Absorpcyjne agregaty wody lodowej

Wykorzystanie energii cieplnej do produkcji chłodu

Wraz ze wzrostem cen surowców naturalnych oraz energii elektrycznej rośnie znaczenie technologii oszczędnych energetycznie. Rosnąca świadomość ekologiczna społeczeństwa również przyczynia się do poszukiwania rozwiązań optymalizujących zużycie energii pierwotnej.

Dobrym przykładem technologii odpowiadającej na wyzwania ekonomiczne i ekologiczne są instalacje oparte na kogeneracji lub trójgeneracji, czyli tzw. systemy skojarzone. Ze względu na możliwość zagospodarowania energii odpadowej z procesów technologicznych popularność i znaczenie systemów skojarzonych rośnie systematycznie na całym świecie, również w Polsce.

Jednym z podstawowych elementów systemu skojarzonego jest chiller absorpcyjny.

1. ABSORPCYJNE WYTWORNICE WODY LODOWEJ

Agregaty absorpcyjne to urządzenia wykorzystujące szeroko rozumianą energię cieplną do produkcji chłodu. Dzięki zastosowaniu agregatów absorpcyjnych można produkować chłód (wodę lodową) zagospodarowując niewykorzystane dotychczas ciepło technologiczne lub odpadowe.

Do najczęstszych obszarów zastosowań systemów absorpcyjnych należą energociepłownictwo, przemysł metalurgiczny, górnictwo, zakłady i instalacje wykorzystujące energię odnawialną (np. biogazownie) oraz wszystkie instalacje chłodnicze pracujące w miejscach o ograniczonym dostępie do energii elektrycznej.

Obszary zastosowań systemów absorpcyjnych:

- przemysł metalurgiczny
- energociepłownictwo
- górnictwo
- instalacje wykorzystujące energię odnawialną (np. biogazownie)
- wszystkie instalacje chłodnicze w miejscach o ograniczonym dostępie do energii elektrycznej.

Dotychczas agregaty absorpcyjne kojarzone były z wielkogabarytowymi urządzeniami o dużej wydajności. Producenci wyszli naprzeciw oczekiwaniom klientów i obecnie dostępne są również małe agregaty do zastosowań w niewielkich instalacjach. Wydajność chłodnicza agregatów absorpcyjnych Termster zaczyna się już od 17kW i sięga 5275kW. Tak szeroki zakres wydajności oraz kompaktowa budowa umożliwiają wykorzystanie agregatów absorpcyjnych praktycznie w każdej sytuacji. Należy jednak zaznaczyć, że ze względu na koszty inwestycyjne najlepsze wyniki ekonomiczne przynosi zastosowanie agregatów absorpcyjnych w instalacjach o dużych wydajnościach.

2. ENERGIA ZASILAJĄCA AGREGATY ABSORPCYJNE

Energią zasilającą agregaty absorpcyjne jest ciepło pochodzące z dowolnego źródła, np. odpadowe ciepło technologiczne, ciepło z miejskiej sieci ciepłowniczej, ciepło ze spalania gazu lub biomasy, ciepło z kolektorów słonecznych, z modułu kogeneracyjnego, a nawet odzysk ciepła z silników spalinowych (ze spalin i z korpusów).

Osobną grupę stanowią agregaty absorpcyjne zasilane gazem ziemnym. W tym przypadku energia cieplna pochodzi bezpośrednio ze spalania gazu wewnątrz agregatu (energia pierwotna jest przetwarzana bezpośrednio na energię chłodniczą).

Agregaty absorpcyjne wymagają również zasilania elektrycznego do podłączenia pomp oraz systemu sterowania, jednak pobierane moce są minimalne w porównaniu z osiąganą wydajnością chłodniczą (stosunek pobranej energii elektrycznej do uzyskanej mocy chłodniczej wynosi ~0,8%).

3. ZASADA DZIAŁANIA AGREGATÓW ABSORPCYJNYCH

Zasada działania agregatów absorpcyjnych opiera się na procesie wrzenia i odparowania czynnika chłodniczego oraz na zależności tem-

Ze względu na źródło i rodzaj energii zasilającej chillery absorpcyjne można podzielić na trzy podstawowe grupy:

- agregaty absorpcyjne zasilane gorącą wodą
- agregaty absorpcyjne zasilane parą
- agregaty absorpcyjne zasilane gazem

AGREGATY ABSORPCYJNE TERMSTER

Typ urządzenia	Energia zasilająca			Wydajność
	gorąca woda	para	gaz	500kW 1000kW 1500kW 2000kW 2500kW 3000kW 3500kW 4000kW 4500kW 5000kW 5500kW
TERMSTER **AR-D**	●			98-2285kW
TERMSTER **AR-W**		●		281-949kW
TERMSTER **AR-F**			●	128-5275kW
TERMSTER **WFC**	●			17-175kW
TERMSTER **CH**			●	105-700kW

peratury wrzenia od ciśnienia. W warunkach normalnego ciśnienia (na poziomie 1013hPa) woda wrze w temperaturze +100°C ale im niższe ciśnienie, tym niższa również temperatura wrzenia wody. Przy ciśnieniu 860Pa woda wrze już w temperaturze +5°C.

W warunkach bliskich próżni utrzymywanych w urządzeniu absorpcyjnym woda staje się więc czynnikiem chłodniczym.

Aby ciśnienie wewnątrz agregatu utrzymać na stałym, niskim poziomie, wykorzystuje się proces absorpcji pary czynnika chłodniczego. Płynem roboczym (absorbentem) jest roztwór bromku litu – soli o bardzo wysokiej zdolności wchłaniania wody.

W agregacie absorpcyjnym ciągłemu procesowi skraplania i parowania czynnika towarzyszy przekazywanie ciepła.

Podstawowy układ absorpcyjny składa się z dwóch zbiorników o różnych ciśnieniach oraz czterech wymienników ciepła – parownika i absorbera w części o niższym ciśnieniu oraz skraplacza i generatora w części o wyższym ciśnieniu.

Dostarczona do agregatu absorpcyjnego zasilająca energia cieplna (np. gorąca woda) powoduje odparowanie czynnika chłodniczego (wody) ze stężonego roztworu LiBr. Czynnik chłodniczy w postaci pary jest następnie podawany na skraplacz, skąd po skropleniu płynie do parownika jako woda chłodnicza. W parowniku następuje wrzenie i odparowanie wody. Dzięki stałemu, niskiemu ciśnieniu utrzymywanemu na poziomie ~860Pa odparowanie wody zachodzi już w temperaturze +5°C. W tym samym procesie zostaje wychłodzona woda obiegowa krążąca w instalacji (np. klimatyzacyjnej). Para wodna jest następnie absorbowana przez roztwór bromku litu. Nasycony parą wodną roztwór LiBr jest przetłaczany do generatora. Tam ponownie zachodzi proces odparowania czynnika chłodniczego (wody) przy wkładzie dostarczonej z zewnątrz energii cieplnej. Stężony roztwór bromku litu powraca do absorbera. Cały proces zachodzi w sposób ciągły i płynny.

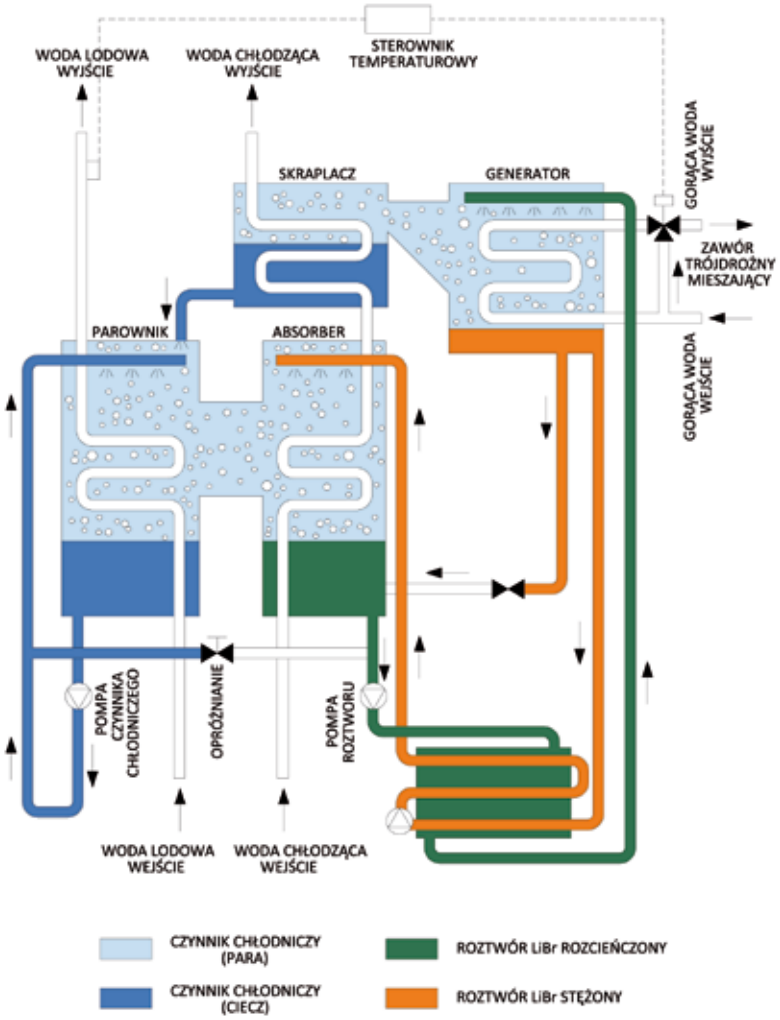
3.1. AGREGATY ABSORPCYJNE ZASILANE GORĄCĄ WODĄ - TYP TERMSTER AR-D / WFC

WYDAJNOŚĆ CHŁODNICZA 17kW – 2285kW

Agregaty absorpcyjne zasilane gorącą wodą to urządzenia o jednofazowym procesie schładzania.

Jako źródło energii cieplnej wykorzystują gorącą wodę pochodzącą np. z procesów technologicznych, z odzysku ciepła z silników spalinowych lub z instalacji solarnej.

AGREGAT ABSORPCYJNY ZASILANY GORĄCĄ WODĄ - TYP TERMSTER AR-D / WFC



PAROWNIK - PROCES ODPAROWANIA CZYNNIKA

Parownik jest szczelnym zbiornikiem, z wbudowanymi przewodami rurowymi, w których płynie woda lodowa. Wewnątrz parownika jest utrzymywane bliskie próżni ciśnienie (6,5mmHg), co sprawia, że woda jako czynnik chłodniczy rozpylany w parowniku paruje już w temperaturze +5°C, schładzając wodę lodową płynącą w rurach wewnątrz parownika.

ABSORBER - ABSORPCJA PARY CZYNNIKA CHŁODNICZEGO

Przebiegający w parowniku proces parowania czynnika chłodniczego - wody, powoduje stopniowo zwiększenie ciśnienia cząsteczkowe-

go pary oraz temperatury odparowania. Dzięki temu para czynnika chłodniczego przepływa swobodnie do połączonego z parownikiem absorbera, w którym rozpylany jest stężony roztwór LiBr. Roztwór pochłania parę czynnika chłodniczego utrzymując w ten sposób ciśnienie cząsteczkowe pary oraz temperaturę odparowania na stałym poziomie. Proces absorpcji generuje ciepło, które jest usuwane poprzez wodę chłodzącą pochodzącą z wieży wyparnej, płynącą w przewodach wewnątrz absorbera.

GENERATOR - GENEROWANIE STĘŻONEGO ROZTWORU

Podczas procesu absorpcji w absorberze stężenie roztworu LiBr staje się coraz niższe, a tym samym zmniejsza się zdolność roztworu do dalszej absorpcji czynnika chłodniczego. Rozcieńczony w absorberze roztwór LiBr przepływa do generatora, gdzie jest podgrzewany przez wodę gorącą o temperaturze +95°C. Z podgrzanego roztworu LiBr odparowuje czynnik chłodniczy, czyli woda. Roztwór LiBr po odparowaniu z niego wody staje się ponownie roztworem stężonym kierowanym do rozpylenia w absorberze.

SKRAPLACZ - SKRAPLANIE CZYNNIKA ODPAROWANEGO W GENERATORZE

Odparowany z roztworu LiBr czynnik chłodniczy w postaci pary wodnej przepływa swobodnie do skraplacza, gdzie następuje jego ochłodzenie. W rurach przebiegających wewnątrz skraplacza płynie woda chłodząca pochodząca z wieży wyparnej, która pochłania ciepło pary czynnika chłodniczego, ochładzając i skraplając czynnik chłodniczy w wodę. Skroplona woda kierowana jest do rozpylenia w parowniku.

WYMIENNIK CIEPŁA ROZTWORU

Rozcieńczony roztwór przychodzący z absorbera jest podgrzewany przez stężony roztwór powracający z generatora.

3.2. AGREGATY ABSORPCYJNE ZASILANE PARĄ - TYP TERMSTER AR-W

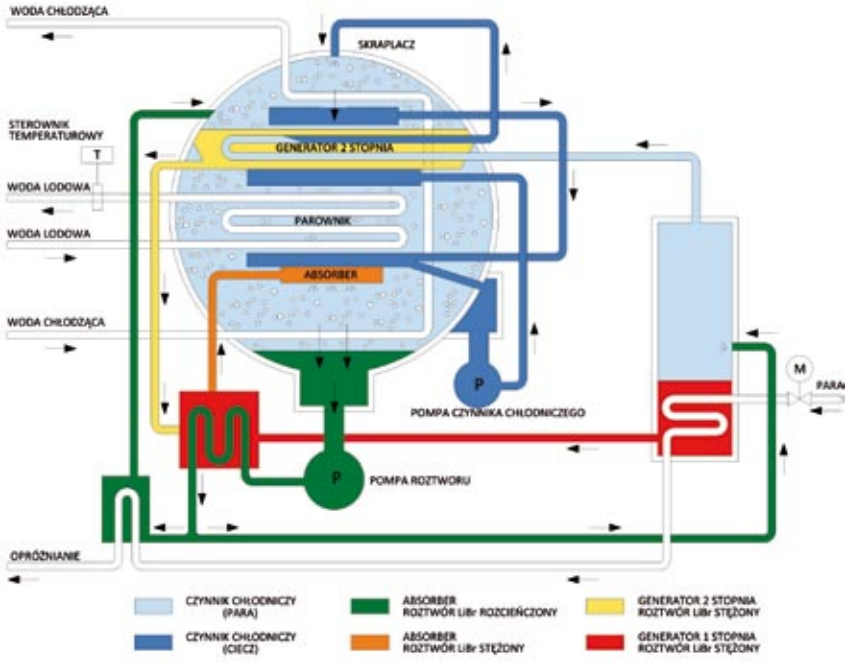
WYDAJNOŚĆ CHŁODNICZA 282kW – 949kW

Agregaty absorpcyjne zasilane parą to urządzenia o dwufazowym procesie schładzania. Jako źródło energii cieplnej wykorzystują parę.

PAROWNIK - PROCES ODPAROWANIA CZYNNIKA

Parownik jest szczelnym zbiornikiem, z wbudowanymi przewodami rurowymi, w których płynie woda lodowa. Wewnątrz parownika jest utrzymywane bliskie próżni ciśnienie (6,5mmHg), co sprawia, że woda jako czynnik chłodniczy rozpylany w parowniku paruje już w temperaturze +5°C, schładzając wodę lodową płynącą w rurach wewnątrz parownika.

AGREGAT ABSORPCYJNY ZASILANY PARĄ - TYP TERMSTER AR-W



ABSORBER - ABSORPCJA PARY CZYNNIKA CHŁODNICZEGO

Przebiegający w parowniku proces parowania czynnika chłodniczego - wody, powoduje stopniowo zwiększenie ciśnienia cząsteczkowego pary oraz temperatury odparowania. Dzięki temu para czynnika chłodniczego przepływa swobodnie do połączonego z parownikiem absorbera, w którym rozpylany jest stężony roztwór LiBr. Roztwór pochłania parę czynnika chłodniczego utrzymując w ten sposób ciśnienie cząsteczkowe pary oraz temperaturę odparowania na stałym poziomie. Proces absorpcji generuje ciepło, które jest usuwane poprzez wodę chłodzącą pochodzącąz wieży wyparnej, płynącą w przewodach wewnątrz absorbera.

GENERATOR - GENEROWANIE STĘŻONEGO ROZTWORU

Podczas procesu absorpcji w absorberze stężenie roztworu LiBr staje się coraz niższe, a tym samym zmniejsza się zdolność roztworu do dalszej absorpcji czynnika chłodniczego. Z tego powodu stężenie roztworu musi zostać ponownie zwiększone. W tym celu rozcieńczony w absorberze roztwór LiBr przepływa w dwóch częściach do generatora wysokotemperaturowego oraz do generatora niskotemperaturowego. Rozcieńczony roztwór LiBr jest podgrzewany w generatorze wysokotemperaturowym poprzez

sprężoną parę o wysokiej temperaturze, po to, aby wydzielić z roztworu parę wodną o wysokiej temperaturze. W generatorze wysokotemperaturowym powstaje stężony roztwór LiBr.

Gorąca para czynnika chłodniczego z generatora wysokotemperaturowego (generator 1 stopnia) podgrzewa w generatorze niskotemperaturowym (generator 2 stopnia) rozcieńczony roztwór LiBr, co daje w rezultacie odparowanie czynnika chłodniczego oraz roztwór o średnim stężeniu.

Stężony roztwór z generatora pierwszego stopnia oraz roztwór z generatora drugiego stopnia powracają do absorbera.

SKRAPLACZ – SKRAPLANIE CZYNNIKA ODPAROWANEGO W GENERATORZE

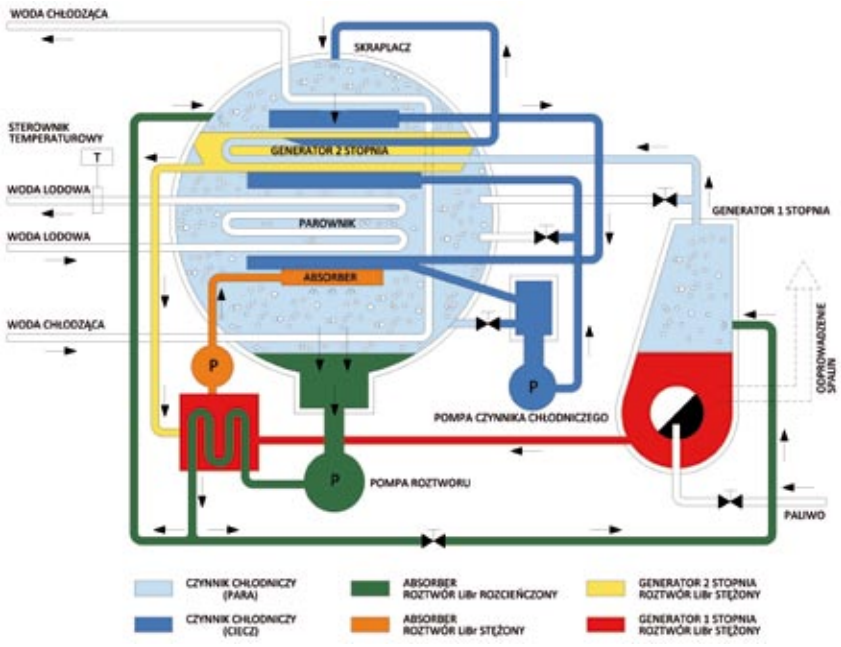
Odparowany i skroplony czynnik chłodniczy w generatorze pierwszego stopnia użyty do podgrzania generatora drugiego stopnia oraz odparowany czynnik chłodniczy w generatorze drugiego stopnia są przesyłane do skraplacza. W skraplaczu czynnik chłodniczy z generatora 1 i 2 stopnia jest łączony (mieszany) i ochładzany poprzez wodę chłodniczą z wieży wyparnej płynącą w rurach wewnątrz skraplacza. Skroplona woda kierowana jest do rozpylenia w parowniku.

3.3. AGREGATY ABSORPCYJNE ZASILANE GAZEM - TYP TERMSTER ARF / CH

WYDAJNOŚĆ CHŁODNICZA 105kW – 700kW

Agregaty absorpcyjne zasilane gazem to urządzenia o dwufazowym procesie schładzania. Jako źródło enegii cieplej wykorzystują ciepło pochodzące ze spalania gazu bezpośrednio w urządzeniu.

AGREGATY ABSORPCYJNE ZASILANE GAZEM - TYP TERMSTER ARF / CH



PAROWNIK - PROCES ODPAROWANIA CZYNNIKA

Parownik jest szczelnym zbiornikiem, z wbudowanymi przewodami rurowymi, w których płynie woda lodowa. Wewnątrz parownika jest utrzymywane bliskie próżni ciśnienie (6,5mmHg), co sprawia, że woda jako czynnik chłodniczy rozpylany w parowniku paruje już w temperaturze +5°C, schładzając wodę lodową płynącą w rurach wewnątrz parownika.

ABSORBER - ABSORPCJA PARY CZYNNIKA CHŁODNICZEGO

Przebiegający w parowniku proces parowania czynnika chłodniczego - wody, powoduje stopniowo zwiększenie ciśnienia cząsteczkowego pary oraz temperatury odparowania. Dzięki temu para czynnika chłodniczego przepływa swobodnie do połączonego z parownikiem absorbera, w którym rozpylany jest stężony roztwór LiBr. Roztwór pochłania parę czynnika chłodniczego utrzymując w ten sposób ciśnienie cząsteczkowe pary oraz temperaturę odparowania na stałym poziomie. Proces absorpcji generuje ciepło, które jest usuwane poprzez wodę chłodzącą pochodzącą z wieży wyparnej, płynącą w przewodach wewnątrz absorbera.

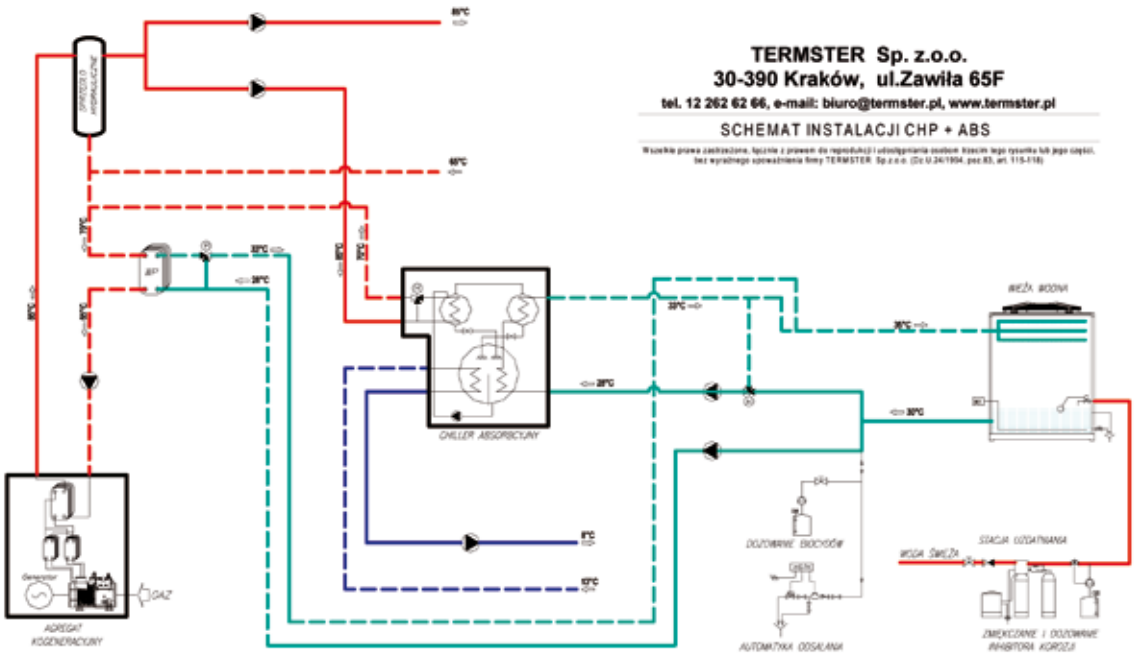
GENERATOR - GENEROWANIE STĘŻONEGO ROZTWORU

Podczas procesu absorpcji w absorberze stężenie roztworu LiBr staje się coraz niższe, a tym samym zmniejsza się zdolność roztworu do dalszej absorpcji czynnika chłodniczego. Z tego powodu stężenie roztworu musi zostać ponownie zwiększone. W tym celu rozcieńczony w absorberze roztwór LiBr przepływa w dwóch częściach do generatora wysokotemperaturowego oraz do generatora niskotemperaturowego.

Rozcieńczony roztwór LiBr jest podgrzewany w generatorze wysokotemperaturowym poprzez ciepło ze spalania gazu, produkując parę wodną o wysokiej temperaturze.

Gorąca para czynnika chłodniczego z generatora wysokotemperaturowego (generator 1 stopnia) przepływa poprzez przewody rurowe w generatorze niskotemperaturowym (generator 2 stopnia) podgrzewają rozcieńczony roztwór LiBr, co daje w rezultacie odparowanie czynnika chłodniczego w generatorze 2 stopnia.

Oznacza to, że generator 2 stopnia pełni funkcję skraplacza pary czynnika chłodniczego płynącej z generatora 1 stopnia oraz jest jednocześnie generatorem pary czynnika chłodniczego z roztworu LiBr dostarczonego do generatora 2 stopnia.



SKRAPLACZ - SKRAPLANIE CZYNNIKA ODPAROWANEGO W GENERATORZE

Odparowany czynnik chłodniczy w generatorze 1 stopnia, który jest następnie skroplony w generatorze 2 stopnia oraz odparowany czynnik chłodniczy w generatorze 2 stopnia są przesyłane do skraplacza. W skraplaczu czynnik chłodniczy z generatora 1 i 2 stopnia jest ochładzany poprzez wodę chłodniczą z wieży wyparnej, płynącą w rurach wewnątrz skraplacza. Skroplona woda kierowana jest do rozpylenia w parowniku.

4. ASPEKTY EKONOMICZNE I EKOLOGICZNE

Od kilku lat obserwujemy ciągły wzrost cen surowców naturalnych oraz w efekcie energii. Ze względu na kurczące się zasoby, należy spodziewać się utrzymania i przyspieszenia tego trendu. Niekorzystne prognozy na przyszłość wymuszają opracowanie zrównoważonej i rozsądnej strategii energetycznej, która powinna uwzględniać wykorzystanie alternatywnych źródeł energii oraz ograniczenie strat, przez zagospodarowanie również energii odpadowej.

Biorąc pod uwagę aspekty ekonomiczne i ekologiczne należy przyznać, że układy absorpcyjne stanowią pożądaną i uzasadnianą alternatywę dla sprężarkowych agregatów wody lodowej.

Przede wszystkim bezdyskusyjną zaletą urządzeń absorpcyjnych jest właśnie możliwość pełnego wykorzystania niezagospodarowanej energii cieplnej, np. ciepła odpadowego z procesów technologicznych. Produkcja chłodu może się również odbywać praktycznie niezależnie od

Ekonomiczne i ekologiczne korzyści stosowania agregatów absorpcyjnych

- wyjątkowa możliwość zagospodarowania ciepła odpadowego
- możliwość stosowania w miejscach o deficycie energii elektrycznej
- potwierdzone oszczędności energetyczne w układach trójgeneracyjnych
- urządzenia nie wymagające specjalnych procedur serwisowych
- niski poziom hałasu wyznaczający nowe standardy dla urządzeń chłodniczych
- obojętny dla środowiska czynnik chłodniczy
- długi czas pracy („żywotność")

PRZYKŁAD WDROŻENIA INSTALACJI CHP + ABS (moduł ko generacyjny CHP oraz chiller absorpcyjny)

- Stan obecny:
  - Energia elektryczne całkowicie pobierana z sieci energetycznej
  - Zasilanie urządzeń technologicznych oraz urządzeń chłodniczych
  - Ogrzewanie pochodzące z kotłowni spalającej gaz
  - Wytwarzanie chłodu z użyciem tradycyjnych agregatów sprężarkowych
  - Brak instalacji odzysku ciepła ze spalin
- Stan po wdrożeniu instalacji CHP +ABS
  - Moduł CHP zapewnia 75% pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną
  - Moduł CHP wspomaga pracę kotłowni w okresie grzewczym i zapewnia ciepło do napędu agregatu absorpcyjnego w okresie letnim
  - W okresie letnim ciepło z modułu CHP służy do wytworzenia chłodu w agregacie ABS
  - Potwierdzone oszczędności energetyczne

KORZYŚCI WYNIKAJĄCE Z WDROŻENIA UKŁADU TRÓJGENERACJI W ZAKŁADZIE PRODUKCYJNYM:

- Różnicowanie dostaw energii elektrycznej
- Obniżenie zapotrzebowania na energię z sieci
- Możliwość korzystania z „żółtych certyfikatów"
- Wsparcie pracy kotłowni w okresie grzewczym
- Obniżenie zużycia energii elektrycznej o agregaty chłodnicze
- Możliwość zastosowania absorpcyjnych agregatów wody lodowej

energii elektrycznej, co jest szczególnie ważne w miejscach cierpiących na deficyt energii.

W przypadku instalacji wykorzystujących odnawialne źródła energii (np. ciepło ze spalania biomasy w blokach kogeneracyjnych) agregaty absorpcyjne przynoszą również bezsprzeczne korzyści ekologiczne, niemożliwe do osiągnięcia przez sprężarkowe agregaty chłodnicze.

5. WYKORZYSTANIE ABSORPCJI W TRÓJGENERACJI

Najlepszą efektywność i najlepsze wyniki ekonomiczne zapewnia zastosowanie agregatów absorpcyjnych w systemach trójgeneracyjnych.

Trójgeneracja to skojarzone technologicznie wytwarzanie energii cieplnej, elektrycznej i chłodu użytkowego. Układy skojarzone charakteryzuje wysoka oszczędność energetyczna.

W skład systemu trójgeneracyjnego, oprócz agregatu absorpcyjnego, wchodzi moduł CHP, produkujący energię elektryczną z gazu ziemnego lub biomasy. Wytwarzane w procesie spalania ciepło, które zazwyczaj traktowane jest jako produkt odpadowy, w układzie trójgeneracji jest w pełni wykorzystywane i przekazywane do agregatu absorpcyjnego. Agregat absorpcyjny wykorzystuje energię cieplną do produkcji chłodu na potrzeby procesów technologicznych lub klimatyzacji.

W ten sposób, minimalizując zużycie energii pierwotnej, a co za tym idzie kosztów, można otrzymać w jednym procesie energię elektryczną, energię cieplną oraz chłód.

Zużycie paliwa w procesie trójgeneracyjnym jest do 30% niższe w porównaniu do sumarycznego zużycia przy oddzielnych procesach o tej samej wydajności.

W Unii Europejskiej systemy skojarzone są promowane ze względu na wysoką efektywność energetyczną oraz związane z nią ograniczenie emisji dwutlenku węgla i innych szkodliwych substancji. Od 2004 roku obowiązuje dyrektywa UE wspierająca takie rozwiązania.

PRZYKŁAD WDROŻENIA INSTALACJI CHP + ABS: ANALIZA EKONOMICZNA

• **Stan obecny:**	
- Zużycie i koszt energii elektrycznej: 4400 MWh	1 672 000 PLN
- Zużycie i koszty gazu ziemnego: 1 650 tys. m^3	1 848 000 PLN
- Koszt działania systemu:	3 520 000 PLN
• **Stan po wdrożeniu instalacji CHP +ABS**	
- Energia elektryczna wytworzona w module CHP:	3 168 MWh
- Oszczędność energii wynikająca z pracy agregatu ABS:	302 MWh
- Ilość energii zakupiona z sieci:	926 MWh
- Moc cieplna wytworzona w module CHP:	3960 MWh
- Roczne zużycie gazu przez moduł CHP:	808 tys. m^3
- Roczne zużycie gazu przez kotła:	1 463 tys. m^3
Koszty pracy systemu z CHP+ABS	
- Energia elektryczna zakupiona w sieci:	353 248 PLN
- Roczny koszt gazu ziemnego dla modułu CHP:	904 781 PLN
- Wartość gazu dla kotła:	1 638 721 PLN
- Koszt działania systemu:	2 896 750 PLN

TERMSTER Sp. z o.o.
ul.Zawiła 65f, 30-390 Kraków
tel. 0048 12 262 62 66,
fax 0048 12 262 52 49
biuro@termster.pl
www.termster.pl