

ZASTOSOWANIA ABSORPCJI W SYSTEMACH SKOJARZONYCH



WSTĘP

W dniu 11 lutego 2004 roku weszła w życie Dyrektywa 2004/8/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie wspierania kogeneracji w oparciu o zapotrzebowanie na ciepło użytkowe na rynku wewnętrznym energii. Cele, jakie przyświecały wprowadzeniu tej Dyrektywy są następujące:

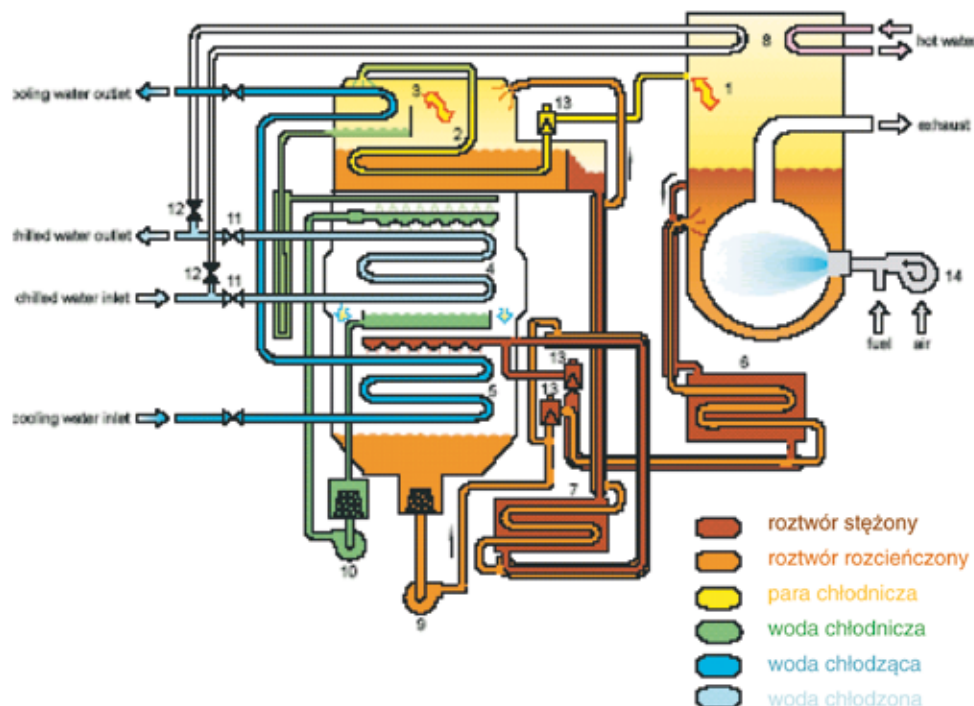
- zwiększone wykorzystanie kogeneracji skierowane na oszczędności w energii pierwotnej poprawiłoby skuteczność działań koniecznych dla wypełnienia postanowień Protokołu z Kioto;
- wspieranie kogeneracji uznano za jeden ze środków koniecznych do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w sektorze energetycznym;
- Unia Europejska jest w znacznym stopniu uzależniona od zewnętrznych dostaw energii, w chwili obecnej na poziomie 50% z tendencją zwyżkową, zwiększenie efektywności energetycznej poprzez układy skojarzone jest zapisane w Europejskiej Strategii bezpieczeństwa dostaw energii;
- oszczędności energii pierwotnej w układach kogeneracyjnych może pozytywnie wpłynąć na konkurencyjność Unii Europejskiej i jej Państw Członkowskich.

Polska zobowiązała się do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń towarzyszących spalaniu przy jednoczesnym wzroście produkcji energii skojarzonej do poziomu 30 % w 2012 roku. Produkcja chłodu na potrzeby komunalne i przemysłowe przy spełnieniu powyższych wymogów możliwa jest przy wykorzystaniu do

tego celu chłodniczych agregatów absorpcyjnych, zasilanych alternatywnie gazem ziemnym lub biogazem, lub poprzez wykorzystanie układów kogeneracyjnych wykorzystujących do zasilania agregatów absorpcyjnych spaliny, parę wodną lub gorącą wodę.

OGÓLNE ZASADY DZIAŁANIA AGREGATÓW ABSORPCYJNYCH

W agregatach absorpcyjnych płynem roboczym jest **roztwór wodny bromku litu (LiBr)**, a czynnikiem chłodniczym jest **WODA**. W urządzeniach chłodniczych parowych wykorzystuje się proces wrzenia cieczy. Aby woda, która przy ciśnieniu normalnym (1013 hPa) wrze w temperaturze 100°C mogła być czynnikiem chłodniczym, należy wytworzyć w agregacie absorpcyjnym ciśnienie (800 Pa) odpowiadające temperaturze wrzenia wody +4°C. Uwzględniając powyż-



Rys. 1. 1 HTG- generator wysokotemperaturowy, 2 LTG – generator niskotemperaturowy, 3 skraplacz, 4 parownik, 5 absorber, 6 HTHE- wysokotemperaturowy wymiennik ciepła, 7 LTHE- niskotemperaturowy wymiennik ciepła, 8 woda grzewcza, 9 pompa roztworu, 10 pompa czynnika chłodniczego – wody, 11 zawór wody chłodzonej (otwarty), 12 zawór wody grzewczej (zamknięty), 13 zawór przełączający grzanie/chłodzenie (otwarty), 14 palnik

sze warunki, czyli zapewnienie i utrzymanie w urządzeniu wysokiej próżni oraz fakt, że roztwór bromku litu jest bardzo silnym absorbentem wody, idea działania absorpcyjnego obiegu chłodniczego jest następująca (rys. 1):

W generatorze HTG (1) kosztem dostarczonego ciepła np. z palnika gazowego (14) następuje odparowanie pary wodnej ze stężonego roztworu bromku litu. Następnie para ta płynie do skraplacza (3), gdzie ulega skropleniu. Uzyskana w ten sposób woda chłodnicza podawana jest poprzez zawór dławiący do parownika (4), gdzie w procesie wrzenia odparowuje w temperaturze $+4^{\circ}\text{C}$ w tym wymienniku i schładza wodę obiegową z obiektu. Powstająca w parowniku para wodna jest w sposób ciągły pochłaniana w absorberze (5) przez stężony roztwór bromku litu (LiBr). W ten sposób utrzymywana jest wysoka próżnia, a zatem i temperatura wody chłodniczej w parowniku. Stężony roztwór bromku litu pochłaniając parę wodną rozcieńcza się i jest przetłaczany przez pompę roztworu (9) do generatora HTG, w którym kosztem dostarczonego z zewnątrz ciepła woda z rozcieńczonego roztworu bromku litu zostaje odparowana, a stężony jego roztwór zostaje przepompowany do absorbera i obieg się zamyka. Na rysunku 1 przedstawiono obieg chłodniczy agregatu absorpcyjnego w **opcji chłodzenia**.

W związku z powyższym do zapewnienia prawidłowego działania chłodziarki absorpcyjnej należy dostarczyć przede wszystkim ciepło. Należy także zapewnić zasilanie elektryczne systemu automatyki i pomp obiegowych w chłodzarnie, ale o mocy mniejszej niż 1% mocy chłodniczej urządzenia (8 kW mocy elektrycznej na 1000 kW mocy chłodniczej). Jest to ok. 30 razy mniej w porównaniu z analogicznym agregatem sprężarkowym. Ponieważ w chłodziarkach absorpcyjnych czynnikiem chłodniczym jest woda i urządzenia te przewidziane są do zabudowy wewnętrznej, w maszynowni temperatura powinna kształtować

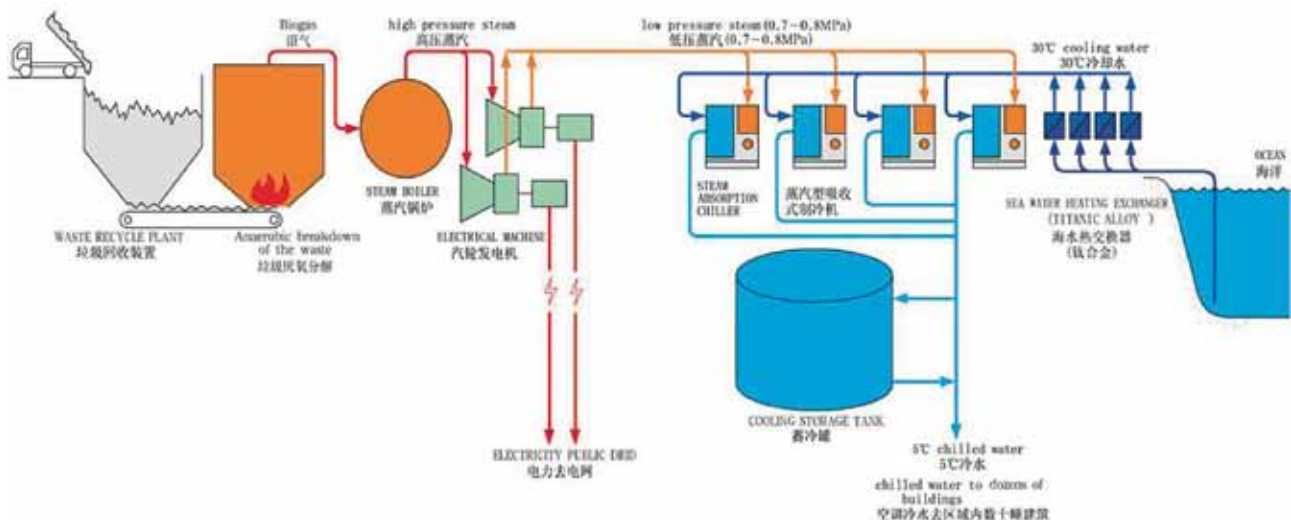
się w zakresie $+5$ do $+46^{\circ}\text{C}$, a wilgotność nie powinna przekraczać 80%. Ze względu na fakt, że proces absorpcji jest przemianą egzotermiczną, należy odbierać ciepło nie tylko w skraplaczu, ale i w absorberze. Ponieważ należy utrzymać w tym aparacie temperaturę nie wyższą niż $+40^{\circ}\text{C}$, trzeba mieć na uwadze fakt, iż chłodziarki absorpcyjne przewidziane są do współpracy z wieżami chłodniczymi.

ZALETY ZASTOSOWANIA AGREGATÓW ABSORPCYJNYCH

Jeszcze do niedawna (lata osiemdziesiąte dwudziestego wieku) chłodziarki absorpcyjne postrzegane były jako duże i bardzo duże urządzenia o mocy rzędu kilku megawatów, przewidziane jedynie do zastosowań przemysłowych lub bardzo rzadko w dużych obiektach komunalnych, wykorzystując w skojarzeniu ciepło odpadowe.

Obecnie dostępne są także na polskim rynku agregaty absorpcyjne zasilane bezpośrednio gazem ziemnym o mocach już od 70 kW w funkcji grzania w zimie oraz chłodzenia w lecie i produkcji „non stop” ciepłej wody użytkowej. Bardzo ważną zaletą chłodziarek absorpcyjnych jest ich bezpieczeństwo dla warstwy ozonowej, ponieważ jak wspomniano powyżej, czynnikiem chłodniczym jest w tych urządzeniach woda. Kolejną zaletą w porównaniu z konwencjonalnymi chłodziarkami sprężarkowymi jest znacznie dłuższa żywotność urządzeń absorpcyjnych (sprężarkowe ok. 15 lat, absorpcyjne 25 – 30 lat eksploatacji). Powód leży w budowie chłodziarek absorpcyjnych składających się głównie z wymienników ciepła, natomiast zminimalizowana jest w nich ilość części ruchomych, które są najbardziej zawodne i wymagają częstych i kosztownych napraw oraz przeglądów.

Chłodziarki absorpcyjne w porównaniu do sprężarkowych posiadają wielokrotnie niższe zapotrze-



Rys. 2

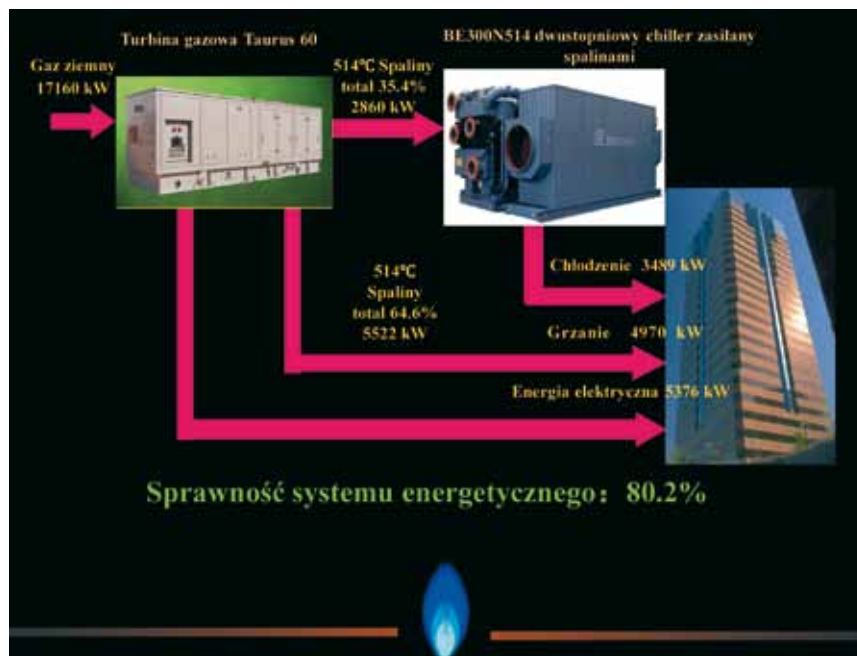
bowanie na energię elektryczną. Dla standardowego tradycyjnego agregatu chłodniczego (sprężarkowego) o mocy 1 MW zapotrzebowanie na moc elektryczną wynosi około 300 kW. Dla porównania agregat absorpcyjny o analogicznej mocy chłodniczej 1 MW wymaga jedynie 8 kW energii elektrycznej podczas pracy.

PRZYKŁADOWE ZASTOSOWANIA AGREGATÓW ABSORPCYJNYCH

W ostatnich latach zmieniło się także postrzeganie zastosowań agregatów absorpcyjnych: nie tylko przemysł, ale także grzanie lub chłodzenie małych wolnostojących domów mieszkalnych, średnich i dużych biurowców, szpitali, centrów handlowych, stadionów, aż do największych instalacji miejskich „DCS - district cooling system”, takich jak system zastosowany i uruchomiony w 2003 roku w Helsinkach, gdzie w elektrociepłowni Salmisaari zainstalowano 10 MW mocy chłodniczej. Moc chłodnicza jest transportowana poprzez sieć rurociągów do dystryktów Ruoholahti i Kamppi. Oczywiście w większości wypadków projektuje się i instaluje chłodziarki dla pojedynczych obiektów, uwzględniając zapotrzebowanie na moc chłodniczą, przewidywane warunki eksploatacji i dostępne źródła zasilania w energię cieplną. Jednym z bardziej ciekawych rozwiązań jest kogeneracyjny system chłodzenia w obiekcie wystawienniczym Forum Barcelona 2004 (rys. 4). Do klimatyzowania 300 000 m² powierzchni wykorzystano tam chłodziarki absorpcyjne zasilane parą wodną o ciśnieniu 7 bar. Jest to klasyczny sposób napędu dla tego typu urządzeń, ciekawe natomiast jest pozyskanie pary wodnej ze śmieci z wysypiska miejskiego. W ten sposób wytwarza się biogaz spalany następnie w celu wytworzenia w kotłach pary wodnej napędzającej turbinę z generatorami prądowórczymi. Energia elektryczna wykorzystywana jest na potrzeby miasta, zaś para za turbinami o ciśnieniu 7 bar przesyłana jest do chłodziarek absorpcyjnych, w ten sposób bar-

dzo małym kosztem uzyskuje się 12 MW mocy chłodniczej. Schemat ideowy tego systemu przedstawiony jest na rysunku 2.

Innym ciekawym rozwiązaniem jest klimatyzacja lotniska w Madrycie. Lotnisko musi posiadać pewne zasilanie w energię elektryczną. W okresie letnim niezbędne jest schładzanie powietrza w jego halach. W tym wypadku skojarzono system silników spalinyowych zasilanych gazem ziemnym, napędzających generatory prądowórcze na potrzeby lotniska. Gorąca woda z płaszczy chłodzących silniki w okresie zimowym wykorzystywana jest do ogrzewania, natomiast w okresie letnim służy do napędu agregatów absorpcyjnych, wytwarzających na potrzeby lotniska 18 MW mocy chłodniczej. Jeśli natomiast do wytworzenia chłodu wykorzystamy ciepło spalin z turbiny gazowej,



Rys. 3



Rys. 4 Obiekt wystawienniczy Forum Barcelona 2004, gdzie wykorzystano urządzenia absorpcyjne

do tej pory bezużytecznie oddawanej do atmosfery, to koszty uzyskania jednostki chłodu przy zastosowaniu agregatów absorpcyjnych są o kilkadziesiąt procent niższe, niż uzyskiwane tradycyjną metodą wykorzystującą agregaty sprężarkowe. Przykładem może być Projekt Honeywell - DOE w Stanach Zjednoczonych, gdzie turbina gazowa Taurus 60 napędza generator prądowórczy o mocy 5376 kW, natomiast ciepło spalin wykorzystywane jest do celów grzewczych i chłodniczych (dostępne moce: ciepła – 4970 kW zaś chłodnicza – 3489 kW). Schemat ideowy tego rozwiązania pokazano na rysunku 3.

PODSUMOWANIE

Agregaty sprężarkowe w klimatyzacji charakteryzują się współczynnikami wydajności chłodniczej (COP) w zakresie 2,5 do 5,2. Sprawność wytwarzania i przesyłu energii elektrycznej z elektrowni do odbiorcy końcowego kształtuje się na poziomie 26 %, a to oznacza, że dla agregatów sprężarkowych współczynnik zużycia energii pierwotnej (PER) waha się w przedziale 0,65 do 1,35. W agregatach absorpcyjnych zasilanych np. gazem ziemnym, w których dochodzi do bezpośredniego przetworzenia energii pierwotnej na

chłodniczą, współczynnik zużycia energii pierwotnej osiąga wartość do 1,38. Agregaty absorpcyjne potrafią więc z pożytkiem dla środowiska niekiedy nawet dwukrotnie lepiej wykorzystać energię pierwotną na wytworzenie chłodu w porównaniu z agregatami sprężarkowymi. Zatem całkowicie deklasują one tradycyjne systemy chłodnicze. Agregaty absorpcyjne bezpośrednio zasilane spalinami (spaliny poza rzadkimi przypadkami odzysku ciepła do grzania zwykle były marnowane jako źródło energii), jak też i agregaty absorpcyjne w układach kogeneracyjnych z silnikami spalinowymi i turbinami, zasilane gorącą wodą z ich układów chłodzenia lub parą mają niewątpliwą przewagę nad klasycznymi urządzeniami sprężarkowymi. Tak więc w czasach intensywnego kurczenia się zasobów paliw kopalnych, a jednocześnie w wyniku efektu cieplarnianego i poważnych zmian klimatycznych przejawiających się m.in. wzrostem temperatury powietrza, aby zachować odpowiedni poziom rozwoju i zminimalizować degradację środowiska, w chwili obecnej agregaty absorpcyjne są najlepszym pomysłem na wytwarzanie chłodu na potrzeby klimatyzacji i technologii przemysłowych.

