



## **Rozwój zaawansowanych systemów sterowania agregatów wody lodowej**

**CASE STUDY**

T e c h n o l o g y   &   E v o l u t i o n



Poniższe opracowanie pozwala kompletnie zdefiniować pracę chillera, wyposażonego w sprężarkę inwerterową typu scroll oraz elektroniczny zawór rozprężny.

Pierwszym z kroków opracowania było zarejestrowanie wszystkich danych pracy sprężarki we wszelkich możliwych warunkach.

Jako drugi krok opracowania, zostanie opisany nowy, zaawansowany system sterowania, bazujący na bezstopniowej regulacji oraz dopasowania sprężarki algorytmu sterowania i elektronicznego zaworu rozprężnego, w celu uzyskania znaczącej oszczędności w poborze energii wraz z optymalizacją działania jednostek systemu. W ten sposób można uzyskać kontrolę przepływu czynnika w obiegu i kontrolę wydajności chłodniczej sprężarki, jednocześnie i niezależnie co pozwala na pracę chillera z maksymalną efektywnością we wszystkich warunkach termicznych. Te wyniki zostaną również zestawione z wynikami pomiarów konwencjonalnego chillera.

## STRESZCZENIE

Zmienna prędkość obrotowa sprężarki może pozwolić na uzyskanie dużej oszczędności w poborze energii jednostek klimatyzacyjnych. Redukcja wydajności chłodniczej ma bardzo duży wpływ na sterowanie jednostką klimatyzacyjną a w szczególności w odniesieniu do sprężarki, poziomu temperatur wody oraz ogólnej stabilności jednostki. Aby sterować chilerem wyposażonym w sprężarkę o zmiennej wydajności, wyposażenie sterujące sprężarką musi być zgodne ze sterowaniem całego systemu, pozwoli to na uniknięcie problemów komunikacyjnych pomiędzy sterownikami. Firm CAREL dostarcza rozwiązania które pozwala na kontrolę zarówno sterownika sprężarki jak i elektronicznego zaworu rozprężnego, oraz wentylatorów skraplacza tak aby zmaksymalizować osiągi jednostki klimatyzacyjnej w każdych warunkach pracy.

## WPROWADZENIE

Typ jednostki: wodno – powietrzny agregat wody lodowej (chiller) z pompą ciepła;

Czynnik chłodniczy: R 407C;

Nominalna wydajność chłodnicza: 16 kW ( $t_k=40^{\circ}\text{C}$ ;  $t_0=4^{\circ}\text{C}$ ; 75Hz; przegrzanie =  $10^{\circ}\text{C}$ ; dochłodzenie =  $10^{\circ}\text{C}$ ;

Typ sprężarki: inwerterowa typu scroll o mocy % Hp;

Typ silnika inwerterowego: uniwersalny, trój fazowy, 380 – 460 V+/-10%;

50/60 Hz+/-10%;

Typ skraplacza: wymiennik lamelowy;

Typ parownika: płytowy;

Pierwszy element rozprężny: elektroniczny zawór rozprężny krokowy;

Drugi element rozprężny: termostatyczny zawór rozprężny;

## OPIS CHILLERA

Zainstalowano również zbiornik ciekłego czynnika aby móc kontrolować obciążenie cieplne parownika.

Przepływ wody przez parownik jest kontrolowany w prosty sposób poprzez baypass i zawór trójdrożny, oraz mierzony przy pomocy miernika przepływu, jednocześnie wymiennik jest zabezpieczony poprzez 4 grzałki z przekaźnikami. W tym wypadku można symulować wszystkie warunki termiczne wody oraz obciążenie cieplne jednostki klimatyzacyjnej.

Chiller został zainstalowany w komorze klimatycznej co pozwala na kontrolę temperatur zewnętrznych dla chillera w zakresie od  $15^{\circ}\text{C}$  do  $35^{\circ}\text{C}$ . Wszystkie inne warunki zewnętrzne zostaną zasymulowane przy pomocy zmian warunków kondensacji. Wyposażyliśmy skraplacz jednostki w wentylatory o stałej maksymalnej prędkości (maksymalnej efektywności) pozwalają one dla każdych warunków zewnętrznych osiągnąć precyzyjnie wymaganą temperaturę kondensacji.

Badana jednostka została wyposażona w 8 czujek temperatury typu PT100 i 8 czujników ciśnienia (logarytmicznych przetworników ciśnienia) tak aby pozyskiwać dane o spadkach ciśnienia oraz warunkach temperaturowych w obiegu. W ten sposób możemy Wykreślić kompletny obieg chłodniczy na wykresie P-H. Czujki temperatury zostały również zainstalowane na obiegu wodnym tak aby mierzyć temperatury wody na wlocie i wylocie z wymiennika ciepła oraz jedna czujka do pomiaru temperatury powietrza na skraplaczu.

Aby zmierzyć wahania mocy chłodniczej generowanej przez układ zastosowano również miernik przepływu wody, miernik przepływu masowego czynnika oraz watomierz do pomiaru poboru mocy przez sprężarkę. Co prawda do określenia poboru mocy przez grzałki elektryczne można dokonać poprzez pomiar temperatury wody (na każdy obieg przypadają dwie identyczne pary grzałek po 10 kW), jednak w mierzonym

## UKŁAD POZYSKIWANIA DANYCH

Układzie zastosowano 3 czujki CT do pomiaru aktualnie pobieranej przez grzałki mocy elektrycznej. Wszystkie pomiary są zsynchronizowane i dokonywane po uruchomieniu jednostki.

Oprogramowanie do gromadzenia danych zostało dostarczone do współpracy z platformą Windows, bazując na powszechnie używanym programie Lab-view 6i. Komunikacja oraz gromadzenie danych pomiędzy programem sterującym chillerem oraz obiegiem wodnym a komputerem bazuje na tym samym oprogramowaniu.

Wszystkie dane są odczytywane w cyklicznie co 0,5s, oraz zapisywane w formacie Exel co 5 sek.

Algorytm kontroli chillera został stworzony z 4 części:

## SYSTEM STEROWANIA

- sterowania sprężarką (z lub bez silnika inwerterowego) w zależności od temperatury wody w obiegu wodnym;
- Elektronicznego zaworu rozprężnego sterowanego na podstawie wartości przegrzania;
- Sterowania wentylatorami skraplacza w zależności od temperatury kondensacji;
- Procedur oraz zabezpieczeń i alarmów

### **Sterowanie sprężarką.**

Aby zachować względność przeprowadzanego testu, zastosowaliśmy system sterownia mogący pracować zarówno ze sprężarką inwerterową jak i tradycyjną. Każda ze sprężarek jest sterowana na podstawie informacji o temperaturze wody (na wlocie oraz na wylocie) poprzez zmianę wydajności chłodniczej w przypadku inwertera oraz poprzez włączanie i wyłączanie w przypadku sprężarki tradycyjnej.

Jednocześnie mamy możliwość symulacji pracy typu ON/OFF w sprężarce inwerterowej

- *parametry pracy typ ON/OFF:*  
sterowanie za pomocą nastawy punktu temperatury wody z odpowiednim dyferencjałem. Wartości podstawowa to temperatura wody na wlocie 12°C oraz dyferencjał 2°C.
- *parametry pracy przy silniku inwerterowym:*  
sprężarka jest sterowana algorytmem kontroli typu PID w zależności od temperatury wodny na wlocie oraz na wylocie. Prędkość obrotowa inwertera jest regulowana tak aby osiągnąć oraz utrzymać zadaną temperaturę wody (w °C).

kontrola typu PID została tak zaprojektowana aby najpierw osiągnąć odpowiednią stabilność temperatury wody a następnie szybkie osiągnięcie punktu nastawy.

Po uruchomieniu jednostki częstotliwość pracy silnika inwerterowego jest ustalana proporcjonalnie do różnicy pomiędzy aktualną temperaturą wody a punktem nastawy.

Sprężarka zostanie zatrzymana gdy częstotliwość pracy osiągnie wartość minimalną (fabrycznie : 25 Hz).

### **Sterowanie wentylatorami skraplacza.**

Sterownie wentylatorami skraplacza odbywa się również przy pomocy algorytmu typu PID. Prędkość obrotowa wentylatorów jest sterowana na podstawie ustawionego punktu temperatury kondensacji. Główna różnica pomiędzy parametrami jest zależna od różnicy pomiędzy sygnałami wejścia i wyjścia.

Zmniejszanie się temperatury wody w wyniku zwiększania mocy chłodniczej poprzez zwiększenie częstotliwości pracy inwertera (przy stałych wartościach innych parametrów) jest zależnością liniową. Gradient zwiększania prędkości obrotowej silnika inwerterowego jest wartością stałą. Temperatura skraplania jest zależna od prędkości obrotowej wentylatora skraplacza, która jest zależnością trzeciego stopnia od sygnału ze sterownika. Z tego powodu, wzrost napięcia zasilania wentylatora jest zależnością drugiego stopnia od napięcia pierwotnego. Można obliczyć wzrost napięcia zasilania biorąc pod uwagę ostatnią wartość tego napięcia.

### **Sterowanie elektronicznym zaworem rozprężnym.**

Elektroniczny zawór rozprężny jest sterowany poprzez standardowe wyposażenie do sterownia silnikiem krokowym zaworu w zależności od wartości przegrzania mierzonej poprzez dwa czujniki zainstalowane na wyjściu z parownika. Pierwszy z czujników mierzy ciśnienie w układzie, drugi natomiast temperaturę czynnika w obiegu.

Wyposażenie sterownicze zaworu jest autonomiczne oraz ma możliwość przesyłania informacji o sygnałach z czujników, parametrów sterowania oraz o stanie pracy samego zaworu do jednostki głównej sterowania (PC).

Główny sterownik wartości przegrzania w układzie posiada algorytm pracy typu PID opierający się tylko na pomiarze wartości przegrzania. Jednak w układzie mogą zaistnieć również krytyczne warunki pracy (niskie przegrzanie, wysokie ciśnienie skraplania lub parowania, niskie ciśnienie parowania). W tych wypadkach ważne jest aby posiadać algorytm sterowania który umożliwi zmianę standardowego zachowania zaworu aby zabezpieczyć jednostkę przed unieruchomieniem w wyniku wystąpienia np. wysokiego ciśnienia skraplania – krytyczne warunki pracy sprężarki. W wielu sytuacjach jest możliwość zmiany punktu nastawy przegrzania lub zmiany sterownia zaworem w zależności od wartości mierzonych poprzez czujniki, tak aby zwiększyć lub zmniejszyć przepływ czynnika oraz zwiększyć efektywność chłodzenia aby zapewnić pracę jednostki nawet w najbardziej niesprzyjających warunkach (duże obciążenie, bardzo wysoka temperatura zewnętrzna). Algorytm sterowania zaworem dostarcza funkcje zabezpieczające dla wszystkich możliwych do wystąpienia sytuacjach (niskie przegrzanie, wysokie ciśnienie skraplania lub parowania, niskie ciśnienie parowania) które są unikane poprzez regulację zaworu rozprężnego. Istnieją 4 różne wartości limitujące:

- max temperatura skraplania: 59<sup>0</sup>C
- max temperatura parowania: 18<sup>0</sup>C
- min temperatura parowania: -3<sup>0</sup>C
- min wartość przegrzania: 3K

### **Zapobieganie i kontrola alarmów.**

Algorytm zapobiegania niebezpiecznym sytuacjom ma znaczący wpływ na zachowanie się jednostki sterowanej, może on zarządzać jej pracą w przypadku tych samych sytuacji co opisane w przypadku zaworu elektronicznego, lecz ten algorytm działa przy pomocy zmian wydajności pracy sprężarki inwerterowej. Określone są 4 wartości limitujące oraz jednocześnie alarmowe (zatrzymujące pracę jednostki).

- temperatura skraplania (włączenie algorytmu ochrony przy 61<sup>0</sup>C, alarm przy 65<sup>0</sup>C)
- temperatura parowania (włączenie algorytmu ochrony przy -5<sup>0</sup>C, alarm przy -8<sup>0</sup>C)
- Temperatura linii tłocznej sprężarki (włączenie algorytmu ochrony przy 120<sup>0</sup>C, alarm przy 125<sup>0</sup>C)
- Temperatura wylotowa wody (włączenie algorytmu ochrony przy 3<sup>0</sup>C, alarm przy 2<sup>0</sup>C)

Przy działaniu algorytmu ochrony, wydajność pracy sprężarki jest obniżona o określony poziom tak długo jak występuje wartość limitująca, następnie wydajność jest zależna proporcjonalnie od różnicy od aktualnej temperatury lub ciśnienia oraz wartości limitujących.

Dostarczamy model obliczeniowy mogący wyznaczyć wartość wydajności jeśli warunki ochronne są stworzone poprzez kontrolę zaworu elektronicznego lub wydajności sprężarki (wydajności chłodzenia). Zakładamy że jest możliwość wystąpienia konieczności ustawienia pracy jednostki na maksymalne chłodzenie lub na uzyskanie maksymalnego współczynnika efektywności COP.

### **Kontrola obiegu wodnego.**

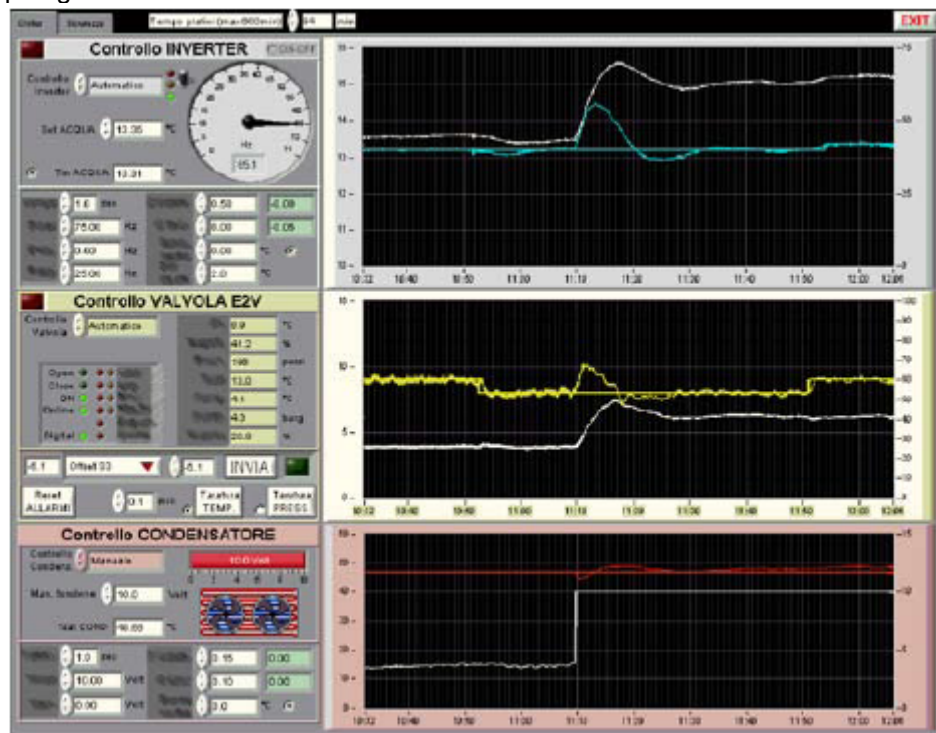
Kontrola obciążenia układu jest kompletnie odseparowana od kontroli jednostki, tak aby zapobiec niepożądanym wzajemnym wpływom. Oczywiście obydwie systemy bazują na tych samych danych pomiarowych z programu gromadzącego dane.

Kontrola temperatury opiera się na pracy w cyklu 5 sekundowym PWM. Możemy jednocześnie wybrać bezpośrednią wartość wydajności w kW ze sprzężeniem zwrotnym pomiaru aktualnej wartości poboru mocy przez grzałki elektryczne, lub ustawić

wartość temperatury wody w zbiorniku (w zależności od temperatury wlotowej układu wodnego w Schillerze), przy zastosowaniu tego samego algorytmu kontroli PID co w przypadku sprężarki. Algorytm sterowania odczytuje temperatury wody i na jej podstawie moduluje sygnał PWM od wartości 0% do 100% (0 do 20kW) aby osiągnąć punkt nastawy. Można również automatycznie ustawić wartość temperatury lub profil obciążenia cieplnego tak aby zasymulować różnorodne warunki pracy.

Rys 1 pokazuje panel podstawowy systemu sterowania z parametrami kontrolnymi oraz danymi pomiarowymi z chillera na wykresach po prawej stronie (kolorowe linie oznaczają wartości pomiarowe, punkt nastawy, przegrzanie, temperaturę skraplania, podczas gdy linie białe oznaczają wartości wyjść, wydajność sprężarki inwerterowej, pozycję zaworu elektronicznego, oraz napięcie pracy wentylatorów). Na przykładowym rysunku możemy zobaczyć reakcję systemu sterowania na zmianę w obciążeniu cieplnym układu. Temperatura wody narasta a wydajność sprężarki jest dostosowana na podstawie algorytmu PID do nowych warunków pracy tak aby utrzymać zadany punkt nastawy temperatury wody (13,35<sup>o</sup>). Algorytm sterowania zwiększył częstotliwość pracy inwertera z 45 do 65 Hz oraz pozycję zaworu i parametry skraplacza w zależności od zmieniającego się obciążenia. Są widoczne również niewielkie zmiany w punktach nastawy temp. wody oraz przegrzania.

Rys.1 panel sterowania sprężarką inwerterową.

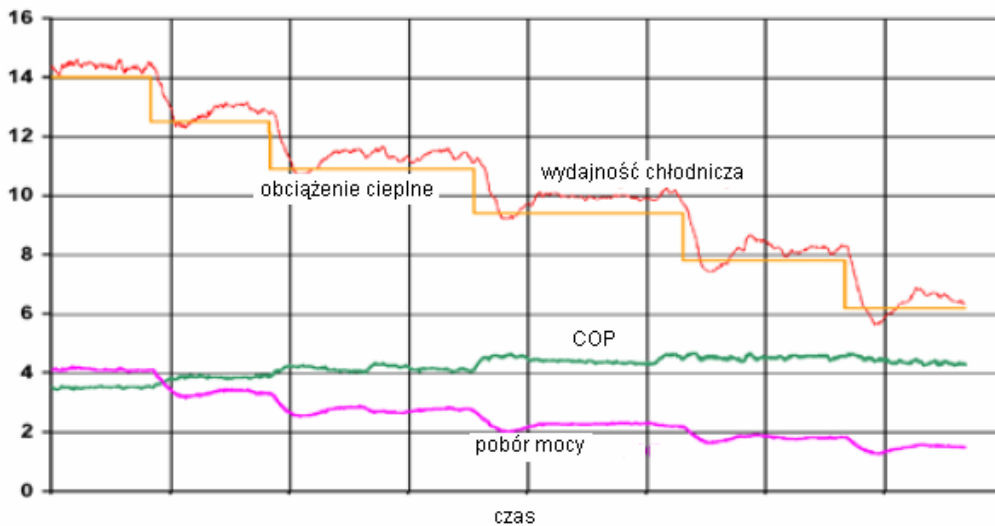


**CHARAKTERYSTYKA STEROWANIA SPREŻARKĄ INWERTEROWĄ**

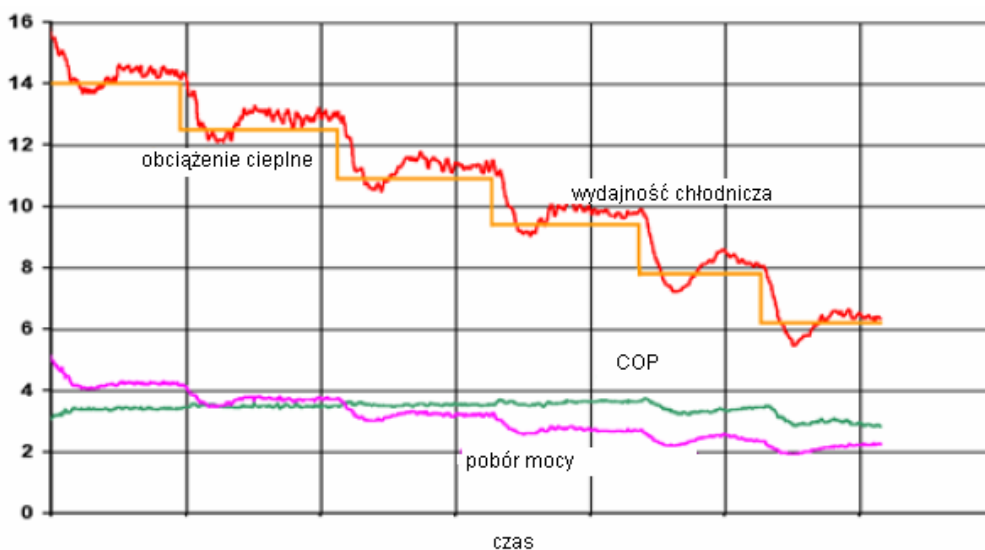
Jedną z pierwszych oraz ważniejszych zalet sterowania sprężarką inwerterową w zależności od temperatury skraplania jest to że w porównaniu z kontrolą wydajności typu ON/OFF pozwalana na dokładniejsze dostosowanie wydajności układu do zapotrzebowania. To oznacza mniejsze obciążenie skraplacza a w konsekwencji niższą temperaturę skraplania przy stałej temp. otoczenia.

Rysunki 2 oraz 3 pokazują różne pobory mocy przy tej samej temperaturze otoczenia (20<sup>o</sup>C) oraz warunkach obciążenia cieplnego układu (40 – 100%). Przy spadku obciążenia cieplnego układu obniżeniu ulega również wydajność sprężarki inwerterowej co pozwala na zmniejszenie temperatury skraplania i poboru mocy.



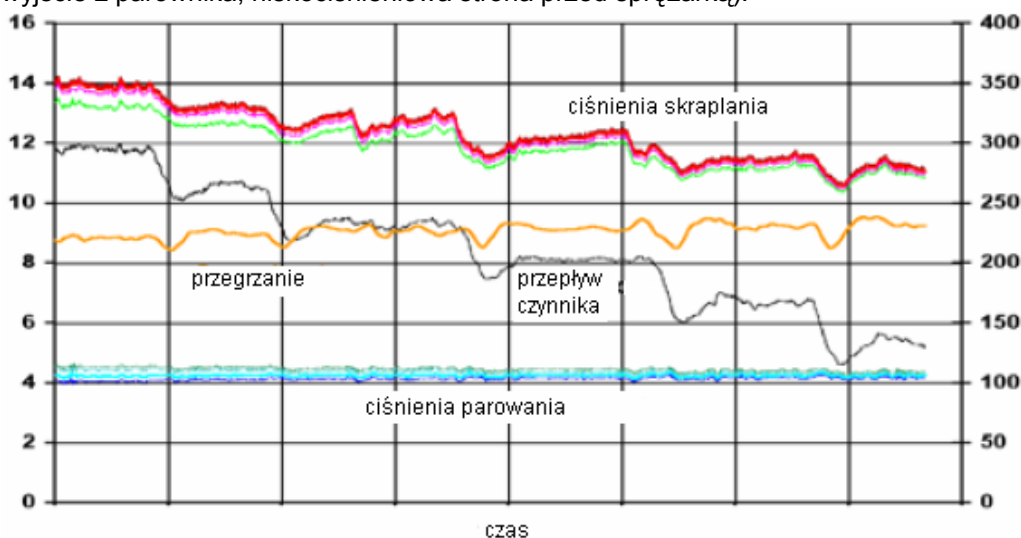


Rys.2 Zużycie energii przy pracy sprężarki inwerterowej z utrzymaniem maksymalnej efektywności skraplacza.



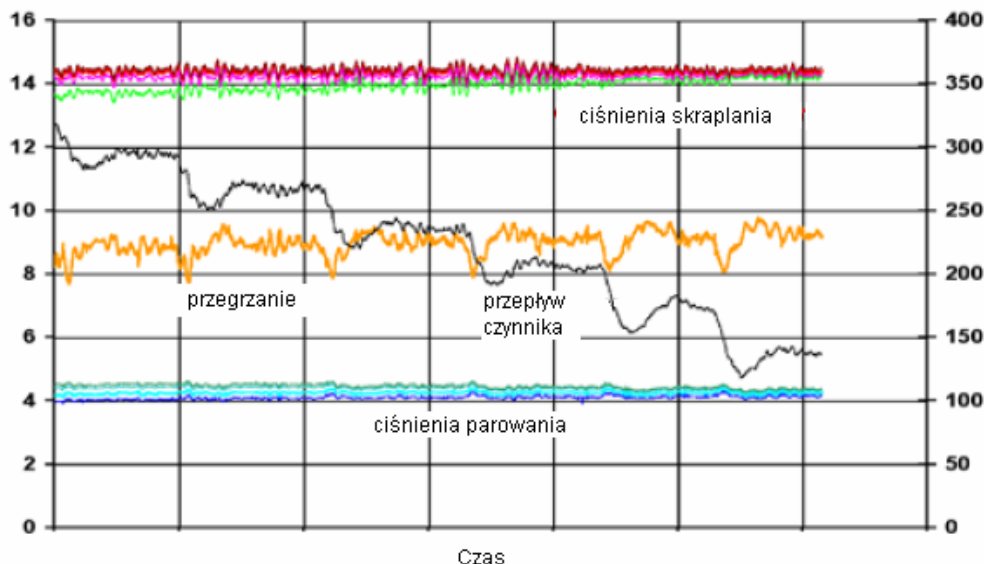
Rys.3. pobór energii przy pracy sprężarki inwerterowej i stałym ciśnieniu skraplania.

Rysunki 4 i 5 pokazują ciśnienia, wartość przegrzania, i przepływ czynnika w obu przypadkach sterowania. Możemy również zauważyć jak ciśnienie skraplania obniża się w obu przypadkach w wyniku obniżenia wydajności sprężarki inwerterowej (dla przetworników ciśnienia z każdej strony układu, wylot ze sprężarki, wlot i wylot skraplacza, wlot do zaworu po stronie wysokiego ciśnienia, wylot z zaworu, wejście i wyjście z parownika, niskociśnieniowa strona przed sprężarką).



Rys. 4 Ciśnienia oraz przepływ czynnika dla pracy sprężarki inwerterowej z utrzymaniem maksymalnej efektywności skraplacza.

**Rys. 5 Ciśnienia i przepływ czynnika dla pracy sprężarki inwerterowej z utrzymaniem stałego ciśnienia skraplania.**

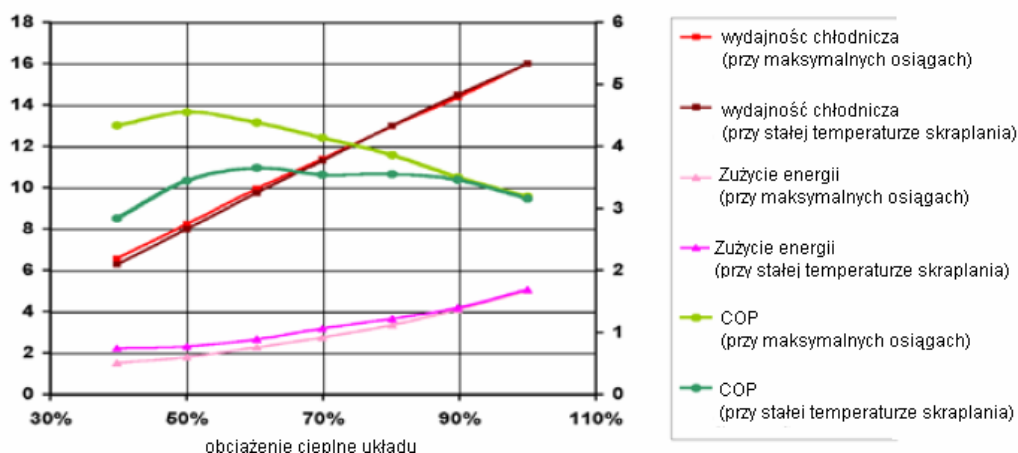


Końcowe rezultaty w odniesieniu do współczynnika efektywności COP są pokazane na rysunku 6. Z wykresu wynika że osiągi jednostki znacznie wzrastają obniżając jednocześnie pobór mocy. Maksymalna wartość współczynnika COP 4,55 osiągnięta jest dla 50% obciążenia układu.

Jako drugi wniosek można stwierdzić że współczynnik COP jednostki ewidentnie wzrasta przy pracy sprężarki z częstotliwościami 75 Hz oraz 25 Hz. Uważamy iż nie jest problematyczne utrzymanie takiej wartości współczynnika w całości zakresu pracy sprężarki oraz jednostki, częstotliwość pracy 75 Hz nie jest zbyt częsta (1 do 2 % czasu pracy jednostki) i wypełnia małą część czasu pracy urządzenia. Z drugiej strony jest możliwość uzyskania oszczędności energii poprzez kontrole minimalnej częstotliwości pracy sprężarki aby spowodować pracę sprężarki z minimalną wartości współczynnika COP.

Dla takiego przypadku minimalna wartość częstotliwości pracy jest ustalana poprzez algorytm regulacji. Generalnie częstotliwość zależy od temperatury zewnętrznej i jest ustalana na poziomie 30 do 35 Hz. Doświadczenie wykazało że dla pewnych warunków pracy sprężarki sterowanie typu ON/OFF jest bardziej korzystne niż utrzymywanie niskiej częstotliwości pracy sprężarki.

**Rys. 6: Współczynnik COP, zużycie energii, wydajność chłodnicza, przy maksymalnych osiąгах, oraz przy stałej temperaturze skraplania.**

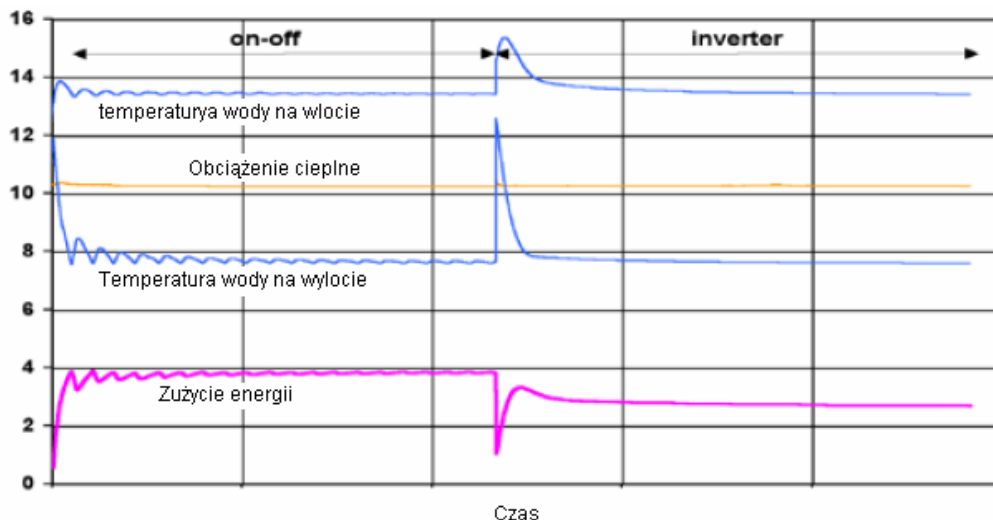


Głównym zadaniem testu porównawczego jest zmierzenie rzeczywistego wpływu pracy typu ON/OFF na poziom poboru mocy przez chiller. Test został zrealizowany przy pracy sprężarki typu ON/OFF ze stałą częstotliwością pracy inwertera 75 Hz, przy różnych obciążeniach cieplnych oraz stałej temperaturze wody (12°C, i dyferencjałe 2°C). Zużycie energii oraz temperatury były mierzone a ich uśrednione wartości przeliczane w zależności od nastawy punktu temperatury wody.

TEST  
PORÓWNAWCZY  
Z SYSTEMEM  
TRADYCYJNYM  
ON/OFF



W tym wypadku możemy zmierzyć wartość poboru mocy poprzez same wartości temperatur wody i obciążenie cieplne podczas pracy jednostki. Rysunek 7 pokazuje główne wartości efektywności jednostki (temperatura wody przy stałym obciążeniu cieplnym) oraz zużycie energii w obu testach.



Rys. : test porównawczy przy temp zew 20°C, 10,3 kW obciążenia cieplnego, około 70% maksymalnej mocy urządzenia.

Niektóre z uzyskanych wyników zostały zestawione w tabeli poniżej.

obciążenie cieplne	średnia temp. wody	praca ON/OFF				INVERTER oraz stała temperatura skraplania				INVERTER oraz maksymalna efektywność			
		temp. otoczenia	temp. skraplania	zużycie energii	temp. skraplania	Hz	zużycie energii	różnica	temp. skraplania	Hz	zużycie energii	różnica	
84%	11.3kW	13.35°C	35°C	53°C	6.1kW	53°C	69Hz	6.0kW	2%	51°C	66Hz	5.8kW	6%
75%	10.1kW	13.35°C	35°C	53°C	5.5kW	53°C	60Hz	5.1kW	7%	48°C	57Hz	4.8kW	11%
60%	8.1kW	13.24°C	35°C	53°C	4.7kW	53°C	51Hz	4.2kW	11%	46°C	52Hz	3.9kW	17%
67%	10kW	13.35°C	27°C	47°C	4.2kW	47°C	51Hz	3.6kW	14%	42°C	48Hz	3.0kW	28%
50%	7.8kW	13.20°C	27°C	47°C	3.3kW	47°C	44Hz	2.8kW	16%	40°C	37Hz	2.2kW	33%
37%	5.6kW	13°C	27°C	47°C	2.3kW	47°C	32Hz	2.4kW	-7%	36-41°C	25-50Hz	1.8kW	21%
66%	10.3kW	13.35°C	20°C	40°C	3.8kW	40°C	53Hz	3.1kW	18%	36°C	45Hz	2.7kW	29%
55%	8.5kW	13.21°C	20°C	40°C	3.0kW	40°C	39Hz	2.5kW	17%	33°C	38Hz	2.1kW	30%
45%	7kW	13.10°C	20°C	40°C	2.0kW	40°C	29Hz	2.2kW	-10%	32-36°C	25-50Hz	1.7kW	15%

Tab: Test porównawczy przy różnych warunkach pracy.

Obydwa przypadki sterowania inwerterowego zostały zestawione i porównane z wynikami sterowania typu ON/OFF w świetle pobieranej mocy oraz efektywności układu. Z doświadczenia wynika że najbardziej energooszczędne jest sterowanie inwerterowe przy zachowaniu maksymalnej efektywności (jak najniższą temperaturą skraplania w stosunku do temperatury otoczenia).

Jak zostało stwierdzone powyżej największe zużycie energii wystąpiło przy niskiej częstotliwości pracy inwertera (poniżej 35 Hz) z powodu niskiego współczynnika COP który występuje przy niskiej prędkości pracy. W tabeli powyżej (wiersz 4) pokazane są typowe warunki w których sterowanie typu ON/OFF jest o 7 % bardziej efektywne od sterowania płynnego oraz w których sterowanie inwerterowe jest bardziej korzystne w cyklach pracy : zatrzymanie sprężarki przy częstotliwości 25 Hz oraz wystartowanie około 50 Hz, okresową modulacją w zakresach pomiędzy tymi wartościami.

## Wyniki i wnioski

Głównym celem stosowania różnych rodzajów sterowania było uzyskanie po pierwsze: jak najlepszą stabilność temperatury wody a następnie najbardziej korzystną i efektywną relację pomiędzy wszelkimi parametrami w różnych warunkach obciążenia cieplnego układu. Główny algorytm regulacji umożliwia uzyskanie najlepszych parametrów regulacji we wszystkich rodzajach jednostek i sprężarek inwerterowych, oraz zapewnić bezpośrednią komunikację pomiędzy inwerterem, zaworem elektronicznym i skraplaczem stanowiącym perfekcyjną „grupę pracy” w każdych warunkach.

Z drugiej strony, zdajemy sobie sprawę z konieczności stworzenia planu jednostki, szczególnie odnośnie efektywności sprężarki inwerterowej, przy zachowaniu jednocześnie, w każdych warunkach doskonałej, wydajności. Z tego powodu, może okazać się niezbędne założenie w którym z ochronnych algorytmów kontroli jednostka będzie pracować w przypadku wystąpienia niskiej lub wysokiej częstotliwości pracy inwertera, lub obniżaniu się wydajności chłodniczej jednostki, tak aby zmaksymalizować wartość współczynnika COP.

W zakresie jaki obejmował test sporządziliśmy protokół testu aby zmierzyć rzeczywisty wpływ sposobu sterowania na współczynnik COP. Z protokołu wynika że przy sterowaniu typu ON/OFF pobór energii jest do 15 % większy (w zależności od obciążenia cieplnego). Stwierdziliśmy jednocześnie że jednostka pracująca przy niskiej częstotliwości jest zdecydowanie przewymiarowana w stosunku do nominalnych warunków pracy : to pozwala na uzyskanie lepszej efektywności poprzez obniżanie ciśnienia skraplania. W ten sposób można uzyskać niższy pobór energii nawet do 30% przy średniej częstotliwości pracy sprężarki inwerterowej.

Oczywiste jest, że całkowity pobór mocy uwzględnia pobór mocy samego silnika inwerterowego: w porównaniu z silnikiem sterowanym ON/OFF uzyskamy redukcję poboru mocy. Jednocześnie mała sprężarka standardowa (50Hz , 380 V) jest droższa niż mniejsza sprężarka inwerterowa która może pracować przy częstotliwości 75 Hz z tą samą wydajnością chłodniczą.



#### Headquarters

CAREL S.p.A.  
Via dell'Industria, 11 - 35020 Brugine - Padova (Italy)  
Tel. (+39) 0499 716611 - Fax (+39) 0499 716600  
carel@carel.com - www.carel.com

+402200110-10-01.03.06

#### Subsidiaries

CAREL Australia Pty Ltd  
www.carel.com.au  
sales@carel.com.au

CAREL China Ltd.  
www.carelhk.com  
sales@carelhk.com

CAREL Deutschland GmbH  
www.carel.de  
info@carel.de

CAREL Export  
www.carel.com  
carelexport@carel.com

CAREL France Sas  
www.carelfrence.fr  
carelfrence@carelfrence.fr

CAREL Italia  
www.carel.it  
carelitalia@carel.com

CAREL Sud America Ltda.  
www.carel.com.br  
carelsudamerica@carel.com.br

CAREL U.K. Ltd.  
www.careluk.co.uk  
careluk@careluk.co.uk

CAREL USA L.L.C.  
www.carelusa.com  
sales@carelusa.com

#### Affiliated Companies:

CAREL Korea Co. Ltd.  
www.carel.co.kr  
info@carel.co.kr

CAREL (Thailand) Co. Ltd.  
www.carel.co.th  
info@carel.co.th

www.carel.com

© CAREL S.p.A. 2006 all rights reserved

CAREL reserves the right to modify the features of its products without prior notice.