

# ANALIZA WYKORZYSTANIA „FREE-COOLINGU” PRZY KLIMATYZACJI SERWEROWNI

Artur RUSOWICZ

## STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono analizę wykorzystania zimnego, zewnętrznego powietrza do schładzania chłodziwa (wodnego roztworu glikolu). Obiekt chłodzony, serwerownia dużego banku, został tak celowo wybrany, aby potrzeba chłodzenia występowała w ciągu całego roku. Pozwala to w pełni wykorzystać zalety tego rozwiązania. Wyeliminowanie, lub ograniczenie zastosowania urządzeń chłodniczych metodą tzw. „free-cooling” niesie za sobą szereg zalet ekonomicznych, eksploatacyjnych oraz wpływa korzystnie na ochronę środowiska. Zaproponowano odpowiednią rozbudowę instalacji chłodniczej. W pracy poddano analizie możliwości wykorzystania „free-cooling” na przestrzeni całego roku oraz wynikające z przyjęcia tego rozwiązania korzyści.

## WPROWADZENIE

W Polsce występuje dynamiczny wzrost zainteresowania wykorzystaniem systemów klimatyzacyjnych w różnego typu obiektach. Jednocześnie kładziony jest nacisk na zastosowanie systemów energooszczędnych. Jedną z możliwości energooszczędnych, bardzo efektywną, jest zastosowanie „free-cooling”, w polskim nazewnictwie czasami tłumaczone jako „darmowe chłodzenie”. Główna koncepcja oparta jest na zastosowaniu zimnego powietrza zewnętrznego do chłodzenia chłodziwa w pośrednich systemach chłodniczych. Schłodzone chłodziwo (np. wodny roztwór glikolu) zimnym powietrzem, może być wykorzystywane w różny sposób. Z jednej strony do bezpośredniego chłodzenia pomieszczeń, bądź do wstępnego schłodzenia i dochłodzenia w urządzeniach chłodniczych. Z drugiej strony chłodziwo może odbierać ciepło od skraplacza urządzenia chłodniczego. Powoduje to obniżenie temperatury skraplania w urządzeniu chłodniczym, a w konsekwencji podwyższenie współczynnika wydajności chłodniczej. Zaawansowany system klimatyzacyjny oparty na systemach chłodniczych pośrednich pozwala zrealizować w najszybszy sposób wykorzystanie zimnego powietrza do schłodzenia chłodziwa i pełnego jego zagospodarowania.

Niestety w umiarkowanej strefie klimatycznej, w której znajduje się Polska, występują pewne niedogodności w stosowaniu „free-cooling”. Niskie temperatury powietrza zewnętrznego, poniżej 12°C występują w okresach, gdy zapotrzebowanie na klimatyzację pomieszczeń występuje w niewielkim zakresie. Istnieją jednak pewne typy pomieszczeń, w których potrzeba ich chłodzenia występuje niezmiennie przez cały rok.

W pracy wybrano do analiz serwerownię dużego banku, jest to pomieszczenie znajdujące się części podziemnej budynku, bez obecności pracowników, przy zyskach ciepła od urządzeń elektronicznych na poziomie 110 kW. Ze względu na bezpieczeństwo urządzeń elektronicznych i przechowywanych danych, układy chłodnicze są nad wyraz rozbudowane [1]: podwójne urządzenia chłodnicze, rezerwowe szafy klimatyzacyjne, nadmiar czynnika chłodniczego w urządzeniach.

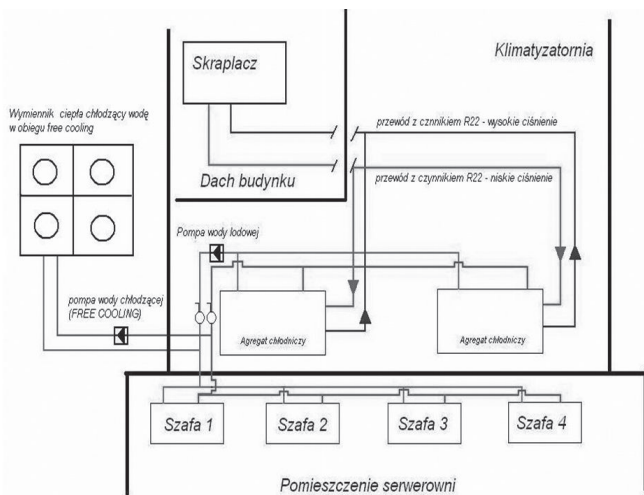
## OPIS INSTALACJI I PROPONOWANA MODERNIZACJA

Do zapewnienia odpowiednich warunków pracy serwerowni, zastosowano wodny system klimatyzacyjny, wyposażony w dwa agregaty chłodnicze schładzające wodny roztwór glikolu, każdy o nominalnej mocy chłodniczej 174 kW i mocy sprężarek 70 kW. Urządzenia powinny zapewnić odpowiednią ilość powietrza o optymalnej temperaturze  $22^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$  i wilgotności względnej  $50\%\pm 5\%$  [2]. Zakładane temperatury glikolu przepływającego przez agregat chłodniczy wynoszą  $7/12^{\circ}\text{C}$ . Agregaty chłodnicze wyposażone są w specjalne moduły pozwalające na realizację „free-cooling”. Czynnikiem chłodniczym w układzie jest HCFC-22 w ilości 100 kg. Znaczna ilość czynnika chłodniczego powodowana jest kwestiami niezawodności układu chłodniczego, nawet przy istnieniu szczelności w obydwóch agregatach chłodniczych, możliwa jest ich praca do usunięcia awarii, poprzez doprowadzania czynnika chłodniczego z rezerwowych zbiorników. Standardowo urządzenie chłodnicze zawiera 15 kg czynnika chłodniczego. Skraplacze agregatów chłodzone są powietrzem przy temperaturze skraplania  $+45^{\circ}\text{C}$ , realizowane jest również dochłodzenie czynnika chłodniczego na poziomie  $5^{\circ}\text{C}$ . Urządzenia podłączone są pod BMS i wyposażone w elektroniczne zawory rozprężne. Regulacja wydajnością chłodniczą możliwa jest w sposób ciągły w zakresie od 20% do 100%. Chłodziwo transportowane jest przez pompę o wydajności  $36\text{m}^3/\text{h}$  i mocy elektrycznej pompy 2,2 kW. Dostarczane jest do szaf klimatyzacyjnych znajdujących się w pomieszczeniu serwerowni, moc chłodnicza każdej z czterech szaf to 46 kW. Szafy połączone są równolegle, dla podniesienia niezawodności układu, mogą pracować sekwencyjnie z każdym z agregatów chłodniczych. Układ szaf realizuje typowy nawiew powietrza dołem do podniesionej podłogi i powrót górą [3]. Pomieszczenie serwerowni ma kubaturę  $600\text{m}^3$ . Wentylacja mechaniczna zapewnia  $350\text{m}^3/\text{h}$  powietrza świeżego, co spełnia odpowiednie wymagania dla tego typu pomieszczeń, które wynoszą minimum 0,5 wymiany/h. Na rys.1 przedstawiono schematycznie system chłodzenia serwerowni z dołączonym dodatkowym wymiennikiem ciepła pozwalającym realizować „free-cooling”.

Modernizacja istniejącego układu polega na podłączeniu dodatkowego wymiennika ciepła, pełniącego rolę chłodnicy glikolu. Zaproponowano wymiennik o mocy 170 kW z pompą o mocy elektrycznej 2,4 kW. Podłączenie do układu chłodniczego zrealizowano za pomocą zaworów trójdrogowych z siłownikiem, sterowanych mikroprocesorem. Koszt modernizacji instalacji w 2003 roku wyniósł 69 tys. złotych.

Artur RUSOWICZ

Instytut Techniki Ciepłej Politechnika Warszawska, Warszawa  
e-mail: rusowicz@itc.pw.edu.pl



Rys.1 Schemat instalacji klimatyzacyjnej w serwerowni.

### ANALIZA ZASTOSOWANIA „FREE-COOLINGU”

Zastosowanie „free-cooling” jest możliwe, jeżeli temperatura powietrza zewnętrznego spada poniżej temperatury roztworu glikolu wracającego do agregatu chłodniczego (+12°C), sterownik otwiera zawór trójdrogowy i chłodziwo jest wstępnie schładzane w chłodnicy glikolu, a następnie dochładzane przez sprężarki chłodnicze do temperatury 7°C. Przy temperaturach powietrza zewnętrznego +5°C i niższych, układ sterowniczy agregatu chłodniczego wykorzystuje do schładzania chłodziwa tylko wymiennik glikolowy pracujący w układzie „free-cooling”, a sprężarki chłodnicze pozostają wyłączone. Na podstawie analizy temperatur powietrza zewnętrznego określono liczbę godzin występowania w Warszawie odpowiednich zakresów temperatur w latach 2000-2002. Wyniki dla poszczególnych miesięcy zestawiono w tabl.1 i tabl.2.

Tablica 1. Liczba godzin w Warszawie o temperaturze powietrza zewnętrznego poniżej 5°C.

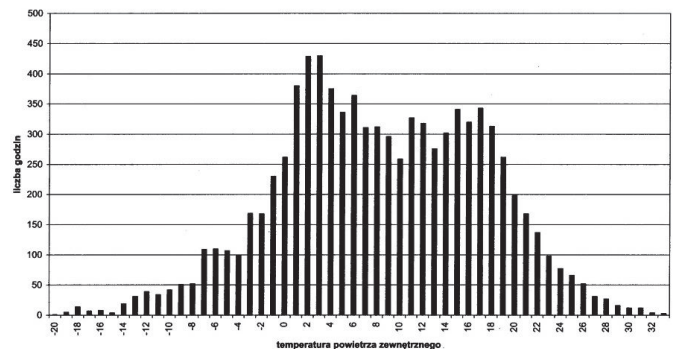
Rok / miesiąc	I	II	III	IV	V	VI, VII, VIII	IX	X	XI	XII	Suma
2000	732	552	537	117	10	0	21	53	266	568	2856
2001	720	576	364	92	5	0	14	53	518	744	3086
2002	600	384	379	94	0	0	0	264	331	744	2796
Średnia	684	504	426	101	5	0	11	123	372	685	2912

Natomiast liczbę godzin dla poszczególnych temperatur powietrza zewnętrznego określono na podstawie rys.2 [4]. Średnia liczba godzin przy temperaturze powietrza zewnętrznego poniżej +5°C wynosi 2912 godzin rocznie i pozwala całkowicie wyeliminować pracę sprężarek w urządzeniach chłodniczych pracujących z wydajnością nominalną. W rzeczywistości układ chłodniczy jest przewymiarowany ze względów eksploatacyjnych i bezpieczeństwa, podobnie chłodziwo glikolu dla układu „free-cooling”. Praktycznie układ chłodniczy pracuje z 60% wydajnością chłodniczą. Przewymiarowanie układu pozwala wyłączyć sprężarki chłodnicze, już przy temperaturze powietrza zewnętrznego +8°C, co zwiększa liczbę godzin o dodatkowe 1000 godzin rocznie. Częściowe chłodzenie glikolu z wykorzystaniem powietrza zewnętrznego, zmniejszające obciążenie urządzenia chłodniczego, możliwe jest dodatkowo przez 875 godzin w roku.

Tablica 2. Liczba godzin w Warszawie o temperaturze powietrza poniżej 12°C.

Rok / miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma
2000	744	684	717	408	240	144	24	60	384	360	720	744	5229
2001	744	662	700	576	168	144	0	48	266	331	720	744	5103
2002	734	660	624	456	72	48	0	0	366	628	672	744	5004
Średnia	741	669	680	480	160	112	8	36	339	440	704	744	5112

Analiza ekonomiczna zaproponowanego rozwiązania została przeprowadzona w sposób uproszczony. Przyjęto orientacyjną cenę energii elektrycznej na poziomie 0,3 zł/kWh dla 2003 roku. Założono, że instalacja pracuje z 60% wydajnością chłodniczą, a COP wynosi 2,5 dla tego typu urządzeń chłodniczych. Brano pod uwagę moc elektryczną doprowadzoną do sprężarek chłodniczych, pomijając energię potrzebną do napędu pomp, wentylatorów oraz automatyki. W wyniku obliczeń stwierdzono, że koszt energii elektrycznej w ciągu roku potrzebny do klimatyzacji serwerowni wynosi ok. 110 tys. złotych, jeżeli nie ma instalacji „free-cooling”. W przypadku zaproponowanej modernizacji oszczędności w zakupie energii elektrycznej wynoszą ok. 54,3 tys. złotych rocznie. Oszczędności pozwalają na zwrot inwestycji w czasie niewiele większym niż 1 rok.



Rys.2 Liczba godzin dla poszczególnych temperatur powietrza zewnętrznego dla Warszawy w 2000 roku [4].

### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy przeanalizowano modernizację instalacji chłodniczej pracującej na potrzeby klimatyzacji serwerowni. Obiekt klimatyzowany, został tak celowo wybrany, aby potrzeba chłodzenia występowała w ciągu całego roku. Zastosowanie „free-cooling” wykazało atrakcyjność przyjętego rozwiązania. Przy koszcie modernizacji w 2003 roku na poziomie 69 tys. złotych, obserwowane są oszczędności przy zakupie energii elektrycznej na poziomie 54,3 tys. złotych rocznie. Występuje atrakcyjny czas zwrotu inwestycji oraz oszczędności przy zakupie energii elektrycznej w czasie działania instalacji chłodniczej. Szczególnie jest to ważne przy rosnących cenach energii elektrycznej. Przyjęte rozwiązanie jest również korzystne ze względu na zmniejszenie obciążenia urządzeń chłodniczych, wydłużając czas ich eksploatacji poprzez redukcję ich zużycia. Dotyczy to przede wszystkim najdroższych elementów w urządzeniu chłodniczym, jakim są sprężarki. Ochrona środowiska jest również ważnym elementem branych pod uwagę przy modernizacji układu chłodniczego. Mniejsze zużycie energii elektrycznej to zmniejszenie produkowanego dwutlenku węgla powstającego przy transformacji energii chemicznej na elektryczną.

Proponowana modernizacja klimatyzacji serwerowni z wykorzystaniem „free-cooling” została przeprowadzona w możliwie prosty sposób. Nie wykorzystano schładzania skraplaczy przy pomocy glikolu, co podniosłoby jeszcze atrakcyjność proponowanego rozwiązania. Ponadto w świetle obecnych analiz, proponuje się wyższe temperatury w serwerowniach, niż  $22^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Występują projekty w których temperatura jest na poziomie  $25^{\circ}\text{C}$ , a nawet  $27^{\circ}\text{C}$ . Podniesienie temperatury powietrza w serwerowni, znacząco poszerza zakres wykorzystania „free-cooling” w tego typu obiektach.

## BIBLIOGRAFIA

1. Żuk M.: *Klimatyzacja nowoczesnych serwerowni o dużej gęstości mocy*, Chłodnictwo i Klimatyzacja Nr 7(2008), s.42-45
2. *ASHRAE Handbook*, 1999 HVAC Applications, Chapter 16 Data processing and electronic office areas
3. Urański M.: *System free-cooling i szafy ze zmiennym przepływem wody lodowej w serwerowniach*, Chłodnictwo i Klimatyzacja Nr 6,7(2008), s.46-47
4. Stachurka-Geller M.: *Metody odzysku ciepła w centralach wentylacyjno-klimatyzacyjnych*, Chłodnictwo i Klimatyzacja Nr 12(2002), s.36-38