím je prevádzka systému na vyššom napätí ako 12V, prípadne väčších prúdoch. Rozhodujúce ale je to, že sa tak zvyšuje množstvo využiteľnej energie. V takom prípade už môže byť toto množstvo zaujímavé a dostatočné.

Výhody paralelných kombinácií akumulátorov je malé prevádzkové napätie, avšak značné prevádzkové prúdy. Z technického hľadiska si toto vyžaduje dostatočne väčšie prierezy vodičov na prenos prúdov, aby sa vodiče nezahrievali. Nepríjemný je ohrev spojov v dôsledku veľkých prúdov cez malé prechodové odpory.

Naopak pri sériovej kombinácii akumulátorov je vyššie prevádzkové napätie, ktoré môže byť aj

nebezpečné pri nižších prúdoch. Z technického hľadiska to znamená prenos výkonu s menšími prúdmi, avšak pri napätiach, ktoré môžu byť pre montérov nebezpečné.

Niektorá zo sérioparalelných kombinácií ale pri vyššom napätí, to je 24V, 36V, 48V, alebo blízkom napätí sa prenáša výkon pri vyšších prúdoch, ktoré ale často nemusia prekročiť hodnotu 100A.

Tab. 1: Príklad využiteľnej elektrickej energie v akumulátoroch

Parameter	Štartovací 44Ah	Staničný 100Ah	Životnosť
Deklarované svork. nap.	12 V	12 V	
Rozsah svork. nap.	10,8 ÷ 16,8 V	10,8 ÷ 16,8 V	
Stredné svork. nap.	13 V	13 V	
Pracovný prúd	10 A	10 A	
Špičkový prúd	500 A	100 A	
Energia v plne nab. akum. (Wh)	572 Wh	1300 Wh	
Lahká prev. – vyb. do 60%, tep. do +30°C	343,2 Wh	780 Wh	9 ÷ 11 rokov
Rezerva do hlbokého vybitia	228,8 Wh	520 Wh	
Normálna prev. – vyb. do 80%, tep. +30°C	457,6 Wh	1040 Wh	6 ÷ 8 rokov
Rezerva do hlbokého vybitia	114,4 Wh	260 Wh	
Ťažká prev. – vyb. do 80%, tep. nad +30°C	457,6 Wh	1040 Wh	3,5 ÷ 4,5 rokov
Rezerva do hlbokého vybitia	114,4 Wh	260 Wh	

Optimálny režim prevádzky oloveného akumulátora v zostave OZE

Po zvážení všetkých charakteristík oloveného akumulátora je potrebné definovať parametre jeho prevádzky. Parametre prevádzky zostavy OZE by mali odpovedať definovaným podmienkam činnosti akumulátora.

Nakoľko je výroba elektrickej energie závislá na meteorologických podmienkach a spotreba elektrickej energie na potrebách užívateľov, je možné definovať, že obe činnosti majú stochastický charakter. Akumulátor, ako krátkodobý zásobník energie, musí tuto energiu prijímať a odovzdávať. Ak sa bude

príjem a výdaj elektrickej energie nachádzať v stanovených limitoch, nebude sa neprimerane znižovať životnosť akumulátorov.

Stochastický charakter výroby elektrickej energie ale môže spôsobiť nedodržanie definovaných limitov, potom akumulátor ponúka určité množstvo rezervnej energie. Stav čerpania rezervnej energie by mal nastávať veľmi sporadicky, nakoľko sa pri ňom rýchlejšie skraca životnosť akumulátora.

Budeme predpokladať použitie staničného akumulátora 100Ah s deklarovaným svorkovým napätím 12V. To znamená, že rozsah nominálneho napätia od stavu hlbokého vybitia do stavu plného nabitia je 10,8 až 16,8V [2, 3, 5, 6, 7].

Budeme predpokladať stredné svorkové napätie 13V, bežný prevádzkový prúd vybijania do 10A a špičkový vybijací prúd do 100A. To dáva uloženú energiu pre prípadnú spotrebu 1300Wh, vid' tabuľka 1.

Pre stacionárnu prevádzku, kedy budú akumulátory uložené v miestnosti domu, predpokladá sa, že budú mať po čas celého roku teplotu v intervale 10 až 30°C a mechanické otrasy nebudú, ide o stacionárnu prevádzku. Pokles teploty síce môže spôsobiť pokles kapacity až ku 80%, avšak stále dobíjanie zabezpečí stále dopĺňovanie energie.

V zostave OZE budeme predpokladať interval prevádzkového napätia 10,8 ÷ 14,7 V.

Pre 1ks akumulátora tak bude k dispozícii 390Wh elektrickej energie, ktorú treba priebežne dopĺňať. Pre použitie zostavy viacerých akumulátorov bude k dispozícii niekoľkonásobok tohto množstva energie. Súčasne je potrebné si všimnúť, že každý akumulátor bude ponúkať 910Wh rezervnej energie pre prípad nepriaznivej meteorologickej situácie na výrobu elektrickej energie.

Z hľadiska nabíjania je z viacerých režimov nabíjania zrejme optimálny taký, ktorý umožní nabíjať akumulátor vždy, ak budú priaznivé meteorologické podmienky prúdom, obmedzeným na maximálnu hodnotu $I_2 = 0,12.C$ až do plynovania, čo je napätie asi 14,7V. Ďalej potom pokračovať nabíjanie hodnotou udržiavacieho prúdu $I_U = (0,0002 \div 0,001).C$, tabuľka 1 [2, 3, 5, 6, 7].

Je možné tiež nabíjať aj prúdom $I_3 = 0,1.C$ alebo menším až do napätia plynovania 14,7V. Táto možnosť je pre systémy OZE nevýhodná, nakoľko trvá dlhšie. Vzhľadom ku stochastickému charakteru meteorologickej situácie je potrebné čo najskôr akumulátory nabiť, nakoľko sa nedá zabezpečiť potrebnú dobu nabíjania, z 32,5 na 39 hod.

Ak by bol dodržaný tento ľahký režim prevádzky akumulátora, je možné rátať s životnosťou 9 ÷ 11 rokov. V prípade častejších kritických situácií

a využívaní rezervnej energie sa bude životnosť posúvať k dolnej hranici, prípadne aj pod ňu.

Tab. 2: Príklad použitia akumulátora v zostave OZE

Parameter	Staničný 100Ah	Život.
Deklarované svorkové napätie	12 V	
Nominálny rozsah svorkového napätia	10,8 ÷ 16,8 V	
Pracovný rozsah svorkového napätia v zostave OZE	10,8 ÷ 14,7 V	
Stredné svorkové napätie	13 V	
Bežný pracovný prúd	10 A	
Špičkový prúd	100 A	
Energia v plne nabitom akumulátore (Wh)	1300 Wh	
Teplota prevádzky (T)	10 ÷ 30 °C	
Mechanické otrasy	stacionárna prevádzka	
Lahká prevádzka - vybitie do 70%, teplota do +30°C	390 Wh	9 ÷ 11 rokov
Rezerva do hlbokého vybitia	910 Wh	
Nabíjací prúd $I_2 = 0,12.C$	12 A	
Nabíjací prúd $I_3 = 0,1.C$	10 A	
Udržiavací prúd $I_U = (0,0002 \div 0,001).C$	20 – 100 mA	
Doba nabíjania prúdom $I_2 = 0,12.C$	32,5 hod	
Doba nabíjania prúdom $I_3 = 0,1.C$	39 hod	

Charakter prevádzky ovplyvňuje životnosť akumulátorov, čo určuje aj náklady na akumulátory. Ak by sa prevádzka sťažila, skorší nákup novej sady akumulátorov znamená zvýšenie nákladov nad predpokladaný limit.

ZÁVER

Štartovacie, trakčné aj staničné akumulátory sú zvyčajne počas prevádzky priebežne dobíjané. Ich vybitie až na úroveň hlbokého vybitia je málo časté, zvyčajne v prípadoch poruchových stavoch v napájaní zariadenia.

Akumulátory pre aplikácie v zostavách OZE sú tiež priebežne dobíjané, avšak sú častí dňa, kedy nedochádza k dobíjaniu, nakoľko zdroje elektrickej energie nie sú funkčné, keď nesvieti slnko. Je to cez noc, ale aj cez deň s nepriaznivou meteorologickou situáciou.

Cez všetky komplikácie optimálnej prevádzky akumulátorov je možné konštatovať, že akumulátory ako krátkodobé zásobníky elektrickej energie sú celkom nepostrádateľné v zostave OZE ostrovného systému.

Dôležité je, že 12V akumulátory svojim počtom zabezpečia potrebné množstvo využiteľnej energie. Možnosť vytvárať ich kombinácie dovoľuje vytvoriť zostavu, vhodnú na obmedzenie napätia a prúdov na optimálnu úroveň. Eliminujú sa tak problémy s prevádzkou vyššieho napätia prípadne veľkých prúdov.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná projektom VaV operačného programu, Centrum excelentnosti výkonových elektronických systémov a materiálov pre ich komponenty, kód výzvy 2008/2.1/01-SORO, ITMS 26220120003 a Centrum excelentnosti výkonových elektronických systémov a materiálov pre ich komponenty II., ITMS 26220120046. Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov ES.

LITERATÚRA

- [1] ALTUS, J. – OTČENÁŠOVÁ, A.: Možnosti pripojenia fotovoltaických elektrární do elektrizačnej sústavy SR. In.: Zborník konferencie „Alternatívne zdroje energie“ ALER 2010, Liptovský Ján 7.-8. 10. 2010, s. 208-220. ISBN 978-80-554-0242-0
- [2] ARENDÁŠ, M. – RUČKA, M.: Nabíječky a nabíjení. BEN, Praha 1999. ISBN 80-86056-61-9
- [3] BAČA, P.: Současné možnosti akumulace elektrické energie ve fotovoltaických aplikacích. In 2. Česká fotovoltaická konference. Brno: RE AGENCY, 2006. s. 11-12.
- [4] BAČA, P.: Akumulace elektrické energie z OZE do vodíku. In.: Zborník konferencie „Alternatívne zdroje energie“ ALER 2010, Liptovský Ján 7.-8. 10. 2010, s. 9-16. ISBN 978-80-554-0242-0
- [5] BAČA, P.: Ostrovní systémy: Problematika akumulace elektrické energie z FV do olověného akumulátoru. In.: Zborník konferencie „30. Nekonenční zdroje elektrické energie“, Býkovice, 9. – 11. 9. 2009, s. 70 – 72. ISBN 978-80-02-02164-3
- [6] BAČA, P.: Přehled možností akumulace elektrické energie z OZE. In.: Zborník konferencie „Alternatívne zdroje energie“ ALER 2011, Liptovský Ján 6.-7. 10. 2011, s. 135-140. ISBN 978-80-554-0427-1
- [7] CENEK, M. a kol.: Akumulátory od principu k praxi. FCC PUBLIC s.r.o., Praha 2003. ISBN 80-86534-03-0

- [8] HORBAJ, P. - TAUŠ, P. - DZURILA, P.: Analýza energetického potenciálu biomasy v SR a možnosti jej využitia. In: Možnosti financovania ekoenergetických projektov v podmienkach SR a EÚ : Podbanské, 5.-7. jún 2006 : Zborník z celoštátnej odbornej konferencie. Košice : Dom techniky ZSVTS, 2006. s. 124-129.
- [9] HUŽVÁR, J. – JANDAČKA, J.: Kombinovaná výroba elektrickej energie a tepla využitím dvojtaktného parného motora. In.: Zborník konferencie „Alternatívne zdroje energie“ ALER 2010, Liptovský Ján 7.-8. 10. 2010, s. 147-152. ISBN 978-80-554-0242-0
- [10] KOŠČOVÁ, M. – EXNAR, Z.: Adaptívne riadenie ostrovného systému. In.: Zborník konferencie „Alternatívne zdroje energie“ ALER 2011, Liptovský Ján 6.-7. 10. 2011, s. 181-187. ISBN 978-80-554-0427-1
- [11] KUDELAS, D. – RYBÁR, R. – CEHLÁR, M.: Energia vetra – prírodné, technické a ekonomické podmienky jej využitia. Monografia. Edičné stredisko Fakulty BERG, TU v Košiciach, 2009. ISBN 987-80-553-0169-3
- [12] MIKOLAJ, D. - TAUŠ, P.: Produkcia tepelnej energie pri spaľovaní bioplynu v kogeneračnej jednotke. In: Casovia Therm 2007 : Racionálna výroba, doprava a spotreba tepla - dôležitý faktor pri tvorbe koncepcií zásobovania teplom obcí : Zborník z odbornej konferencie : Košice, 13.-14. Februára 2007. Košice : Dom techniky, 2007. s. 70-74.
- [13] RYBÁR, R. – TAUŠ, P. – CEHLÁR, M.: Solárna energia a heliotechnika. Monografia. Edičné stredisko Fakulty BERG, TU v Košiciach, 2009.
- [14] RYBÁR, R. – KUDELAS, D. – HORODNÍKOVÁ, J. – BEER, M.: Posúdenie možnosti uplatnenia štruktúr na báze kovových pien v konštrukcii absorbéra solárneho kolektora. In.: Zborník konferencie „Alternatívne zdroje energie“ ALER 2011, Liptovský Ján 6.-7. 10. 2011, s. 18-25. ISBN 978-80-554-0427-1
- [15] STOJAN, R. – BOBALÍK, L. – VANĚK, J. – DOLENSKÝ, J. – VESELÝ, A.: Využití pyranometru při měření intenzity sluneční energie. In.: Zborník konferencie „Alternatívne zdroje energie“ ALER 2011, Liptovský Ján 6.-7. 10. 2011, s. 153-157. ISBN 978-80-554-0427-1
- [16] TAUŠ, P. – HOVORKA, I. – KRISTÓFOVÁ, D. – TOMČEJOVÁ, J.: Zhodnotenie energetického potenciálu bytových domov v Košiciach ich zateplením. In.: Zborník konferencie „Alternatívne zdroje energie“ ALER 2011, Liptovský Ján 6.-7. 10. 2011, s. 31-38. ISBN 978-80-554-0427-1
- [17] TAUŠ, P. a kol.: Potenciál obnoviteľných zdrojov energie na Slovensku z hľadiska výroby elektrickej energie. In.: AT & P Journal. Roč. 12, č. 3 (2005), s. 52-55. Internet: <http://www.atpjournal.sk/casopisy/atp_05/pdf/atp-2005-03-52.pdf> ISSN 1335-2237.
- [18] TKÁČ, J.: Globálne energeticko ekologické problémy a možnosti ich riešenia využívaním obnoviteľných zdrojov energie. Zborník odborného seminára ALER2007, 3. ročník, Liptovský Mikuláš, 11. – 12. 10. 2007, s. 107 – 113.
- [19] TKÁČ, J.: Plastové solárne absorbéry. Zborník odborného seminára ALER2007, 3. ročník, Liptovský Mikuláš, 11. – 12. 10. 2007, s. 114 – 121.
- [20] TKÁČ, J.: Meranie intenzity slnečného žiarenia s využitím prostredia LabWiev. In.: Zborník konferencie „Alternatívne zdroje energie“ ALER 2011, Liptovský Ján 6.-7. 10. 2011, s. 117-126. ISBN 978-80-554-0427-1
- [21] TKÁČ, J.: Malá kogeneračná jednotka. In.: Zborník konferencie „Alternatívne zdroje energie“ ALER 2010, Liptovský Ján 7.-8. 10. 2010, s. 30-35. ISBN 978-80-554-0242-0
- [22] TKÁČ, J. – RUSNÁK, P.: Modely veterných elektrární s vertikálnou osou. In.: Zborník konferencie „Alternatívne zdroje energie“ ALER 2010, Liptovský Ján 7.-8. 10. 2010, s. 25-29. ISBN 978-80-554-0242-0