

dr inż. Andrzej Wiszniewski*

Technologie mikrotrigeneracji w rozproszonych źródłach energii

Micro-CHCP technologies in distributed energy production

Zdecentralizowane systemy generacji energii charakteryzuje:

- **wysoka efektywność wykorzystania energii chemicznej różnych rodzajów paliw**, przez:

- obniżenie zużycia energii pierwotnej dzięki jednoczesnej produkcji ciepła i energii elektrycznej;

- obniżenie zużycia energii końcowej dzięki wykorzystaniu ciepła odpadowego do produkcji chłodu;

- ograniczenie zużycia energii paliw kopalnych dzięki możliwości zastosowania OZE (słońce, biopaliwa, biomasę);

- **stabilność ekonomiczna**, dzięki: redukcji kosztów energii; odporności na zmiany cen nośników energii; długiemu czasowi wykorzystania w ciągu roku;

- **wykorzystanie produkowanej energii na miejscu**, co przyczyni się do:

- poprawy bezpieczeństwa energetycznego;

- ograniczenia strat przesyłowych;

- ograniczenia kosztów rozbudowy oraz eksploatacji sieci ciepłowniczej;

- zwiększenia niezawodności zasilania;

- możliwości wykorzystania lokalnych zasobów energetycznych;

- możliwości łatwego i taniego zbilansowania sieci w okresie największych obciążeń.

Trigeneracja – CHCP (combined heating, cooling and power) jest to efektywne wytwarzanie energii elektrycznej, ciepła i chłodu w jednej instalacji. Podstawowymi składnikami systemu CHCP są: jednostka kogeneracyjna wytwarzająca jednocześnie ciepło i energię elektryczną (CHP) oraz urządzenie do wytwarzania chłodu z ciepła – TDC (thermally driven chiller). Główne czynniki warunkujące stosowanie systemów CHCP to: osiągnięcie moż-

liwie największej sprawności konwersji energii pierwotnej na użyteczną oraz zapewnienie maksymalnej liczby godzin pracy systemu w ciągu roku przez wykorzystanie ciepła odpadowego z jednostki CHP zarówno do produkcji ciepła, jak i chłodu. Powinno to być osiągnięte przy lepszej efektywności ekonomicznej w porównaniu z samą kogeneracją, gdzie nie wykorzystuje się ciepła do produkcji chłodu.

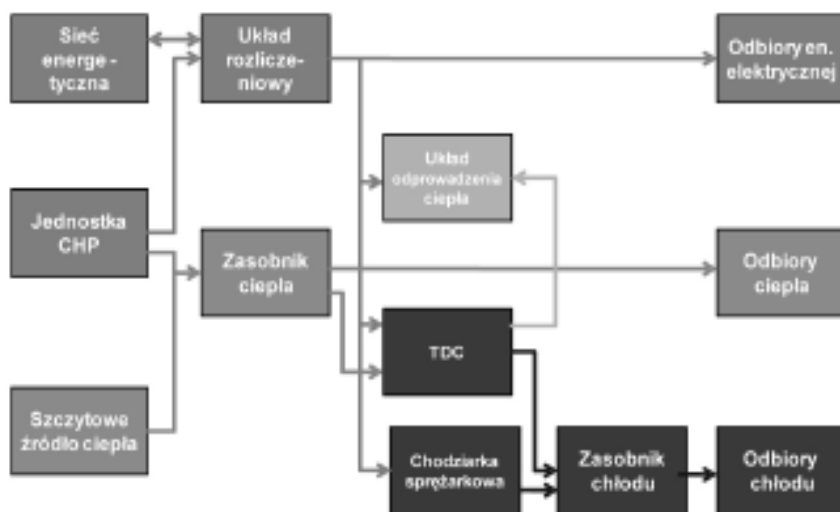
Technologia

Obecnie systemy CHCP ograniczone są do zastosowania w przypadku dużej wydajności (od kilkuset kW do kilku MW), głównie w przemyśle oraz systemach ciepłowniczych i centralnego chłodzenia. Przy mocy źródła energii mniejszej niż 100 kW, coraz bardziej rozpowszechnione są systemy kogeneracyjne. Prowadzone są również prace badawcze i wdrożeniowe nad systemami produkcji chłodu z ciepła o wydajności od kilku do kilkudziesięciu kW. Realne zatem staje się w przyszłości wdrożenie efektywnych systemów CHCP małych wydajności, tzw. mikrotrigeneracji [1].

Systemy mikrokogeneracji znajdują coraz częściej zastosowanie we

wszystkich obiektach, gdzie występuje stałe zapotrzebowanie na ciepło poza sezonem grzewczym na poziomie kilkudziesięciu kW (szpitale, hotele, ośrodki sportowo-rekreacyjne itp.). Wykorzystanie ciepła odpadowego z kogeneracji do produkcji chłodu na cele klimatyzacji pomieszczeń może znacząco zwiększyć obszar zastosowania o budynki użyteczności publicznej oraz budownictwo mieszkaniowe.

Podstawowym urządzeniem lokalnego systemu trigeneracyjnego jest jednostka kogeneracyjna – CHP (rysunek), która pełni rolę podstawowego źródła ciepła i powinna być wymiarowana na zapotrzebowanie ciepła poza sezonem grzewczym, czyli ciepło do przygotowania c. w. u., pokrycia potrzeb technologicznych oraz podstawowego zapotrzebowania na ciepło do produkcji chłodu w TDC. Szczytowe zapotrzebowanie na ciepło pokrywane jest przez konwencjonalne źródło, najczęściej zasilane tym samym paliwem co jednostka kogeneracyjna. Ze względu na dobowe nierównomierności w zapotrzebowaniu stosowany jest zazwyczaj zasobnik ciepła. Natomiast nierównomierności w zapotrzebowaniu na chłód mogą być pokrywane przez



Schemat ideowy lokalnego systemu trigeneracyjnego – CHCP [1]

* Politechnika Warszawska, Narodowa Agencja Poszanowania Energii

klasykzną chłodziarkę sprężarkową. W celu obniżenia wydajności szczytowego źródła chłodu należy rozważyć zasadność stosowania zasobnika chłodu, lecz jest to jedna z opcji. Nierównomierność w zapotrzebowaniu na chłód przy obciążeniu podstawowym z powodzeniem mogą być kompensowane przez zasobnik ciepła. Energia elektryczna produkowana przez jednostkę kogeneracyjną w pierwszej kolejności powinna być zużyta na własne potrzeby. Nadmiar lub niedobór energii elektrycznej jest kompensowany przez współpracę z siecią elektroenergetyczną. Istotnym elementem systemu CHCP jest układ odprowadzenia ciepła, kosztowny i wymagający dużo miejsca. Zarówno jednostka kogeneracyjna, jak TDC mogą być wykonane w różnych technologiach.

Układy CHP

Układy skojarzone z tłokowymi silnikami gazowymi stosowane są najczęściej do produkcji gorącej wody lub pary nasyconej. Ciepło odzyskuje się z wymiennika sprężanego powietrza, wymiennika płaszczka silnika, wymiennika oleju oraz wymiennika spalin. **W silnikach Otto**, w celu zmniejszenia emisji tlenków azotu (NO_x), stosowane są ubogie mieszanki paliwa z powietrzem (duży nadmiar powietrza). Spalanie mniejszej ilości paliwa prowadzi do zmniejszenia mocy silnika, dlatego doładowuje się je turbosprężarkami napędzanymi gazami spalinowymi. **Drugim rodzajem silników gazowych stosowanych w kogeneracji są silniki Diesla**, w których ciepło doprowadzane jest przy stałym ciśnieniu. Silniki te mają zapłon samoczynny i mogą być zasilane gazem ziemnym lub biogazem. Gaz mieszany jest z powietrzem i zapalany za pomocą oleju doprowadzanego instalacją wtryskową do komory spalania. Udział oleju powinien wynosić maksymalnie 10% doprowadzonej mocy paliwa. W silnikach Diesla stosuje się również ubogą mieszankę paliwa. W sytuacji braku zasilania gazem mogą być napędzane czystym olejem do zapłonu lub olejem napędowym. Jako olej zapłonowy stosowany jest olej opałowy lub napędowy.

Do zalet silnika Otto można zaliczyć: konstrukcję przystosowaną do wykorzystania gazu; niską emisję zanie-

czyszczeń; małe nakłady inwestycyjne. Natomiast wadami są podwyższone koszty oraz niższy współczynnik sprawności elektrycznej w dolnych zakresach mocy w stosunku do silników o zapłonie samoczynnym. Zaletami silnika Diesla są: niskie koszty inwestycyjne; podwyższony współczynnik wydajności elektrycznej w dolnym zakresie mocy w porównaniu z gazowym silnikiem Otto. Ogólny współczynnik sprawności silnika Diesla jest niższy niż silnika Otto. Niezbędne jest również zmagazynowanie dodatkowego paliwa do zapłonu.

Turbina gazowa jest silnikiem cieplnym, który energię napędową pobiera z przepływających spalin. Składa się ze sprężarki, komory spalania oraz wirnika obracającego się na wale zintegrowanym z generatorem prądu. Turbina gazowa pracuje w cyklu otwartym opisywanym cyklem Braytona. Sprężone powietrze jest mieszane z paliwem, następnie w komorze spalania następuje zapłon. Spaliny są rozprężane do ciśnienia atmosferycznego na wirniku turbiny, powodując obracanie się wału i w konsekwencji produkcję energii elektrycznej za pomocą generatora prądu. Elementy turbiny są chłodzone za pomocą obiegu chłodzenia. W celu odzyskania ciepła z rozprężonych spalin stosowane są często dodatkowe wymienniki ciepła. Odzyskane ciepło może być częściowo wykorzystane do wstępnego podgrzania sprężanego powietrza, w celu podniesienia efektywności procesu. Ostatnio szczególnym zainteresowaniem cieszą się mikroturbiny – turbiny gazowe o mocy elektrycznej 30 – 350 kW. Znajdują one szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach (np. zasilanie w ciepło i energię elektryczną budynków mieszkalnych, biurowych, usługowych). Są produkowane bez i z odzyskiem ciepła spalin. W mikroturbinach bez odzysku ciepła sprężona mieszanka gazu ziemnego i powietrza jest spalana przy stałym ciśnieniu, a uzyskany strumień gorących spalin rozpręża się w turbinie gazowej, napędzając generator. Układy te realizują prosty cykl termodynamiczny, są tańsze i zarazem bardziej niezawodne od mikroturbin z odzyskiem ciepła mających wymiennik, w którym część ciepła zawarta w strumieniu spalin wylotowych zostaje przekazana powietrzu wlotowemu. Zalety mikroturbin to:

– niewielka liczba elementów wirujących i ruchomych, kompaktowa budowa, małe gabaryty i waga (co ułatwia montaż i konserwację);

– niska emisja zanieczyszczeń i poziom hałasu (co pozwala na wykorzystanie ich praktycznie w każdym obiekcie).

Wadami są natomiast wysokie koszty zakupu oraz relatywnie niska sprawność mechaniczna.

Silniki Stirlinga działają na zasadzie rozprężania i sprężania gazu roboczego przez jego naprzemienne ogrzewanie i chłodzenie. Źródło ciepła napędzającego silnik znajduje się na zewnątrz, zaś ciepło dostarczane jest do przestrzeni roboczej przez wymiennik. W wyniku dostarczania ciepła następuje zmiana objętości gazu roboczego, co jest wykorzystywane do poruszania tłoka i dalej do produkcji energii elektrycznej. Niezbędne w pracy silnika ciepło pochodzi ze spalania dowolnej, nadającej się do tego celu substancji. Silnik Stirlinga nie ma rozrządu, nie korzysta ze spalania wybuchowego i nie ma wydechu (czyli nie ma źródeł hałasu), dzięki temu jest niemal bezgłośny. Do wad można zaliczyć niskie obroty, które kompensowane są możliwością dokładnej kontroli procesu spalania paliwa (lepszej niż w przypadku silnika tłokowego). Temperatura spalin napędzających silnik wynosi ok. 1000°C. Obecnie nie produkuje się seryjnie silników Stirlinga dla systemów CHP i raczej nie należy oczekiwać, że pojawi się na rynku niezawodny produkt w rozsądnej cenie. Problemem jest zapewnienie odpowiednio dużej powierzchni wymiennika, który w sposób efektywny dostarczałby ciepło do przestrzeni roboczej. Wysoka temperatura nieoczyszczonych spalin napędzających silnik powoduje dodatkowe problemy z zanieczyszczeniem powierzchni wymiany ciepła – stąd duża masa i wymiary silników, niewspółmierne do osiąganych wydajności.

Ogniwa paliwowe wykorzystywane są do generacji energii elektrycznej i ciepła. Do zalet tej technologii należą:

- wysoka jakość dostarczanej energii (energia dostarczana jest bardzo odporna na zakłócenia);

- wysoka sprawność (charakteryzują się wysoką gęstością energetyczną, są mniejsze i lżejsze od innych źródeł energii o porównywalnej mocy, wytwarzają energię służącą bezpośrednio

do napędu, sprawność w generowaniu energii elektrycznej osiąga nawet 50%, natomiast w procesie kogeneracji, produkcji energii elektrycznej i ciepła osiąga sprawność nawet 85%);

- możliwość stosowania różnych rodzajów paliw (do zasilania może być użyte każde paliwo bogate w wodór, uzyskiwanie wodoru z paliwa może przebiegać wewnątrz ogniwa paliwowego, tzw. wewnętrzny reforming, lub poza ogniwem w zewnętrznym urządzeniu zwanym fuel reformer);

- niska emisja zanieczyszczeń (nie zachodzi w nich proces spalania paliwa, ogniwo paliwowe produkuje ok. 25 razy mniej zanieczyszczeń w porównaniu z generatorami spalinowymi, natomiast w przypadku zasilania wodorem ilość produkowanych zanieczyszczeń jest niewielka);

- skalowalność (można łączyć ogniwa paliwowe w celu osiągnięciażądanego poziomu generowanej mocy).

Ogniwa paliwowe mogą być wykorzystywane zarówno jako małe domowe jednostki produkujące prąd i ciepło (systemy CHP), pomocnicze źródła prądu o mocy rzędu kilowatów, jak i duże elektrownie o mocy kilku megawatów. Układy te są stosowane tam, gdzie niezbędna jest dostępność energii elektrycznej, np. szpitale, bazy wojskowe, budynki biurowe, zakłady przemysłowe. Ogniwa paliwowe są skalowalne i pozwalają na budowę elektrowni małej mocy (rzędu kilku MW). Generatory o mocy 1 – 10 kW mogą zaopatrzyć w energię elektryczną i ciepło domy mieszkalne, biura oraz budynki użyteczności publicznej. Generatory wykorzystujące technologię ogniwiw paliwowych dostarczają energię elektryczną o precyzyjnych parametrach, nie posiadają ruchomych elementów i są w stanie zapewnić dostęp do energii dłużej niż obecnie stosowane generatory energii. Generatory z systemem ogniwiw paliwowych zasila się wodorem lub związkami wodorowęglowymi. Technologia ta jest bardzo cicha, wydajna i wytwarza minimalne ilości zanieczyszczeń. Barierą, która nie pozwala na masową produkcję i zastosowanie ogniwiw paliwowych, jest trudność w osiągnięciu odpowiedniej żywotności – przeciętnie powyżej 40000 h, koniecznej dla zastosowania w CHP.

Systemy kogeneracyjne wykorzystujące proces ORC działają na tej sa-

mej zasadzie co klasyczne obiegi parowe. Różnica polega na zastosowaniu innego czynnika roboczego, którym zamiast pary wodnej jest czynnik organiczny (węglowodory, czynniki chłodnicze lub olej silikonowy) charakteryzujący się niższą temperaturą parowania. Zaletą tego procesu jest możliwość wykorzystania niskotemperaturowych źródeł energii, wadą zaś ograniczenie sprawności i wydajności procesu wynikające z maksymalnej temperatury. Jako maszyny robocze mogą być używane turbiny osiowe lub odśrodkowe, silniki śrubowe i tłokowe oraz rozprężacze spiralne. W systemach CHP o małej wydajności zaletą ORC jest niski spadek sprawności maszyny roboczej przy pracy z częściowym obciążeniem. Systemy ORC pracują przy niższym ciśnieniu niż klasyczne obiegi parowe, stąd nie jest konieczne stosowanie drogich, wysokociśnieniowych źródeł ciepła (kocioł parowych). Technologia jest dobrze rozwinięta, a czas życia modułów ORC wynosi powyżej 20 lat w przypadku wydajności powyżej 400 kW. Systemy o mniejszej wydajności są mniej popularne i charakteryzują się wysokimi jednostkowymi nakładami inwestycyjnymi. Technologia ORC jest z powodzeniem stosowana w różnego rodzaju instalacjach o mocy 400 – 3000 kW, ale

prowadzone są prace badawcze i wdrożeniowe nad urządzeniami o wydajności 30 – 60 kW.

Silniki parowe są maszynami tłokowymi wykorzystującymi energię rozprężania pary. Działają na zasadzie cyklu Clausiusa-Rankina. Czynnikiem roboczym w urządzeniach produkowanych seryjnie o mocy powyżej 300 kW jest para wodna. Urządzenia „mikro” (o mocy kilku kW) wykorzystują jako czynniki robocze mieszaninę wody i alkoholu lub freony. Produkuje się je w pojedynczych egzemplarzach lub krótkich seriach i wykorzystuje w projektach demonstracyjnych lub pilotowych [2]. Podstawowe wady, to wysoki koszt zakupu (3 – 6 tys. euro/kW) oraz niska sprawność elektryczna. Podstawowe parametry techniczne i użytkowe różnych systemów mikro-CHP przedstawiono w tabeli 1.

Technologie produkcji chłodu z ciepła

Urządzenia do produkcji chłodu z ciepła (TDC), wykorzystujące zjawiska absorpcji i adsorpcji, to drugi główny komponent systemów CHCP. **Chłodziarki absorpcyjne** działają na zasadzie krążenia czynnika chłodniczego między absorberem (w którym czynnik jest pochłaniany)

Tabela 1. Podstawowe parametry techniczne i użytkowe różnych systemów mikro-CHP

Parametr	Silniki tłokowe	Mikroturbiny gazowe	Ogniwa paliwowe	Silniki Stirlinga	Silniki parowe	ORC
Moc minimalna [kW]	5	30	1	0,5	0,2	1
Stosunek mocy elektrycznej do cieplnej	0,5 – 0,75	0,55	0,8 – 1,0	0,2 – 0,6	0,15 – 0,25	0,2 – 0,4
Sprawność elektryczna [%]	25 – 45	15 – 35	35 – 55	6 – 28	10 – 15	6 – 20
Sprawność cieplna [%]	40 – 60	40 – 60	20 – 50	40 – 80	60 – 80	20 – 70
Sprawność całkowita [%]	70 – 95	60 – 85	55 – 90	> 90	> 90	75 – 85
Rodzaj paliwa	paliwa gazowe i płynne, w tym biopaliwa	paliwa gazowe i płynne, w tym biopaliwa	wodór, metanol, metan, gaz ziemny	wszystkie paliwa	wszystkie paliwa, ciepło odpadowe	wszystkie paliwa, ciepło odpadowe
Obszar zastosowania	budynki mieszkalne, użyteczności publicznej, przemysł	budynki użyteczności publicznej, przemysł	budynki mieszkalne, użyteczności publicznej, przemysł, transport	przemysł	budynki mieszkalne, użyteczności publicznej, przemysł	budynki mieszkalne, użyteczności publicznej, przemysł
Stan zaawansowania technologii	produkt rynkowy	produkt rynkowy	instalacje demonstracyjne i pilotowe	instalacje demonstracyjne i pilotowe	instalacje demonstr. i pilotowe w zakresie mikro-CHP	ORC – produkt rynkowy, Cykl Kaliny – prototypy



ARBOCEL® CE

Hydroxypropyl Methyl Cellulose (HPMC)

- specjalistyczne zagęstniki na bazie HPMC
- uniwersalność zastosowań
- synergia z włóknami celulozowymi i innymi zagęstnikami
- wysoka efektywność
- optymalna retencja wody

www.jrs.de

RETENMAIER POLSKA
SP. Z O.O.



Włókna prosto z natury

A Member of the JRS Group

Al. Jerozolimskie 181 · 02-222 Warszawa
Tel. + 48 (22) 608 51 04 · Fax + 48 (22) 608 51 91

a desorberem (w chłodziarce tę funkcję spełnia wariak, w którym czynnik wydziela się z roztworu). W urządzeniach tych wykorzystuje się właściwości fizyczne roztworów dwuskładnikowych. Para czynnika chłodniczego odpływa z parownika, gdyż jest pochłaniana przez ciekły roztwór roboczy wypełniający absorber. Źródłem energii jest ciepło dostarczane do wariaka. Następuje w nim odparowanie czynnika chłodniczego z roztworu roboczego. Para czynnika chłodniczego dopływa do skraplacza i dalej obieg wygląda jak w chłodziarkach sprężarkowych. Układ absorbera i desorbera stanowi sprężarkę chemiczną, natomiast pozostała część obiegu jest identyczna jak w chłodziarce sprężarkowej. W praktyce najczęściej wykorzystywane są dwa rodzaje chłodziarek absorpcyjnych: bromo-litowe (czynnik roboczy – woda), pojedynczego i podwójnego efektu oraz amoniakalne (czynnik roboczy – amoniak). Obieg dwustopniowej chłodziarki absorpcyjnej jest zbliżony do jednostopniowej, jednak wprowadzone usprawnienia zwiększyły jej efektywność. Wy-

maga ona dużo wyższej temperatury ciepła zasilającego urządzenie, zatem nie może być stosowana w typowych systemach mikro-CHCP, gdzie dysponujemy ciepłem odpadowym o temperaturze poniżej 100°C. Chłodziarki absorpcyjne w układach trigeneracji mogą być zasilane gorącą wodą, spalinami, parą nasyconą o niewielkim stopniu przegrzania lub opalane bezpośrednio paliwem gazowym albo ciekłym. Najniższa temperatura gorącej wody w układach rzeczowych wynosi 70°C. W układach skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej, wraz ze wzrostem ilości ciepła wykorzystanego do napędu chłodziarki absorpcyjnej, zmniejsza się wskaźnik wykorzystania energii w układzie. Chłodziarki te mają niski współczynnik efektywności chłodniczej i są mniej wydajne od chłodziarek sprężarkowych. Wraz z obniżaniem temperatury ziębienia, moc spada. Wpływ na współczynnik efektywności chłodniczej oraz parametry urządzenia ma temperatura wody chłodzącej. Podstawowe parametry chłodziarek absorpcyjnych przedstawiono w tabeli 2.

W chłodziarkach adsorpcyjnych czynnikiem roboczym jest woda, natomiast adsorbentem silikażel lub zeolit. W parowniku zachodzi wymiana ciepła pomiędzy czynnikiem roboczym a wodą lodową. Czynnik chłodniczy jest adsorbowany i desorbowany przez adsorbent w jednej z dwóch komór adsorpcyjnych. Głównym powodem rozwoju adsorpcyjnych urządzeń chłodniczych są coraz bardziej restrykcyjne przepisy dotyczące stosowania czynników chłodniczych zubożających warstwę ozonową. Restrykcje te nie dotyczą adsorpcyjnych urządzeń chłodniczych, gdyż większość czynników chłodniczych stosowanych w urządzeniach adsorpcyjnych nie ma wpływu na warstwę ozonową. Głównymi czynnikami chłodniczymi stosowanymi w adsorpcyjnych urządzeniach chłodniczych są: woda, amoniak, metanol, dwutlenek węgla. Źródłem energii dla urządzeń adsorpcyjnych jest energia ciepła (najlepiej gdy jest to energia odpadowa). Układ pracuje cyklicznie i w urządzeniu z dwoma adsorberami składa się z dwóch półcykli. Na początku pierwszego półcyklu panuje

Tabela 2. Podstawowe parametry techniczne chłodziarek absorpcyjnych [3]

Wyszczególnienie	Br-Li pojedynczy efekt	Br-Li podwójny efekt	Woda – amoniak
Moc nominalna [kW]	5 – 6000	350 – 6000	15 – 2500
Współczynnik wydajności chłodniczej	0,6 – 0,8	1,1 – 1,2	0,6 – 0,7
Temperatura wody zasilającej [°C]	85 – 130	150 – 200	(90) 120 – 135
Woda chłodząca [°C]	30 – 35	30 – 35	30 – 35
Woda lodowa zasilenie [°C]	6 – 7	6 – 7	-60 – 0
Czynnik chłodniczy	woda	woda	amoniak
Czynnik roboczy	bromek litu	bromek litu	woda

w adsorberze pierwszym niskie ciśnienie, niska temperatura i jest on nasycony czynnikiem chłodniczym, natomiast w adsorberze drugim wysoka temperatura, wysokie ciśnienie i ma on minimalną wartość zaadsorbowanego czynnika. Wszystkie zawory są zamknięte. Pierwszy półcykl polega na dostarczaniu ciepła do pierwszego adsorbera oraz odbieraniu ciepła z adsorbera drugiego. W wyniku wymiany ciepła w adsorberze pierwszym wzrasta, a w adsorberze drugim maleje temperatura i ciśnienie. Gdy ciśnienie w pierwszym adsorberze wzrośnie do wartości ciśnienia skraplania, oraz ciśnienie w adsorberze drugim spadnie do wartości ciśnienia parowania, otwiera się zawór łączący adsorber pierwszy ze skraplaczem i zawór łączący adsorber drugi z parownikiem. W tym momencie zaczyna się efektywna praca układu chłodniczego. Z adsorbera pierwszego desorbuje czynnik chłodniczy, który przepływa przez skraplacz oraz parownik i jest adsorbowany w adsorberze drugim. Kiedy zakończy się desorpcja i adsorpcja w poszczególnych adsorberach, kończy się pierwszy półcykl i zawory zamykają się. Drugi półcykl jest analogiczny do pierwszego z tą różnicą, że do adsorbera drugiego ciepło dostarczamy, a z adsorbera pierwszego ciepło odbieramy.

Adsorpcyjne urządzenia chłodnicze można podzielić ze względu na liczbę adsorberów oraz rodzaj ich pracy. Ze względu na liczbę adsorberów wyróżniamy urządzenia z jednym, dwoma, czterema i większą liczbą adsorberów. W tabeli 3 podano wartości parametrów chłodziarek adsorpcyjnych stosowanych w gospodarce skojarzonej.

Rynek dostawców chłodziarek adsorpcyjnych jest bardzo mały. W grupie

Tabela 3. Podstawowe parametry chłodziarek adsorpcyjnych [3]

Moc nominalna [kW]	7 – 430
Współczynnik wydajności chłodniczej	0,2 – 0,7
Temperatura czynnika gorącego [°C]	60 – 90
Woda chłodząca [°C]	30 – 35
Woda lodowa zasilenie [°C]	6 – 7
Czynnik chłodniczy	woda
Adsorbent	silikażel, zeolit

dużych urządzeń istnieje tylko jeden dostawca chłodziarek o wydajności 108 – 429 kW (woda – zeolit), a w grupie urządzeń dla mikro-CHCP dwie firmy produkują chłodziarki o wydajności 7 – 15 kW [2].

Podsumowanie

Technologie trigeneracyjne małej skali są już dostępne na rynku. Ze względu na niewielkie doświadczenie związane przede wszystkim z integracją poszczególnych elementów systemów, wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne oraz ograniczone możliwości uzyskania oszczędności w zużyciu energii pierwotnej i redukcji emisji, ich stosowanie powinno być poprzedzone szczegółową analizą techniczną, ekonomiczną i środowiskową. Układy CHCP mają ewidentny potencjał oszczędności energii, jednak nie każda technologia CHP jest w tym przypadku możliwa do zastosowania. Kluczowym parametrem decydującym o poziomie oszczędności energii pierwotnej jest sprawność elektryczna systemu CHP powyżej 30%. Jest to możliwe jedynie w przypadku stosowania układów z silnikami tłokowymi i mikroturbinami. Potencjał oszczędności energii pierwotnej przez stosowanie małych układów kogeneracyjnych – CHP jest ogromny.

Właściwie nie ma już żadnych barier technicznych w przypadku powszechnego stosowania małych układów kogeneracyjnych (CHP) w budynkach. Jedyną barierą w Polsce są skomplikowane procedury związane ze sprzedażą nadmiaru wyprodukowanej energii elektrycznej do sieci i uzyskaniem świadectw pochodzenia energii elektrycznej z wysoko sprawnej kogeneracji. Z uwagi na obowiązujący w Polsce system taryf, systemy CHP i CHCP należy projektować tak, aby możliwie największa część produkowanej energii elektrycznej była zużywana na miejscu.

Atrakcyjność ekonomiczna systemów mikro-CHCP jest, przy obecnym stanie rozwoju technologii, znikoma ze względu na bardzo wysokie nakłady inwestycyjne. Efektywność ekonomiczna systemów CHP i CHCP jest bardzo wrażliwa na ceny paliwa oraz energii elektrycznej. W przypadku gdy ceny energii elektrycznej będą rosły szybciej niż ceny paliw, atrakcyjność tych systemów znacznie wzrośnie.

Abstract

There is a growing potential for the use of the micro-cogeneration systems in buildings since they have the ability to efficiently produce both useful thermal energy and electricity from a single source of fuel. These products are used or aimed for meeting the electrical and thermal demands of a building for space and domestic hot water heating, and potentially, thermally driven cooling. Paper presents principle of operation and essential characteristic of market available technologies of micro-cogeneration as well as micro-thermally driven chillers.

Literatura

- [1] *Polygeneration In Europe – a technical report*, POLYSMART, 6 Framework Program Project, 2008, www.polysmart.org
- [2] *Technology and Literature Review*, POLYSMART, 6 Framework Program Project, 2010, www.polysmart.org
- [3] *Summerheat guideline*, Summerheat IEE Project 2009, www.eu-summerheat.net
- [4] Wilbur L.C., *Handbook of Energy System Engineering – Production and Utilisation*, USA: John Wiley&Sons, 1985
- [5] Núñez T., *Classification of Polygeneration Systems – Review of Technologies*, Polysmart Public Workshop, Warszawa 2010, www.nape.pl