MODERNÍ ZPŮSOBY ENERGETICKÉHO VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY

KOMBINOVANÁ VÝROBA ELEKTŘINY A TEPLA Z BIOMASY

KLÍČOVÁ SLOVA: kombinovaná výroba elektřiny a tepla KVET, centrální zásobování teplem CZT, Organický Rankinův cyklus ORC, Stirlingův motor, mikroturbína, trigenerace

TEPLÁRNY A ELEKTRÁRNY S PARNÍMI TURBÍNAMI

Klasický parní cyklus je neobvyklejším řešením KVET na biomasu. Tepelné zdroje menších a středních soustav CZT s biopalivem mají parní systém s tlakem 1,3 až 2 MPa, s mírným přehřátím páry (nejméně o 50 až 80 °C).

Nejčastěji jsou jako zdroj páry využity běžné parní kotle na tuhou biomasu či kombinaci biomasy a fosilního paliva. Systém přípravy a uskladnění paliva je shodný s řešením v případě výtopny. Zdrojem páry může být i plynový kotel, ve kterém se spalují plynné produkty zplyňování biomasy. Součástí teplárny je pak i technologie zplyňování biomasy.

Biomasa může být ve zdrojích KVET nebo ve stávajících elektrárnách využita třemi způsoby: spalováním biomasy v parních kotlích s připojenou parní turbínou v teplárenském zapojení, spoluspalováním biomasy a fosilního paliva v tepelných zdrojích s parními turbínami, a připojením zvláštních kotlů na biomasu k parní sběrnici klasické elektrárny či teplárny (tzv. paralelní spalování).

Pokud tepelné výkony systémů CZT nepřesáhnou 10 MW, je zde možno použít jednostupňových protitlakých turbín přímo spojených s generátorem nebo lépe vysokootáčkových axiálních či radiálních turbín s integrovanou převodovkou nebo s vysokofrekvenčním elektrickým generátorem. Z ekonomického hlediska je vhodnější dávat přednost turbínám s vyšší účinností které zabezpečí vyšší poměr elektřina : teplo.

V ČR vyrábějí parní turbíny vhodné pro teplárny na biomasu například firmy PBS Velká Bíteš, Polycomp nebo Ekol. Teplárny s parním cyklem využívající výlučně spalování biomasy jsou v Evropě provozovány zejména ve skandinávských zemích (Dánsko, Švédsko, Finsko).

Obrázek: 1Teplárna na biomasu ve švédském městě Växjö (37 MW - 67 MW)

Za

CVIČENÍ:

KONTROLNÍ OTÁZKY:

1. Vyjmenujte způsoby energetického využívání biomasy ve zdrojích KVET?

KVET S PARNÍM STROJEM

V klasickém parním cyklu je pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla místo turbíny možno použít také parní stroj, který má při malých jednotkových výkonech (70 až 300 kW) v některých směrech lepší vlastnosti než parní turbína, např. termodynamickou účinnost. Parní stroj je také možno dodatečně instalovat do systémů s parním kotlem na biomasu s vhodnými parametry páry, kde by technicky nebyla vhodná nebo se nevyplatila parní turbína. Takovéto řešení je obvykle vhodnější, než použití v nově budovaných systémech KVET na biomasu.

Parní stroje pro stacionární užití včetně kogenerace jsou nabízeny výrobci ve Spojených státech i v západní Evropě, jejichž konstrukční zkušenosti obvykle navazují na předchozí výrobu parních strojů pro lodní dopravu.

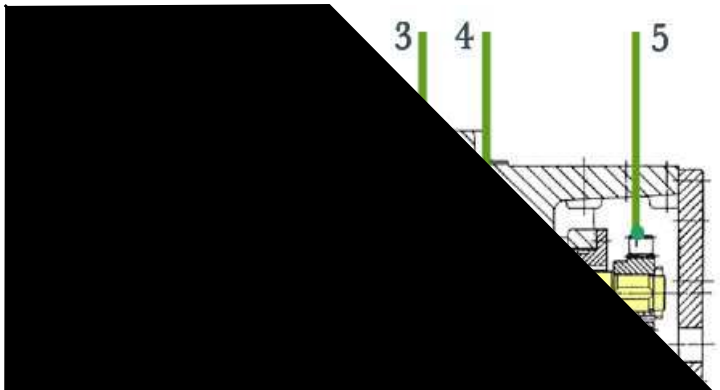
Moderní parní stroje jsou rychloběžné pístové stroje o výkonu v rozpětí od cca 10 kW až přes 1 MW, pracující s párou o nízkých parametrech (tlak 0,6 – 6 MPa). Elektrická účinnost není vysoká, pohybuje se mezi 10 – 20%, výhodou je naopak dlouhá životnost (až 200 000 h). V ČR je v provozu například parní stroj německé firmy Spilling o výkonu 300 kW v objektu pily ve Slavonicích. V ČR se výrobou kogeneračních jednotek s parními motory zabývá forma Polycomp.

Obrázek:2 Kogenerační jednotka PM-VS s parním strojem firmy Polycomp

Zdroj: www.polycomp.cz

Další, poněkud méně častou va
dvěma do sebe zapadajícími, proti
širokém rozsahu výkonů, jsou málo
mohou být využívány v kogeneračních so

Obrázek: 3 Princip šroubového parního stroje



1 – vstup páry, 2 výstup pár

Obrázek: 4 Parní stroj se šroubovým rotorem v biomasové teplárně Hartberg (el. výkon 710 kWe)

Zdroj: BIOS Bioenergy systems

CVIČENÍ:

KONTROLNÍ OTÁZKY:

1. Jaký je význam zapojení KVET s parním st
2. Jaký je princip a význam šroubového parního str

KVET S PLYNOVÝMI MOTORY

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla s plynovými mo
technologií využívající plynné spalitelné produkty přeměny
kalový plyn či energetický plyn vzniklý zplyňováním biomasy.

Motorové kogenerační jednotky jsou k dispozici od řady tuzemských
ve výkonech jednotky od několika kW až přes 1 MW. Nejznámějšími tu
kogeneračních jednotek s plynovými motory pro využití plynných paliv na b
firmy Tedom a Motorgas.

V případě energetického plynu vzniklého zplyňováním biomasy, který obsahuje částice popela, dehtové látky a další příměsi, které mohou ovlivnit životnost a spolehlivost plynových motorů je před kogenerační jednotku obvykle nutno předřadit technologii čištění energoplynu.

Rovněž v některých případech využití bioplynu je nutno před kogenerační jednotku předřadit čištění, tentokrát v případě vyššího obsahu síry z důvodu omezení koroze a obsahu oxidů síry ve spalinách. Problematický může být v případě využití bioplynu v plynových motorech i obsah křemíku (častý problém u bioplynu z ČOV).

V upravených motorových kogeneračních jednotkách je možno rovněž využít i kapalná biopaliva - rostlinné oleje či jejich metylestery, případně i pyrolýzní olej.

Obrázek: 5 Kogenerační jednotka na bioplyn TBG 520 firmy Motorgas (520 kWe, 725 kWt)

Zdroj: www.motorgas.cz

CVIČENÍ:

KONTROLNÍ OTÁZKY:

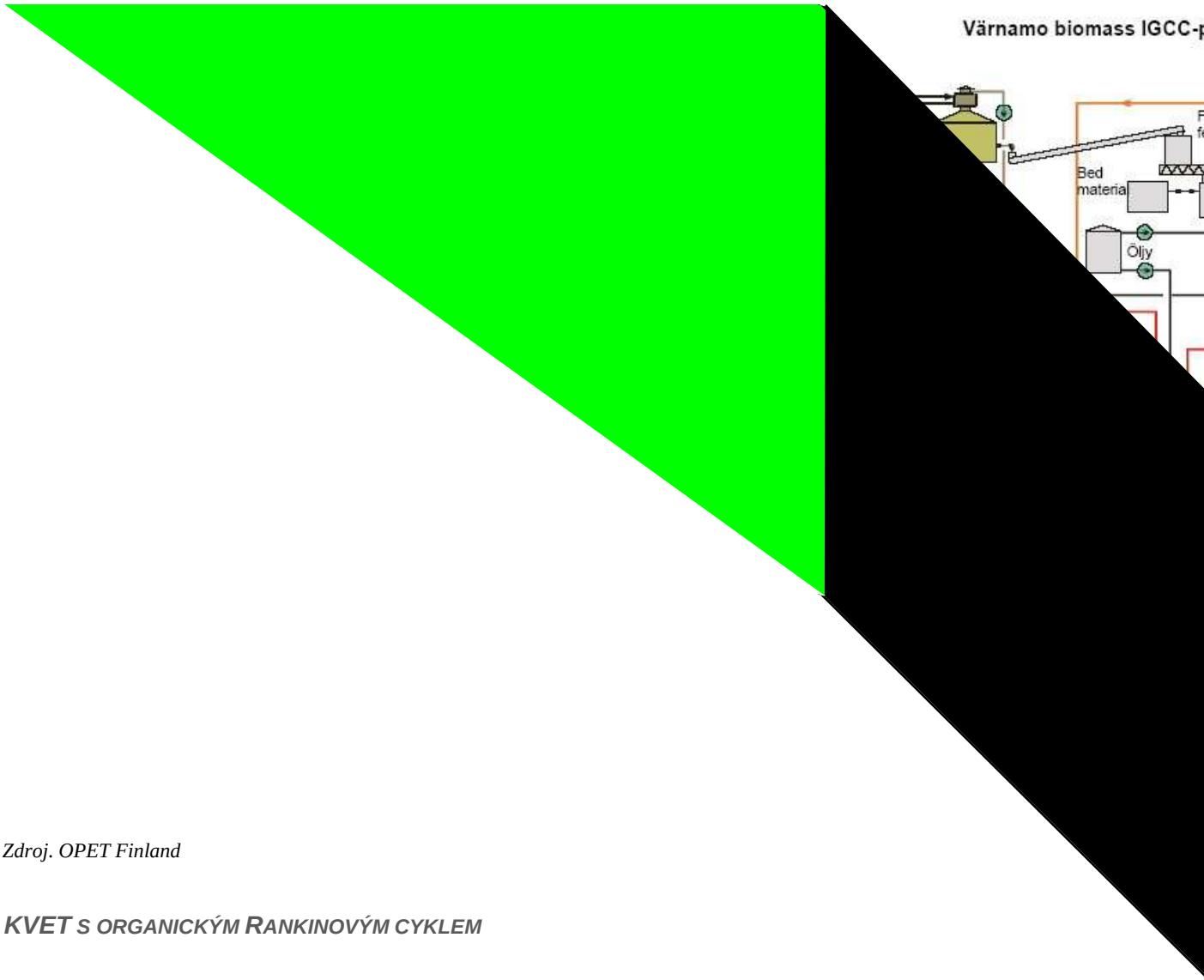
1. Jaké problémy se mohou vyskytnout při spalování energoplynu v plynových motorech?

KVET SE SPALOVACÍMI TURBÍNAMI

Plynné produkty zplaňování biomasy je možno využít v e zdrojích KVET s plynovou spalovací turbínou, která může být součástí kombinovaného (paroplynového) cyklu. První evropskou teplárnou na biomasu s kombinovaným cyklem, využívající spalovací turbínu v paroplynovém zapojení, je demonstrační jednotka ve Värnamo v jižním Švédsku.
Teplárna je vybavena integrovanými tlakovými zplyňovacími generátory s cirkulujícím fluidním ložem, umožňujícími zplyňování biomasy i uhlí. Tato jednotka slouží zejména k výzkumu, vývoji a demonstraci dané technologie, má však již výkon vhodný pro běžnou

aplikaci - výkon 9 MW_t + 6 MW_e (spalovací turbína má výkon 4 MW_e, parní turbína 2 MW_e).

Obrázek :6 Teplárna na biomasu ve švédském Värnamo s kombinovaným cyklem a integrovanou technologií tlakového zplyňování biomasy



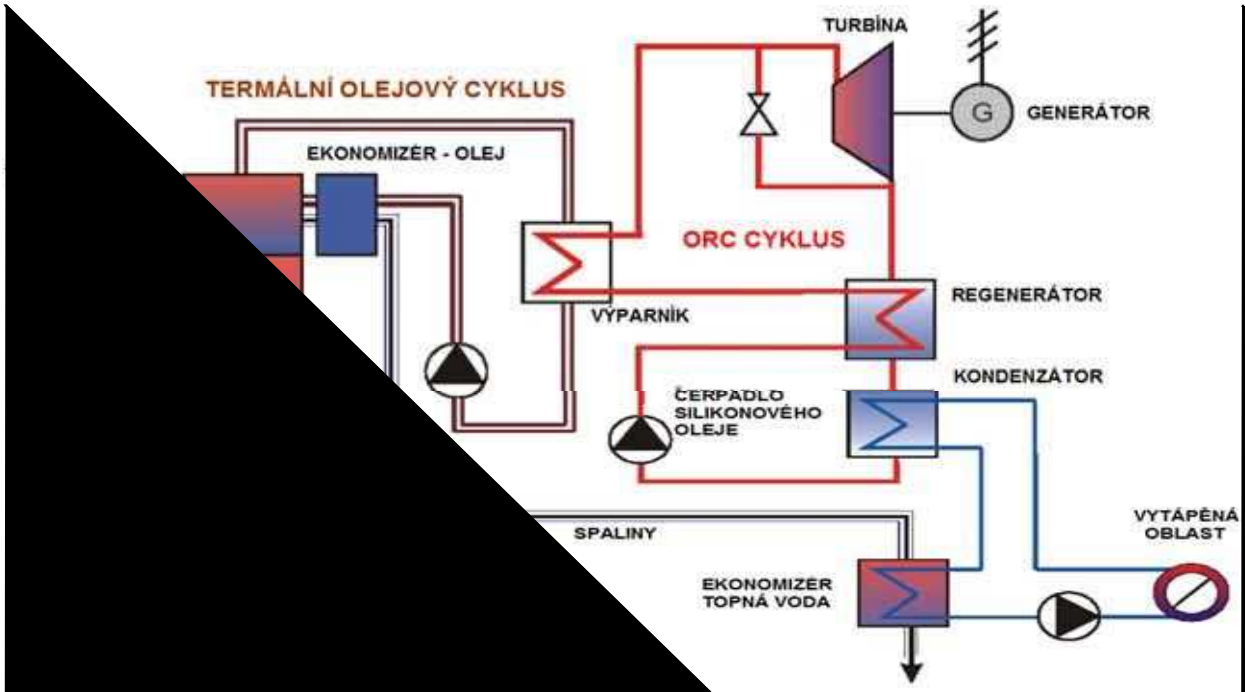
Zdroj. OPET Finland

KVET S ORGANICKÝM RANKINOVÝM CYKLEM

Organický Rankinův cyklus (ORC) je obdobou elektrárenského kondenzačního cyklu, kdy je namísto vodní páry jako pracovní látku v primárním okruhu použita směs organických sloučenin (např. silikonový olej), které jsou svými termodynamickými vlastnostmi vhodné k použití v tepelném oběhu. Výhodou oleje je, že při dané teplotě (např. 300 °C) se udrží v kapalném stavu při značně nižším tlaku než voda.

Olej ohřátý v tomto kotli je využíván jako teplonosná látka, jenž přes výparník předává své teplo pracovní látce uzavřeného sekundárního okruhu ORC.
Ve výparníku se pracovní organická látka vypařuje, dosahuje většího tlaku než má olej a organické páry jsou vedeny do axiální parní turbíny, kde expandují. Turbína je přímo spojena s generátorem elektrické energie.
Pára je za turbínou vedena do kondenzátoru, kde kondenzuje po odebrání výparného tepla chladicí vodou, která pak dodává teplo pro další využití. Při vhodném navržení tepelného oběhu lze toto teplo využít např. v systému CZT, případně k jiným účelům, například k sušení řeziva v dřevozpracujících provozech, kde je kotelna přímo u zdroje paliva.
Výkony jednotek KVET s ORC bývají obvykle od cca 100 kW do jednotek MW, elektrická účinnost je cca 15 – 18%.
Celková účinnost kogenerace s ORC může být až cca 85 %, běžně dosahovaná účinnost je cca 80%.
Výhodou kogenerace s ORC jsou nižší nároky na materiál, nižší provozní náklady, využití nízkopotenciálových zdrojů tepla, nevýhodami pak složitější technologický systém, nízký teplárenský modul a v současnosti stále vysoké investiční náklady na jednotku výkonu.

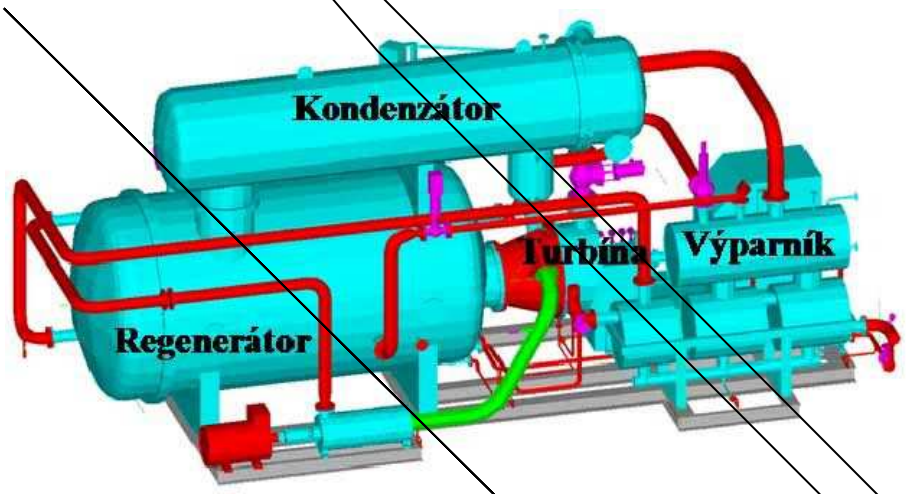
Obrázek: 7 Schéma využití ORC pro spole čnou výrobu tepla a elektrické energie z biomasy



Zdroj. TTS Třebíč

V ČR jsou od roku 2005 v provozu teplárny na biomasu využívající ORC v Třebíči (výkon ORC jednotky 5,4 MW_t + 1 MW_e) a Trhových Svinech (2,8 MW_t + 0,6 MW_e). V zahraničí je teplárna na biomasu využívající ORC v rakouském Lienzu o výkonu 4,65 MW_t a 1 MW_e.

Obrázek: 8 ORC modul 1 MWe TTS T řebíč instalovaný v teplárně v Třebíči



Zdroj. TTS Třebíč

CVIČENÍ:

KONTROLNÍ OTÁZKY:

1. Na jakém principu pracuje ORC a jaký je jeho význam?

KVET SE STIRLINGOVÝM MOTOREM

Stirlingův motor je znám již od počátku l9.století. Tento motor má dva pracovní prostory, mezi nimiž může volně proudit plyn (je v nich prakticky stejný tlak). Jeden z prostorů je studený, druhý horký. Toho je docíleno buď přímým ohříváním a chlazením komor, nebo, a to častěji, vnějším ohřívačem a chladičem. Mezi ohřívačem a chladičem je obvykle zařazen ještě regenerátor, akumulující teplo plynu procházejícího z ohřívače do chladiče nebo naopak.

V posledních letech se ukázala možnost jeho použití pro stacionární účely a to zejména při kogenerační výrobě elektřiny a tepla v malých jednotkách o výkonech řádově jednotek až desítek kW.

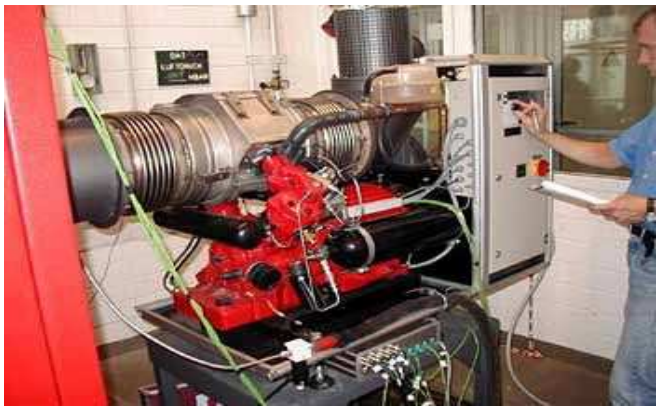
Moderní Stirlingův motor se vyznačuje dobrou účinností, spolehlivostí, tichým chodem a nižšími emisemi. Hlavní výhodou je skutečnost, že tento motor může pracovat s nejrůznějšími zdroji tepla počínaje sluneční energií a konče libovolným fosilním palivem a biomasou. Nevýhodou je špatná regulovatelnost a malá pohotovost k provozu. Potřebuje také poměrně velký chladič s výkonným ventilátorem a pro dosažení vysoké účinnosti musí pracovat s vysokými tlaky plynu.

Elektrická účinnost kogeneračních jednotek se Stirlingovým motorem se pohybuje v rozpětí 25 až 33%, což je účinnost u motorů o výkonu 1 až 50 kW velmi dobrá.

Využití biomasy v kombinaci se Stirlingovým motorem, je velmi perspektivní. Vzhledem k tomu, že spaliny nepřicházejí do styku s pohyblivými částmi motoru, nehrozí nebezpečí zadehtování v případě použití plynu získaného zplyněním biopaliv v generátoru s pevným ložem. Bez komplikovaného čištění surového plynu proto mohou být použity zplyňovací generátory tohoto typu v malých kompaktních kogeneračních jednotkách.

Velmi zajímavé jsou mikrojednotky vyvinuté americkou firmou Sunpower, vybavené Stirlingovými motory s volnými písty o elektrickém výkonu 1 kW až 25 kW, a již provozně vyzkoušené. V SRN jsou firmou SOLO vyvíjeny mikrojednotky na dřevní pelety, které dosahují velikosti běžného peletového kotle.

Obrázek: 8 Pokusná kogenerační jednotka na biomasu SOLO Stirling 161



Zdroj: www.stirling-engine.de

CVIČENÍ:

KONTROLNÍ OTÁZKY:

1. Jaké jsou výhody a nevýhody využití Stirlingového motoru ?

KVET S MIKROTURBÍNAMI

Kogenerační jednotky s mikroturbínami jsou moderní, rychle se vyvíjející kogenerační technologií o jednotkových výkonech 20 – 300 kW. Elektrická účinnost kogeneračních jednotek s mikroturbínami je v současnosti 20 - 30% a mohou být použity jako základní, špičkové i jako záložní zdroje a rovněž pro trigeneraci (výroba elektřiny, tepla a chladu. Jejich výhodou je kompaktnost, malé potřeba údržby, spolehlivost, nízké nároky na údržbu, veliká dynamika změny zátěže, nízké emise a vysoká teplota spalin a tedy i vyšší parametry tepelného výstupu.

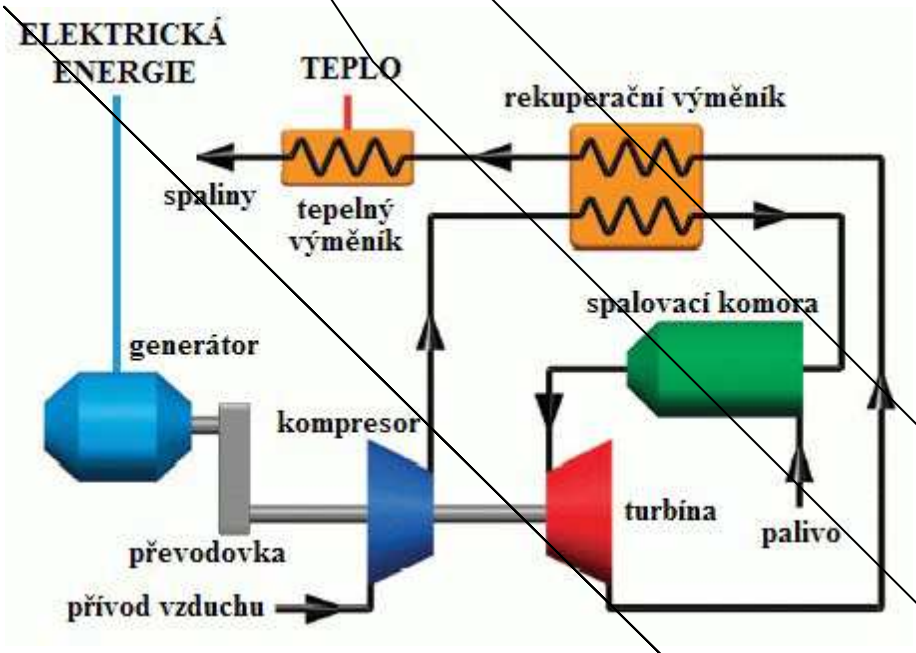
Spolehlivost mikroturbín je dána faktem, že mají jedinou pohyblivou část – vysokootáčkovou hřídel (1000 a více ot./s) rotoru turbíny, kompresoru a generátoru. Hřídel je obvykle letmo

uložená ve vzduchových ložiscích na rozdíl od kluzných ložisek používaných v klasických turbínách.

V mikroturbínách je možno použít nejen fosilní plynná a kapalná paliva, ale i plynná a kapalná biopaliva.

V komerčním provozu jsou mikroturbíny spalující bioplyn a skládkový plyn, v současnosti probíhá výzkum a testování možností využití různých kapalných biopaliv – metanolu, etanolu, metylesteru, pyrolýzního oleje apod.

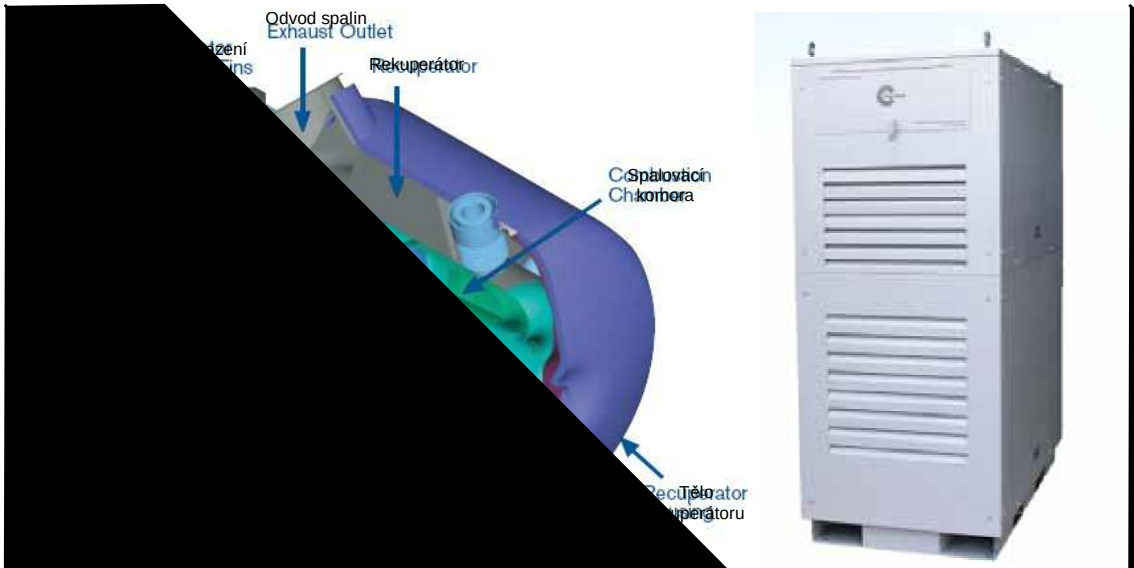
Obrázek: 9 Schéma kogenera ční jednotky s mikroturbínou



Nevýhodou mikroturbín je v současnosti jejich cena – kolem 900 – 1200 EUR/kW. V nejbližších cca 10 letech je očekáván další vývoj této technologie a snížení nákladů na cca 500 EUR/kW, zvýšení elektrické účinnosti na cca 40% a další snížení emisí ve spalinách.

Nejznámějšími současnými výrobci jsou firmy Capstone a Turbec.

Obrázek: 10 Kogenera ční jednotka Capstone s mikroturbínou



Zd

CVIČENÍ:

KONTROLNÍ OTÁZKY:

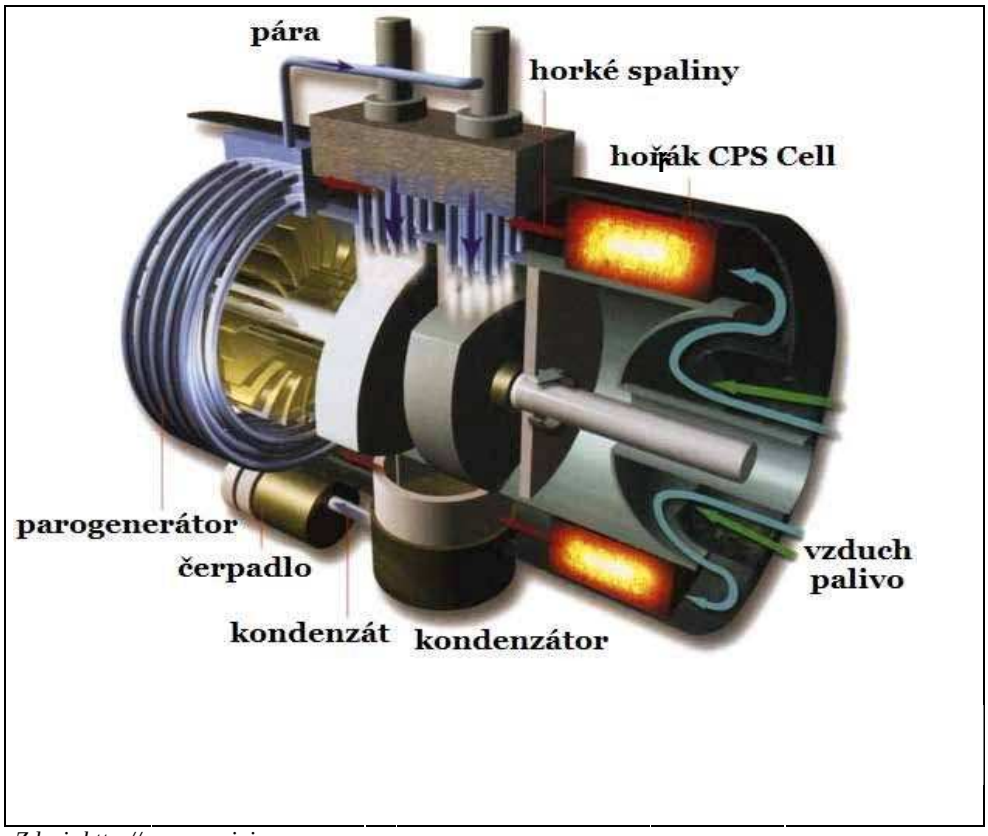
1. Jaká paliva mohou být spalována v m

KOGENERAČNÍ MIKROJEDNOTKY S PARNÍ

V současné době vyvíjí německá firma Engi
nazvané SteamCell na bázi parního rotačního
nízkoemisním hořením plynu bez plamene v keram
komerčním produktem.

Elektrický výkon vyvíjené jednotky je 4,6 kW_e, tepelný výkon
16,5 %, celková účinnost 92 % (!). Výhodou by měl být rovně
regulace od 5 do 100% jmenovitého výkonu a velikost jednotk
srovnatelná s velikostí skříně běžného PC v provedení Tower..

Obrázek : 11 Kogenerační jednotka SteamCell



Zdroj: http://www.enginion.com

BUDOUCÍ TECHNOLOGIE PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY

Budoucí technologie a postupy pro energetické využívání biomasy představují velmi perspektivní oblast energetiky. Přehled těchto možností je uveden v následující tabulce.

Tabulka: 1 Budoucí perspektivní technologie pro energetické využití biomasy

Oblast	Nové technologie a postupy	Budoucí technologie

Zdroje biomasy	Nové energetické rostliny a plodiny Hospodaření s bioodpadem	„Bioinženýrství“ nových energetických rostlin Vývoj nízkoenergetických systémů zemědělské produkce Vodní biomasa (řasy) Využití IT v řízení hospodaření s půdou a biologickými systémy
Systémy zásobování	Nová agrotechnika Densifikace biomasy Logistika zásobovacího řetězce	Biorafinérie Nové technologie densifikace biomasy Biotechnologické monitorování kvality v celém řetězci IT nástroje pro modelování a optimalizaci zásobovacího řetězce
Přeměna	Pokročilé spalování Spoluspalování Zplyňování Pyrolýza Bioetanol ze škrobů a cukrů Bioetanol z lignocelulózy Bionafta z rostlinných olejů Pokročilá anaerobní digesce	Katalytické zkapalňování biomasy Bio-vodík (vodík z biopřeměny biomasy) Přeměny využívající plazmové procesy Pokročilé a nové systémy přeměny biomasy (např. elektrochemické) Mikrokogenerace na biomasu
Konečné produkty	Bio-teplo Bio-elektřina Biopaliva pro dopravu Rafinovaná tuhá biopaliva	Využití bio-vodíku v palivových článcích Použití biopaliv v koncepčně nových motorech Nové biotechnologické produkty Komplexní systémy s více produkty Ukládání CO_2 Uzavřený cyklus
Systémová integrace	Normalizace a standardy Nejlepší dostupné praktiky Ekonomické / ekologické modelování a optimalizace	Řízení systémů s pomocí IT Sociotechnický návrh produktů a aplikací Udržitelnost založená na lokálních i globálních efektech

Zdroj:inspirováno tabulkovým přehledem zpracovaným Risoe Denmark

CVIČENÍ:

KONTROLNÍ OTÁZKY A ODPOVĚDI:

1. Vyjmenujte způsoby energetického využívání biomasy ve zdrojích KVET?

Biomasa může být ve zdrojích KVET nebo ve stávajících elektrárnách využita třemi způsoby: spalováním biomasy v parních kotlích s připojenou parní turbínou v teplárenském zapojení, spoluspalováním biomasy a fosilního paliva v tepelných zdrojích s parními turbínami, a připojením zvláštních kotlů na biomasu k parní sběrnici klasické elektrárny či teplárny (tzv. paralelní spalování).

2. Jaký je význam zapojení KVET s parním strojem?

Parní stroj je také možno dodatečně instalovat do systémů KVET s parním kotlem na biomasu s vhodnými parametry páry, kde by technicky nebyla vhodná nebo se nevyplatila parní turbína. Takovéto řešení je obvykle vhodnější, než použití v nově budovaných systémech KVET na biomasu.

3. Jaký je princip a význam šroubového parního stroje?

U šroubových parních strojů, pára expanduje mezi dvěma do sebe zapadajícími, protiběžnými šroubovými rotory. Tyto stroje mohou pracovat v širokém rozsahu výkonů, jsou málo citlivé na výkyvy v kvalitativních parametrech páry a mohou být využívány v kogeneračních soustrojích o výkonech 200 – 1500 kW_e.

4. Jaké problémy se mohou vyskytnout při spalování energoplynu v plynových motorech?

Jedná se o částice popela, dehtové látky a další příměsi jako např. síra nebo křemík, které mohou ovlivnit životnost a spolehlivost plynových motorů je před kogenerační jednotku obvykle nutno předřadit technologii čištění energoplynu.

5. Na jakém principu pracuje ORC a jaký je jeho význam?

Organický Rankinův cyklus (ORC) je obdobou elektrárenského kondenzačního cyklu, kdy je namísto vodní páry jako pracovní látku v primárním okruhu použita směs organických sloučenin (např. silikonový olej), které jsou svými termodynamickými vlastnostmi vhodné k použití v tepelném oběhu. Výhodou oleje je, že při dané teplotě (např. 300 °C) se udrží v kapalném stavu při značně nižším tlaku než voda.

6. Jaké jsou výhody a nevýhody využití Stirlingového motoru ?

Moderní Stirlingův motor se vyznačuje dobrou účinností, spolehlivostí, tichým chodem a nižšími emisemi. Hlavní výhodou je skutečnost, že tento motor může pracovat s nejrůznějšími zdroji tepla počínaje sluneční energií a konče libovolným fosilním palivem a biomasou. Nevýhodou je špatná regulovatelnost a malá pohotovost k provozu. Potřebuje také poměrně velký chladič s výkonným ventilátorem a pro dosažení vysoké účinnosti musí pracovat s vysokými tlaky plynu.

7. Jaká paliva mohou být spalována v mikroturbínách?

V komerčním provozu jsou mikroturbíny spalující bioplyn a skládkový plyn, v současnosti probíhá výzkum a testování možností využití různých kapalných biopaliv – metanolu, etanolu, metylesteru, pyrolýzního oleje apod.