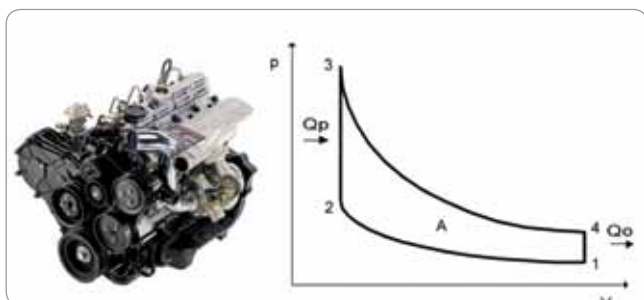


# Kogenerácia – kombinovaná výroba energií (3)

V dnešnej dobe si existenciu nevieme predstaviť bez využívania rôznych druhov energií pre uspokojenie svojich energetických potrieb. Kogenerácia, ktorej sa venuje tento seriál, je kombinovaná výroba potrebných druhov energií v mieste ich spotreby. V dnešnom dieli sa pozrieme na mikrokogeneračné systémy so spaľovacími motormi, ktoré sú v súčasnosti najviac nasadzované. K vysokej miere nasadzovania týchto systémov prispieva ich jednoduché konštrukčné riešenie v porovnaní s ostatnými kogeneračnými systémami a prudký vývoj kogeneračných riešení v 80. rokoch minulého storočia.

## Kogeneračné systémy so spaľovacími motormi

Srdcom kogeneračného systému založeného na spaľovacích motoroch je samotný motor, v ktorom sa premieňa primárne palivo, najčastejšie zemný plyn, na požadované formy energií, ktoré sú dodávané konečným spotrebiteľom. Pozrieme sa teda bližšie na jeho funkciu. Obrázok 1 približuje pohľad na spaľovací motor a jeho p-v diagram.



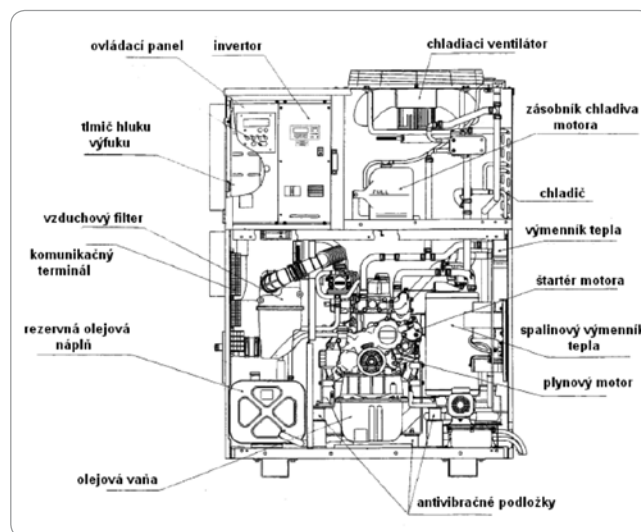
Obr. 1 Spaľovací motor mikrokogeneračnej jednotky a jeho p-v diagram

P-v diagramom tepelného obehu spaľovacieho motora môžeme zjednodušene opísať jeho činnosť. Z počiatočného kľudného stavu motor prechádza do bodu 1. Sací ventil je otvorený, pri atmosférickom tlaku nasaje do priestoru pracovného valca plynnú zmes paliva a vzduchu. V bode 1 sa uzatvára sací ventil a začína pracovný cyklus, ktorý nás zaujíma. Pri prechode zo stavu 1 do stavu 2 prebieha adiabatická kompresia, mení sa tlak, objem a teplota, ale v tomto momente do obehu nevstupuje žiadne teplo. V tejto časti cyklu je spotrebúvaná časť práce z predchádzajúceho cyklu, alebo je piest poháňaný zotrvačnosťou. Práca, potrebná na tento dej, je daná plochou pod krivkou vymedzenou bodmi 1 a 2 p-v diagramu a jeho osou v. Túto prácu považujeme za zápornú, keďže ju je nutné do obehu dodať. V bode 2 je zmes vo valci zapálená. Teoreticky sa piest nachádza vo svojej hornej úvrati, prakticky je však tesne pred jej dosiahnutím. Pri prechode obehu zo stavu 2 do stavu 3 prebieha izochorické horenie (pri konštantnom objeme). Horením je do obehu vstupuje teplo. Z diagramu možno vyčítať, že narastá tlak, čo je spôsobené rozpínaním plynov vznikajúcich horením, piest motora však na toto rozpínanie ešte nestihol zareagovať, pretože je tlačný cez hornú úvrať zotrvačnosťou z predchádzajúceho cyklu (v prípade štartovania štartérom). V bode 3 končí horenie, piest reaguje na tlak rozpínajúcich sa spodín akonáhle prejde hornú úvrať a začína klesať. Pri prechode zo stavu 3 do stavu 4 prebieha adiabatická expanzia, kedy sa plyny vzniknuté horením za pôsobenia tepla prudko rozpínajú. V bode 4 sa otvára výfukový ventil a spaliny sú odvádzané zo spaľovacieho priestoru pracovného valca. Pri prechode obehu zo stavu 4 do stavu 1 prebieha izochorická expanzia, ktorá naznačuje únik horúcich spalín pri konštantnom objeme, čo je sprevádzané odvodom tepla  $Q_o$ . Tento cyklus je opakovaný počas celého chodu motora kogeneračnej jednotky. Pohonné jednotky mikrokogeneračných jednotiek sú konštruované s ohľadom na ich vysoké zaťaženie. Pri mikrokogenerácii sa otáčky motora pohybujú v hodnotách okolo 1600-1800 otáčok/minútu a prevažne sa využívajú motory s rozvodom OHV, teda ventily sú umiestnené v hlave valcov a vačkový hriadeľ je umiestnený v bloku motora. Medzi vačkovým hriadeľom a ventilmi je relatívne veľká vzdialenosť (približne úmerná zdvihu motora). Prenos pohybu medzi vačkou a ventilom je preto realizovaný ďalšími prvkami mechanizmu – zdvihadlo, zdvíhacia tyčka, vahadlo. Rozvod tak obsahuje veľký počet súčiastok, ktoré nepriaznivo vplyvajú na jeho tuhosť. V porovnaní s rozvodom OHC

vyšší počet súčiastok a zároveň vyššia hmotnosť vykonáva nepriaznivý vratný pohyb, ktorý sa prejavuje zotrvačnými silami. Pri spaľovacích motoroch s týmto typom rozvodov je vačkový hriadeľ blízko kľukovej a tak je konštrukcia takéhoto typu motora jednoduchšia. OHV rozvody sú však svojou konštrukciou priam predurčené na nasadenie v nízkootáčkových motoroch, preto sa presadili aj pri konštrukcii mikrokogeneračných jednotiek.

Kogeneračné systémy so spaľovacími motormi obyčajne vyrábajú elektrickú energiu prostredníctvom generátora, ktorý je pripojený na výstup zo spaľovacieho motora. Odpadové teplo, ktoré vzniká pri činnosti motora a teplo odobrané spalínám je upravované na požadované parametre a odovzdávané do miesta spotreby tepla. Kogeneračné systémy na báze spaľovacích motorov ako palivo, teda zdroj primárnej energie najčastejšie využívajú zemný plyn. Menej často sú využívané kogeneračné systémy, kde sú ako primárne zdroje energie využívané palivá na báze ropných produktov. Veľký rozmach v súčasnej dobe zažívajú kogeneračné systémy v bioplynových staniciach, kde je ako primárny zdroj energie využívaný bioplyn, ktorý však musí prejsť zložitým procesom čistenia a úpravy, aby mohol byť využitý ako palivo v spaľovacom motore.

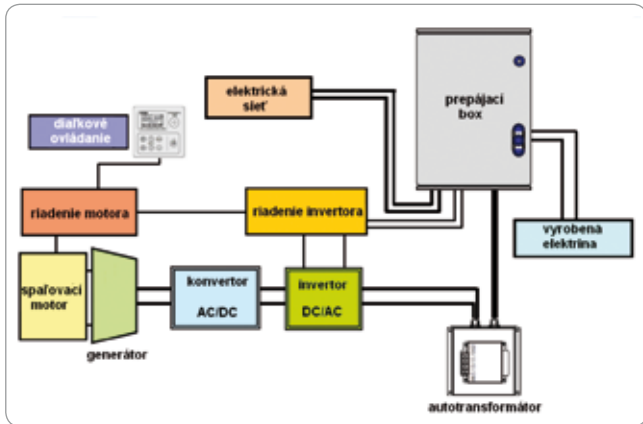
Najdôležitejšie prvky mikrokogeneračného systému založeného na spaľovacom motore, ktorý ako palivo využíva zemný plyn sú zobrazené na obrázku 2.



Obr. 2 Rez mikrokogeneračnou jednotkou

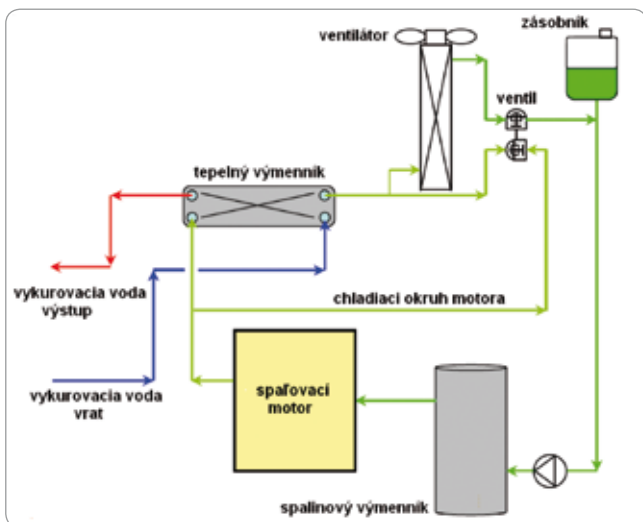
Ako elektrický generátor je pre svoje vlastnosti a konštrukčné riešenia najčastejšie nasadzovaný synchronný motor s permanentnými magnetmi, ktorý dostaneme do generatorického stavu roztočením na nadsynchronne otáčky. Výstup z generátora je potrebné upraviť. Z hľadiska odstránenia vyšších harmonických zložiek a parazitných frekvencií je vhodná konverzia striedavého napätia vyrobeného generátorom na jednosmerné. Jednosmerné napätie je následne pulzno-širokovou moduláciou v invertore upravené na striedavé. V mikrokogenerácii prevláda jedna výstupná fáza, pri kogeneračných systémoch vyšších výkonov je výstup trojfázový. Prostredníctvom prepájacieho boxu je vyrobená elektrická energia dodávaná do spotrebnej siete. Elektronika prepájacieho boxu meracími transformátormi prúdu sleduje aktuálny požadovaný odber elektrickej energie a na základe toho riadi výstupný elektrický výkon kogeneračnej jednotky. Ak požadovaný odber elektrickej energie

presiahne inštalovaný výkon kogeneračnej technológie, je spotrebiteľom dodávaný nominálny elektrický výkon kogenerácie a zvyšok je nakupovaný z vonkajšej siete. Kogeneračné jednotky všeobecne nepracujú v ostrovnom režime, to znamená bez spojenia s vonkajšou elektrickou sieťou, kvôli nafažovaniu svojho elektrického výstupu. Samozrejme, ostrovny režim kogenerácie so spaľovacími motormi je možný v spolupráci so špecializovanými technologickými zariadeniami. Nasledujúci obrázok prináša blokové znázornenie elektrickej časti kogeneračnej jednotky.



Obr. 3 Výroba elektrickej energie v kogeneračnej jednotke

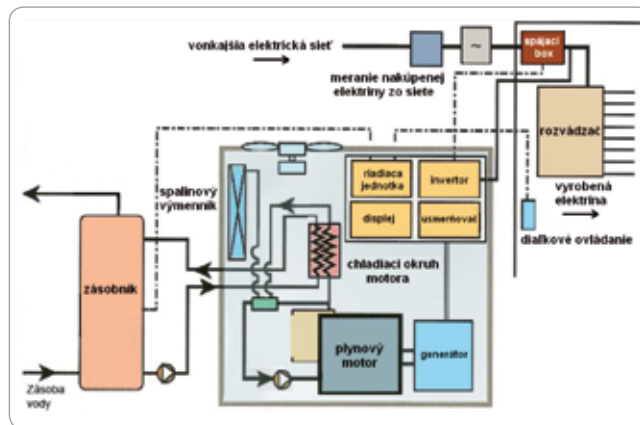
Teplná energia sa v kogeneračných systémoch so spaľovacími motormi získava z odpadového tepla, ktoré vzniká pri samotnej funkcii spaľovacieho motora. Prevažná časť tepla je získaná z chladiaceho okruhu motora prostredníctvom tepelného výmenníka. Ďalším výmenníkom je možné získavať teplo obsiahnuté v spalinách. Pri kogeneračných systémoch vyšších výkonov je možné teplo získavať aj z oleja využívaného k mazaniu pohyblivých častí spaľovacieho motora. Teplo, ktoré spotrebiteľ nedokáže spotrebovať, alebo je kogeneračný proces riadený na spotrebu elektrickej energie a vyrobíme viac tepla ako je potrebné, musí sa toto teplo vyžiariť do okolitého priestoru chladiacim systémom. Výrobené teplo systémom kogenerácie so spaľovacím motorom je vo väčšine prípadov nízkopotenciálne, výstupná teplota dosahuje približne 60 °C. Blokovú schému výroby tepla v kogeneračnej jednotke zobrazuje nasledujúci obrázok.



Obr. 4 Výroba tepla v kogeneračnej jednotke so spaľovacím motorom

Teplo vyrobené kogeneračnými systémami na báze spaľovacích motorov sa najčastejšie akumuluje v zásobníkových nádržiach. Riadiaca jednotka kogeneračného systému umožňuje riadenie jeho činnosti s prioritou na výrobu tepla, kde nevyužitá elektrická energia je dodávaná do vonkajšej elektrickej siete, alebo prioritou bude výroba elektrickej energie, kde nevyužitá teplo bude vyžiarené do okolitého prostredia.

Samozrejme, kogeneračný systém môže pracovať v bivalencii s iným energetickým zdrojom, ktorý sa využíva na vykrytie špičkových



Obr. 5 Schematické znázornenie pripojenia kogeneračnej jednotky

odberov energií. Takýto energetický zdroj sa vo všeobecnosti dimenzuje tak, aby bol v každom okamihu činnosti čo najviac využitý práve kogeneračný systém.

Kogeneračné systémy na báze spaľovacích motorov sa v triede mikrokogenerácie ako aj veľkej kogenerácie vyrábajú ako kompaktné bloky, ktorých inštalácia je nenáročná. V segmente mikrokogenerácie sa pripojenie jednotky podobá na pripojenie plynového kotla. Pohľad na mikrokogeneračnú jednotku sprostredkúva nasledujúci obrázok.



Obr. 6 Mikrokogeneračná jednotka

V poslednom diele nášho seriálu o kogenerácii sa pozrieme na energetické a ekonomické zhodnotenie nasadenia mikrokogeneračnej jednotky so spaľovacím motorom na zemný plyn v reálnych podmienkach jej činnosti.



Ing. Ján Adamec, PhD.

ESM- YZAMER, energetické služby a monitoring, s.r.o