

Marek Hvizdoš, Ján Tkáč

Energetické využitie biomasy a bioplynu

Abstrakt

Predkladaný príspevok sa zaoberá problematikou využívania obnoviteľných zdrojov energie so zameraním na energetické využitie biomasy a bioplynu. Využívanie biomasy je vo svetovej literatúre často citované a mnohé krajiny majú zámer využívať tento zdroj ako dominantný. Aj v podmienkach Slovenska má využívanie tohto zdroja veľkú perspektívu. Cieľom príspevku bolo realizovať prieskum možných technológií pre využívanie biomasy a bioplynu na výrobu elektriny pomocou kogeneračnej jednotky s praktickým využitím v poľnohospodárstve.

ÚVOD

Jedným zo základných cieľov energetickej politiky SR je využívanie obnoviteľných zdrojov energie (OZE). Najväčší potenciál pri využívaní týchto zdrojov na Slovensku má biomasa. Využíva takmer akýkoľvek materiál biologického pôvodu na výrobu tepelnej, ale aj elektrickej energie. Spaľovanie čistej biomasy má výhodu v tom, že nezaťažuje životné prostredie, keďže množstvo CO₂, ktoré vzniká pri jej spaľovaní je rovné množstvu CO₂, ktoré hmota spotrebovala pri svojom raste.

V Slovenskej republike z celkového technicky využiteľného potenciálu obnoviteľných energetických zdrojov (87 753 TJ / rok) disponuje najväčším podielom biomasa – až 46 % (40 453 TJ) [1].

I. BIOMASA AKO ZDROJ ENERGIE

Podľa pôvodu sa biomasa rozdeľuje:

- *lesná biomasa* – palivové drevo (konáre, korene, kôra, piliny),
- *poľnohospodárska biomasa* – obilná slama, konope, živočíšne exkrementy,
- *komunálny odpad* – tuhý spáliteľný odpad, skládkový plyn, kalový plyn.

Produktom biomasy je biopalivo, ktoré môže mať pevné, kvapalné i plynné skupenstvo [2].

Pevné biopalivá:

- *drevné štiepky, pelety a brikety* – vyrábajú sa z lesných odpadov a z odpadov drevospracujúcich podnikov (konáre, korene, kôra, piliny). Sú vhodným palivom pre automatizované kotly v domácnostiach.

Kvapalné biopalivá:

- *bionafta* – vyrába sa najmä zo semien repky olejatej a je plnou náhradou nafty;
- *bioetanol* – získava sa kvasením a destiláciou.

Plynné palivá:

- *syntézny plyn (drevoplyn)* – ide prevažne o CO, ktorý sa získava pyrolitickým splyňovaním drevných odpadov. Slúži ako palivo do plynových motorov a kogeneračných jednotiek;
- *bioplyn* – je to prevažne metán, ktorý sa vyrába bezkyslíkovou fermentáciou organického odpadu, zvyšok je ekologicky nezávadné výborné hnojivo. Slúži ako palivo do plynových motorov a kogeneračných jednotiek.

POLNOHOSPODÁRSKA BIOMASA

Poľnohospodársku biomasu môžeme rozdeliť z hľadiska paliva na odpadovú a zámerne pestovanú. Hlavným cieľom je využitie odpadovej biomasy, ktorá vzniká ako vedľajší produkt pri rastlinnej a živočíšnej výrobe. Táto biomasa je energeticky výdatná a existuje celý rad možností technického využitia v mieste jej vzniku. Aeróbnym rozkladom voľne ponechanej biomasy v prostredí vzniká veľké množstvo metánu, ktorý nielenže nie je energeticky využiteľný, ale ako významný skleníkový plyn prispieva ku klimatickým zmenám. Z hľadiska princípu trvalej udržateľnosti je preto využívanie odpadovej biomasy nevyhnutné.

Biomasa z poľnohospodárskej výroby je najvhodnejšie podrobiť fermentačným procesom, pri ktorých vzniká bioplyn, ktorý je možné využiť ako na výrobu tepla, tak aj na výrobu elektriny. Vedľajšie produkty fermentačných procesov sú vynikajúcim hnojivom pre rastlinnú výrobu.

Kvantitatívna výdatnosť bioplynu z jednotlivých substrátov vznikajúcich pri živočíšnej výrobe je uvedená v Tabuľke I a porovnanie parametrov bioplynu s niektorými inými plynnými palivami je v Tabuľke II [3].

TABUĽKA I
Produkcia bioplynu z biomasy

Typ substrátu	Výnosnosť bioplynu (m ³ .t ⁻¹)
Hovädzie exkrementy	25
Exkrementy z chovu ošípaných	36
Mliekarenský odpad	55
Husté exkrementy	80

TABUĽKA II
Porovnanie parametrov bioplynu s ostatnými plynnými palivami

Plyn	Výhrevnosť (kWh/m ³)	Hustota (kg/m ³)	Zapaľovacia teplota (°C)	Potrebný vzduch (m ³ /m ³)
Bioplyn	6	1,2	700	5,7
Zemný plyn	10	0,7	650	9,5
Propán	26	2,01	470	23,9
Metán	10	0,72	650	9,5
Vodík	3	0,09	585	2,4

Z exkrementov, ktoré vyprodukuje 1 kus dobytky za jeden deň je možné získať priemerne 1,7 m³ množstva bioplynu, ktoré postačuje na výrobu 16 - 25 MJ (4,5 - 7 kWh) tepelnej a elektrickej energie.

II. ENERGETICKÉ VYUŽITIE BIOPLYNU

Poľnohospodárske podniky realizujú veľkochovy dobytky s počtom niekoľko sto až tisíc kusov. V ďalšom budeme uvažovať o veľkochove s počtom 2200 kusov dobytky.

Ak 1 kus dobytky vyprodukuje 1,7 m³/deň bioplynu (0,07 m³/hod), 2200 kusov dobytky vyprodukuje až 3740 m³/deň bioplynu, čo predstavuje produkciu 156 m³/hod.

Z 1 m³ bioplynu, ktorý obsahuje 55 - 70 % metánu, sa získa energia približne 22 MJ resp. 6 kWh. Vyprodukovaný bioplyn umožňuje produkciu energie 3400 MJ resp. 930 kWh prostredníctvom kogeneračnej jednotky.

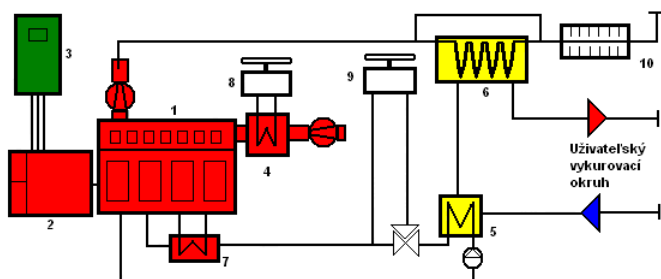
KOGENERAČNÁ JEDNOTKA PRE VYUŽITIE BIOPLYNU

V kogeneračnej jednotke (KJ) sa súčasne vyrába elektrina a teplo. Palivom je spravidla zemný plyn, ale úspešne sa využíva aj bioplyn. Okrem kogeneračných jednotiek na báze plynových spaľovacích motorov, môže proces kombinovanej výroby elektriny a tepla prebiehať aj prostredníctvom iných technológií. Rozšírené je najmä uplatnenie turbín, ktoré sa však využívajú predovšetkým pri vyšších výkonoch. Menej používané sú možnosti využitia Organického Rankinovho cyklu alebo parného motora. Na Obr. 1 je znázornená principiálna schéma kogeneračnej jednotky.

Zariadenie je vhodné na distribuovanú výrobu. Na trhu existuje veľa výrobcov kogeneračných jednotiek. Dostupné sú s výkonmi od 10 kW do niekoľkých MW. Z environmentálneho hľadiska sú kogeneračné jednotky veľmi prijateľné. Ich používanie nemá závažný negatívny vplyv na životné prostredie, pretože produkujú nižší obsah škodlivých emisií ako je to v prípade samostatnej výroby tepla alebo elektrickej energie.

Chemická energia bioplynu sa v kogeneračnej jednotke bioplynu premieňa na elektrinu v rozsahu do 30 % a na teplo v rozsahu do 50 %. Z uvedeného vyplýva, že použitie kogeneračnej jednotky má svoje opodstatnenie len v tých prípadoch, ak v mieste jej prevádzky existuje aj spotreba všetkého vyprodukovaného tepla. Optimálnou spotrebou elektriny a tepla sa dosahuje celková účinnosť aj vyššie 80 %.

Pri budovaní kogeneračných jednotiek je však potrebné brať do úvahy podmienky pre vyvedenie elektrického výkonu do elektrickej siete. Využitie tepla sa uvažuje priamo v poľnohospodárskom podniku. Avšak spotreba elektriny veľmi kolíše, a preto je potrebné vyviesť výkon z generátora kogeneračnej jednotky do elektrizačnej siete.



Obr. 1. Principiálna schéma kogeneračnej jednotky

Legenda: 1-Blok spaľovacieho motora, 2-Elektrický generátor, 3-Elektrický rozvádzač s radiacím systémom (pripojenie k ES), 4-Medzichladič plniacej zmesi, 5-Výmenník tepla voda/voda, 6 -Výmenník tepla spaliny/voda, 7- Chladič mazacieho oleja, 8-Chladiaci ventilátor, 9-Chladiaci ventilátor, 10- Tlmič hluku

Pre predpokladané množstvo vznikajúceho bioplynu, je v našom prípade možné navrhnúť KJ s parametrami podľa Tabuľky III.

TABUĽKA III

Technické parametre kogeneračnej jednotky

Maximálny elektrický výkon	335 kW
Maximálny tepelný výkon	370 kW
Príkon v palive	930 kW
Účinnosť elektrická	40 %
Účinnosť tepelná	45 %
Účinnosť celková (využitie paliva)	89 %
Spotreba plynu pri 100% výkone	155 m ³ /h
Spotreba plynu pri 75% výkone	125 m ³ /h
Spotreba plynu pri 50% výkone	95 m ³ /h

SPOLUPRÁCA KOGENERAČNEJ JEDNOTKY S ES

Kogeneračné jednotky sú podľa inštalovaného elektrického výkonu pripojované do elektrizačnej sústavy (ES) na napätových hladinách 0,4 kV, 6,3 kV a 22 kV.

Budovanie KJ si vyžaduje optimalizovať pripojovacie podmienky, aby bol eliminovaný ich negatívny vplyv na prevádzku distribučnej sústavy. Prebytok alebo nedostatok vyrábanej elektriny si vyžaduje spoluprácu s ES, k čomu je často potrebné prispôsobiť konfiguráciu existujúcej siete v bode pripojenia. Pri postupnom náraste inštalovaného výkonu sa začali objavovať problémy spolupráce týchto zdrojov s existujúcou centralizovanou elektrizačnou sústavou. Problémy vyplývajú z teritoriálnej konfigurácie siete a lokalizácie decentralizovaných zdrojov, ktoré sa najčastejšie nachádzajú v miestach, kde sa doposiaľ realizoval len odber elektriny. Z pohľadu distribučných spoločností, ktorým zákon určuje povinnosť tieto zdroje pripájať do distribučnej sústavy je najdôležitejšou otázkou udržanie stability elektrizačnej sústavy [4].

Na pripojenie zdroja je potrebné predložiť:

1. Osvedčenie o súlade zámeru s dlhodobou koncepciou energetickej politiky SR (nad 1 MW).
2. Žiadosť o pripojenie zdroja do DS:
 - a) štúdia pripojiteľnosti,
 - b) miesto pripojenia.
3. Vyjadrenie k dokumentácii pre vydanie územného rozhodnutia.
4. Vyjadrenie k dokumentácii pre vydanie stavebného povolenia.
5. Obchodné vzťahy a uvedenie zdroja do prevádzky.

Kontrolu uvažovaného pripojenia navrhovanej KJ do distribučnej siete 22 kV je možné vykonať podľa nasledovných výpočtov, pričom sú uvažované tieto parametre:

Skratový výkon v mieste pripojenia (PCC): $S_{kPCC} = 50 \text{ MVA}$

Výkon zdroja (KJ) pripojeného do siete: $S_{nKJ} = 0,4 \text{ MVA}$

Koeficient pre najväčší spínací náraz: $k_{imax} = 1$

Fázový uhol komplexnej impedancie siete: $\psi_k = 60^\circ$

Fázový uhol medzi prúdom a napätím zdroja: $\varphi = 0^\circ$

Pri pripojovaní zdroja do vybudovanej siete je vhodné najprv vykonať tzv. rýchlu kontrolu pripojiteľnosti.

Kontrola pripojiteľnosti zdroja:

$$\frac{S_{kPCC}}{S_{nKJ}} = \frac{50 \cdot 10^6}{0,4 \cdot 10^6} = 125 < 500, \quad 125 > 20 \quad (1)$$

Pomer dosahuje hodnotu menšiu ako 500, ale väčšiu ako 20 čiže zdroj je možné pripojiť, vyžaduje sa však ďalšia kontrola spätných vplyvov.

Zvýšenie napätia v mieste pripojenia vyvolané prevádzkou zdroja:

$$\Delta u = \frac{S_{nKJ} \cdot \cos(\psi_k - \varphi)}{S_{kPCC}} \cdot 100 \% \quad (2)$$

$$\Delta u = \frac{0,4 \cdot 10^6 \cdot (60^\circ - 0^\circ)}{50 \cdot 10^6} \cdot 100 \% = 0,4 \% < 2 \%$$

Zvýšenie napätia vyvolané prevádzkou zdroja neprekročí 2 %, čo vyhovuje podmienke pripojenia do siete vysokého napätia.

Zvýšenie napätia v mieste pripojenia pri spínaní zdroja:

$$\Delta u = k_{i\max} \cdot \frac{S_{nKJ}}{S_{kPCC}} \cdot 100 \% \quad (3)$$

$$\Delta u = 1 \cdot \frac{0,4 \cdot 10^6}{50 \cdot 10^6} \cdot 100 \% = 0,8 \% < 2 \%$$

Zvýšenie napätia pri spínaní zdroja prekročí hodnotu 2 %, čo vyhovuje podmienke pripojenia do siete vysokého napätia.

Činiteľ flikru, obsah vyšších harmonických, vplyv na signál HDO:

Pomocou týchto parametrov sa posudzujú ďalšie spätné vplyvy pripájaného zdroja na distribučnú sústavu. Parametre sú určené výrobcom kogeneračnej jednotky, pričom nesmú byť prekročené hodnoty dané prevádzkovateľom distribučnej sústavy.

Osobitnú pozornosť je potrebné venovať bezpečnosti pri práci a ochrane celej technológie pred atmosférickou elektrinou a výbojovou činnosťou.

III. ZÁVER

Pre posilnenie energetickej sebestačnosti, členské krajiny EÚ kladú čoraz väčší dôraz na využívanie obnoviteľných zdrojov energie. Využívanie biomasy je zvlášť preferovanou oblasťou v poľnohospodárstve, ktoré produkuje veľké množstvá odpadovej biomasy. Jej samovoľným rozkladom však vzniká metán, ktorý v atmosfére spôsobuje skleníkový efekt mnohonásobne vyšší ako CO₂. Spaľovanie metánu a jeho energetické využitie je preto významným environmentálnym prínosom.

KJ využívajúce ako palivo bioplyn umožňujú rozklad metánu a následné využitie jeho energie na kombinovanú produkciu elektriny a tepla priamo v mieste spotreby. Slovenské poľnohospodárstvo má

pre využitie biomasy mimoriadne vhodnú štruktúru pre zužitkovanie všetkých rastlinných a živočíšnych odpadov na energetické účely.

Technologické zariadenia na využívanie bioplynu sú síce investične náročné, avšak výrazne prispievajú k ekonomizácii poľnohospodárskych podnikov a taktiež k ochrane životného prostredia. Vysoké účinnosti je však možné dosiahnuť len pri využití všetkého vyrobeného tepla.

Z hľadiska optimálnej spolupráce KJ s ES je potrebné uvažovať s dostatočne veľkým zásobníkom bioplynu, aby bolo možné zabezpečiť jej kontinuálnu prevádzku.

V poslednom období sa výrazne presadzuje aj zámerne pestovaná biomasa, no k jej využívaniu by sa malo pristupovať až v tom prípade, ak boli vyčerpané všetky možnosti využitia biomasy odpadovej.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja prostredníctvom finančnej podpory č. APVV-0095-07 a Vedeckou grantovou agentúrou Ministerstva školstva SR a Slovenskej akadémie vied prostredníctvom finančnej podpory VEGA č. 1/4075/07, VEGA č. 1/0099/09. Vďaka za podporu projektu VaV operačného programu, Centrum excelentnosti výkonových elektronických systémov a materiálov pre ich komponenty. Projekt je financovaný zo zdrojov ES, ERDF - Európsky fond regionálneho rozvoja.

LITERATÚRA

- [1] I. Vargová: *Atlas využívania obnoviteľných energetických zdrojov na Slovensku*. Energetické centrum Bratislava, 2002, 124 s.
- [2] M. Kolcun et al.: *Elektrárne*. TU Košice, Slovakia, 2006, 453 s. ISBN 80-8073-704-5
- [3] F. Janíček et al.: *Obnoviteľné zdroje energie I*. FEI STU Bratislava, 2007.
- [4] M. Hvizdoš, J. Tkáč: *Pripojovanie decentralizovaných zdrojov elektriny do distribučnej siete*. In: EE – Časopis pre elektrotechniku a energetiku: Elektrotechnika, informatika a telekomunikácie 2008, Bratislava, Vol. 14, 2008, pp. 81-85. ISSN 1335-2547

ADRESY AUTOROV

Marek Hvizdoš, Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04120, Slovenská Republika, Marek.Hvizdos@tuke.sk

Ján Tkáč, Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04120, Slovenská Republika, Jan.Tkac@tuke.sk