

# CHARAKTERYSTYKA AKTYWNYCH I PASYWNYCH SYSTEMÓW CHŁODZENIA ZA POMOCĄ POMPY CIEPŁA

Urszula PISZCZATOWSKA<sup>a\*</sup>, Mirosław ŻUKOWSKI<sup>b</sup>

<sup>a</sup>student, Politechnika Białostocka, Inżynieria Środowiska V rok

<sup>b</sup>Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok

**Streszczenie:** Geotermalne pompy ciepła są to urządzenia, które w okresie grzewczym wykorzystują ciepło gruntu jako tzw. źródło dolne do celów centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej. W artykule skupiono się jednak na temacie wykorzystania tego urządzenia do chłodzenia pomieszczeń w okresie letnim. Realizacja tego zamierzenia może odbywać się w trybie pasywnym bądź aktywnym. W pierwszym przypadku chłodzenie odbywa się przy bezpośrednim wykorzystaniu chłodu wody lub gruntu. Nie zużywa się przy tym energii na pracę sprężarki. Druga opisana w artykule możliwość to realizacja chłodzenia przy użyciu klimakonwektorów bądź ogrzewania płaszczyznowego. Scharakteryzowano również zintegrowany układ grzewczo-chłodniczy zainstalowany w budynku biurowym, w skład którego wchodzi wymienniki ciepła, pompa ciepła oraz moduł klimatyzacyjny HPAC.

*Słowa kluczowe:* rewersyjna pompa ciepła, chłodzenie aktywne, chłodzenie pasywne, moduł klimatyzacyjny.

## 1. Wprowadzenie

Pomimo dosyć krótkiego okresu w roku z wysoką temperaturą powietrza zewnętrznego w Polsce można zauważyć ciągły wzrost liczby instalowanych systemów klimatyzacyjnych, które poprawiają poziom komfortu termicznego w czasie lata. Wiąże się to ze znaczącym zwiększeniem zużycia energii w tym okresie. Redukcję zapotrzebowania na moc chłodniczą do celów klimatyzacji pomieszczeń można osiągnąć poprzez (Oszczak, 2009):

- wprowadzenie do pomieszczeń chłodniejszego powietrza z zewnątrz,
- ochładzanie powietrza wentylacyjnego lub bezpośrednio pomieszczeń za pomocą wymienników ciepła (chłodnice, klimakonwektory) zasilanych z energooszczędnych źródeł,
- bezpośrednie chłodzenie przegród budowlanych (ściany, podłogi, sufity) zasilanych wodą lodową o wyższych temperaturach niż w innych układach.

Celem pracy jest porównanie różnych systemów chłodzenia z wykorzystaniem pompy ciepła. Bardzo ważną zaletą tych urządzeń jest to, że mają jedną instalację. Można ją wykorzystać zarówno do celów grzewczych (centralne ogrzewanie, podgrzew wody użytkowej) jak i chłodniczych (klimatyzacja pomieszczeń).

Zasada działania pomp ciepła pracujących w okresie zimowym na cele centralnego ogrzewania jest powszechnie znana. Zatem skoncentrowano się na funkcji klimatyzacyjnej jaką mogą one realizować w okresie letnim. Poniżej omówiono dwa sposoby chłodzenia pompą ciepła, tj. chłodzenie aktywne i pasywne.

## 2. Techniczne rozwiązania sposobów chłodzenia

### 2.1. Chłodzenie aktywne

Konstrukcje systemów wykorzystujących chłodzenie aktywne pomieszczeń za pomocą pompy ciepła stanowią stosunkowo nowe rozwiązanie, ponieważ stosowane są dopiero od kilku lat. Odwracając proces zachodzący w pompie ciepła uzyskujemy typową chłodziarkę. Zatem zmiana kierunku przepływu czynnika chłodniczego a co za tym idzie kierunku obiegu termodynamicznego, umożliwia odbiór ciepła ze źródła górnego. Istnieje kilka sposobów realizacji odwracalnej pompy ciepła (Viessmann, 2009b).

W pompie ciepła sprężarka może być podłączona przez zawór czterodrogowy. Pozwala to na odwrócenie kierunku jej działania. Poprzez przełączenie tego zaworu skraplacz i parownik zamieniają się funkcjami. W parowniku zachodzi identyczny proces jak w trybie

\* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: urszula.piszczatowska@wp.pl

ogrzewania. Z tą różnicą, że ciepło odbierane jest z systemu grzewczego, schładzając w ten sposób czynnik grzewczy (np. wodę w instalacji podłogowej). Ciepło to oddawane jest przez skraplacz do układu dolnego źródła ciepła. Należy również zastosować drugi dodatkowy zawór rozprężny, skierowany w przeciwną stronę do zaworu pierwszego. Jeden z dwóch zaworów rozprężających włączany jest w obwód dzięki zamontowanemu zaworowi trójdrogowemu. Negatywnym aspektem tego rozwiązania jest to, że energia elektryczna pobierana przez sprężarkę zamienia się w ciepło. W trybie ogrzewania dodaje się ono do ciepła pobieranego z dolnego źródła. Natomiast w trybie chłodzenia ta dodatkowa energia cieplna obniża moc chłodniczą urządzenia (Viessmann, 2009b).

Innym rozwiązaniem odwrócenia obiegu pracy pompy ciepła jest zastosowanie układu zaworów trójdrogowych, które przełączają pracę dolnego i górnego źródła ciepła ze skraplaczem i parownikiem pompy ciepła. Przy zastosowaniu takiego układu pompa pracując w trybie chłodzenia aktywnego, wytwarza wodę lodową do klimatyzowania pomieszczeń, a jednocześnie zużywa pobierane ciepło do ogrzewania c.w.u. Teoretycznie funkcja klimatyzacji jest realizowana za darmo przy okazji podgrzewania wody użytkowej. Gdy temperatura c.w.u. osiągnie pewną graniczną wartość, następuje przełączenie układu i ciepło pobierane z wody lodowej jest oddawane do dolnego źródła (np. do solanki w kolektorze gruntowym) ([www.budujemydom.pl](http://www.budujemydom.pl)).

Proces chłodzenia aktywnego wykorzystujący pompy ciepła solanka/woda i sondy gruntowe dopuszczalny jest do temperatury solanki 21°C (średnia w ciągu tygodnia) lub wartości szczytowej 27°C ([www.dimplex.de](http://www.dimplex.de)).

Energia zakumulowana w powietrzu zewnętrznym jest wykorzystywana przez rewersyjne pompy ciepła typu powietrze/woda w celach grzewczych i chłodniczych. Zbędne jest natomiast obliczanie całkowitego zapotrzebowania na chłodzenie w sezonie chłodniczym. W obiegu chłodniczym pompy ciepła można uzyskać temperaturę dopływu (zasilania instalacji klimatyzacyjnej) między 7 i 20°C przy temperaturze zewnętrznej ponad 15°C ([www.dimplex.de](http://www.dimplex.de)).

## 2.2. Chłodzenie pasywne

Podczas pasywnego chłodzenia, sprężarka pompy ciepła nie jest używana, pozostaje „pasywna”. W trybie tego chłodzenia wykorzystuje się możliwość naturalnego schładzania (Viessmann, 2009a). Latem temperatura wody gruntowej i gruntu na większych głębokościach jest niższa niż temperatura pomieszczeń oraz ich otoczenia. Aby zastosowanie tego typu chłodzenia było możliwe wymagane są niewielkie zmiany konstrukcyjne – to jest dodatkowy wymiennik ciepła z układem odpowiednio sterowanych zaworów trójdrogowych i pomp obiegowych. Zamiast dodatkowego wymiennika ciepła wypełnia się instalację grzewczą roztworem solanki tak jak w dolnym źródle ciepła ([www.budujemydom.pl](http://www.budujemydom.pl)).

Chłodzenie pasywne ma niewątpliwie zalety. Pierwszą jest duża efektywność energetyczna związana z bardzo

niskimi kosztami eksploatacyjnymi, wynikającymi wyłącznie z niewielkiego poboru mocy w pracujących pompach obiegowych. Drugą zaletą jest korzystny wpływ pracy w trybie chłodzenia na regenerację termiczną dolnego źródła, wyzębionego po zimowym sezonie grzewczym. W trybie chłodzenia pasywnego dolne źródło jest podgrzewane ciepłem pobieranym z pomieszczeń.

W większości regionów Niemiec, zgodnie z normą VDI 4640, pożądane jest ochłodzenie wody gruntowej na przykład przez używanie grzewczej pompy ciepła. Natomiast podniesienie jej temperatury przez używanie urządzenia chłodniczego jest tolerowane tylko w ściśle określonych granicach. Podczas przekazywania ciepła do wody gruntowej w żadnym wypadku nie powinna być przekroczona temperatura 20°C. Poza tym zmiana temperatury wody gruntowej kierowanej z powrotem do studni chłonnej nie powinna przekroczyć 6 K (Viessmann, 2009b).

W przypadku pasywnego chłodzenia za pomocą pompy ciepła, czerpiącej energię z wód gruntowych, wymiennik ciepła i wielkość przepływu należy tak zaprojektować, żeby kierowana z powrotem do studni chłonnej woda była ogrzana nie więcej niż o 6 K. Dodatkowo należy uwzględnić znacznie różniące się, wymagania regionalnych urzędów. Wpływ tłoczony wody na wymiennik ciepła należy sprawdzić przy pomocy analizy chemicznej (Viessmann, 2009b).

Poziome kolektory gruntowe nie nadają się z reguły jako pewne źródła chłodu do pasywnego chłodzenia. Często w płytkich warstwach pod powierzchnią ziemi temperatura jest zbyt wysoka dla sprawnego chłodzenia. Na przykład w sierpniu temperatura kolektora wynosi około 15°C. Doprowadzenie ciepła odpadowego spowoduje jeszcze większy wzrost temperatury kolektora, który znacznie spełniać funkcję zasobnika energii. Może to naruszyć warunki życia flory i fauny na powierzchni. Używanie kolektora gruntowego do chłodzenia może doprowadzić do wyschnięcia gruntu wokół niego. Wiąże się z tym kurczenie się ziemi, co w konsekwencji może doprowadzić do utraty kontaktu pomiędzy gruntem i kolektorem oraz do pogorszenia się sprawności grzania zimą (Viessmann, 2009b).

Jako źródło zimna do procesów chłodzenia często stosowane są sondy gruntowe. Wykorzystywany jest w tym procesie stały poziom temperatury (około 10°C) głębszych warstw gruntu. Dzięki zamkniętemu obiegowi nie ma żadnych prawnych obowiązków związanych z gospodarką wodną. W przypadku gdy zapewnione muszą być określone moce chłodzące lub gdy roczne zapotrzebowanie na chłodzenie jest większe niż roczne zapotrzebowanie na grzanie, należy sondę geotermiczną zaprojektować oddzielnie dla trybu grzania i trybu chłodzenia (Viessmann, 2009b).

## 3. Współpraca modułu klimatyzacyjnego z pompą ciepła

Moduły klimatyzacyjne są urządzeniami, które współpracując z pompą ciepła pozwalają zapewnić

komfort cieplny przez cały rok. To dodatkowe wyposażenie pompy jest ekonomiczne i przyjazne dla środowiska. W dalszej części pracy opisano moduł klimatyzacyjny HPAC, który został specjalnie zaprojektowany do współpracy z gruntowymi pompami ciepła. Konstrukcja urządzenia opiera się o zespół przełączających się zaworów trójdrogowych. Ich praca sterowana jest przez automatykę pompy ciepła. Moduł HPAC może pracować w trzech następujących trybach:

- ogrzewanie,
- chłodzenie pasywne,
- chłodzenie aktywne.

HPAC jest oddzielną jednostką a pompy ciepła współpracujące z tym modułem nie są pompami rewersyjnymi. Grzanie i chłodzenie możliwe jest dzięki odpowiednim zmianom przepływu czynnika. Taka konstrukcja pozwala zarówno na chłodzenie pasywne i aktywne pomieszczeń (www.biawar.com.pl).

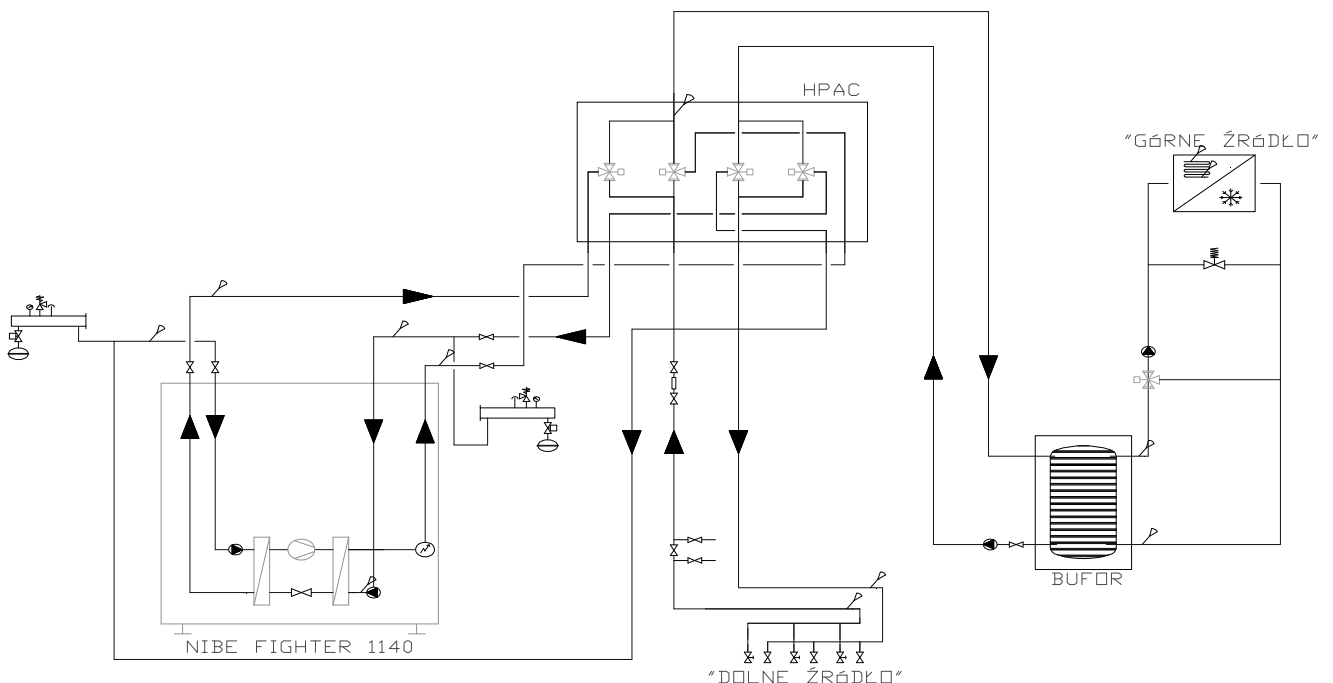
W zimie, gdy w budynku zapotrzebowanie na ogrzewanie wzrasta, pompa ciepła produkuje ciepło, czerpiąc do tego energię z kolektorów pionowych lub wód gruntowych (Systemy..., 2007). Przekazuje je następnie do pomieszczeń. W trybie ogrzewania moduł HPAC oddziela obiegi górnego źródła ciepła od dolnego.

Na początku sezonu letniego, gdy pompa ciepła przestanie pracować dla potrzeb systemu grzewczego, a zapotrzebowanie na chłód jest jeszcze stosunkowo niewielkie, automatyka pompy ciepła przełącza zawory w module w taki sposób, że obiegi dolnego i górnego źródła są połączone. Chłodzenie odbywa się bez udziału sprężarki. Obieg czynnika wymusza pompa obiegowa

w pompie ciepła. Czynnik z gruntu przepływa przez moduł HPAC i pompę ciepła do instalacji górnego źródła. Z tego względu zarówno kolektor gruntowy jak i system ogrzewania/chłodzenia muszą zostać napełnione tym samym niezamarzającym czynnikiem. Po odebraniu ciepła z pomieszczeń, czynnik ten wraca z powrotem do gruntu, co powoduje jego regenerację. Dodatkowo w sytuacji przełączenia pomp ciepła w funkcję ciepłej wody użytkowej urządzenie wykorzystuje wyższą temperaturę źródła. Jednocześnie praca na cele c.w.u. powoduje schłodzenie dolnego źródła, czyli poprawienie efektywności energetycznej chłodzenia. Wszystkie pompy ciepła zachowują priorytet c.w.u.

W momencie, gdy zapotrzebowanie na chłodzenie pomieszczeń przekracza wydajność chłodzenia pasywnego, moduł HPAC przejdzie w tryb chłodzenia aktywnego. Uruchamia się pompa ciepła. Włączona zostaje sprężarka. Moduł rozdziela system źródła górnego od kolektora gruntowego, w taki sposób, że czynnik obiegu górnego będzie w parowniku pompy ciepła schładzany, a wyprodukowane ciepło będzie oddawać do gruntu. Dzięki takiemu trybowi pracy pompy ciepła otrzymujemy efektywne chłodzenie domu z jednoczesnym szybkim i bezpłatnym ładowaniem kolektora gruntowego. Skutkuje to większą ilością energii w zimie. Oznacza również większą efektywność energetyczną i mniejsze koszty eksploatacyjne (www.biawar.com.pl).

Przykładowy system grzewczo-chłodniczy z wbudowanym zasobnikiem c.w.u. i modułem klimatyzacyjnym pracujący w budynku biurowym przedstawiono na rysunku 1.



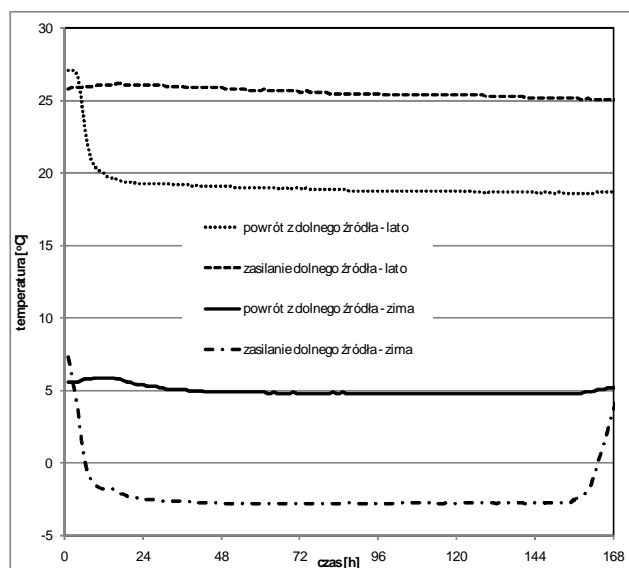
Rys. 1. Schemat technologiczny instalacji centralnego ogrzewania/chłodzenia miejscem zamontowania czujników temperatury

Fotografię źródła ciepła z modułem HPAC zamieszczono na rysunku 2.



Rys. 2. Pompa ciepła FIGHTER 1140 z modułem klimatyzacyjnym HPAC, zasobnikiem ciepła oraz przeponowym naczyniem wzbiorczym (archiwum firmy HANDAN)

Omawiany układ został wyposażony w czujniki temperatury umieszczone w najważniejszych punktach instalacji oraz system akwizycji danych. Na poniższym wykresie (rys. 3) przedstawiono przebieg temperatury czynnika krążącego w obiegu źródła dolnego dla reprezentatywnego jednego tygodnia. Dwa górne wykresy dotyczą okresu letniego, w którym pompa ciepła pracuje w trybie chłodzenia. Do gruntu wpływa czynnik o temperaturze około 26°C i po oddaniu ciepła dopływa do budynku ochłodzony do około 19 °C. Dwa dolne wykresy prezentują typowy układ pracy pompy w okresie zimowym. Średnia temperatura czynnika obiegowego wpływającego do wymiennika gruntowego wynosi -2,5°C. W wyniku wymiany ciepła z gruntem jego temperatura wzrasta do około 5°C.



Rys. 3. Temperatury czynnika w obiegu źródła dolnego

#### 4. Podsumowanie

Pompy ciepła - to coraz częściej urządzenia typu „trzy w jednym”. Zasilają instalację, która zimą ogrzewa budynek, latem chłodzi, a przez cały rok zapewnia dostawę ciepłej wody użytkowej. Omówiono dwa główne sposoby pracy tego typu systemów, czyli bardziej zaawansowane technologicznie chłodzenie aktywne i chłodzenie pasywne charakteryzujące mniejszymi kosztami eksploatacyjnymi.

Omówiono układ składający się z pompy ciepła i modułu klimatyzacyjnego, który może pracować zarówno w trybie aktywnym jak i pasywnym. Dzięki temu otrzymujemy energooszczędny system, który zapewni komfort termiczny w czasie całego roku.

#### Literatura

- Oszczak W. (2009). Ogrzewanie domów z zastosowaniem pomp ciepła. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa.
- Systemy centralnego ogrzewania i wentylacji (2007). Poradnik dla projektantów i instalatorów. Praca zbiorowa. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Viessmann (2009a). Katalog: Ogrzewanie ciepłem z natury.
- Viessmann (2009b). Zeszyty fachowe: Pompy ciepła.

W pracy wykorzystano również informacje zamieszczone w katalogach firmy NIBE.

#### CHARACTERISTICS OF PASSIVE AND ACTIVE COOLING SYSTEMS BY MEANS OF HEAT PUMP

**Abstract:** Geothermal heat pumps are devices which use energy from the ground as an upper heat source for central heating and domestic hot water systems during the heating period. The first part of the paper focuses on applying these devices for the cooling of rooms in summertime. Implementation of this technology can be done in two cooling modes: passive or active. In the first case cooling is carried out by the direct use of cold water or soil. In this particular case there is no power consumption by compressor. The second possibility of implementation of cooling can be obtained by fan coil units or underfloor heating systems. The second part of the paper characterizes the integrated heating-cooling system, which is installed in the office building near Białystok. This system consists of heat exchangers, heat pump and air conditioning unit HPAC. System under consideration can operate both in the heating mode and as the passive and active cooling unit. This solution guarantees thermal comfort throughout all the year.

Pracę wykonano w ramach pracy własnej W/WBiŚ/15/09. Autorzy dziękują Panu dr. inż. Sławomirowi Sidorukowi z firmy HANDAN za udostępnienie wyników pomiarów i zdjęć.