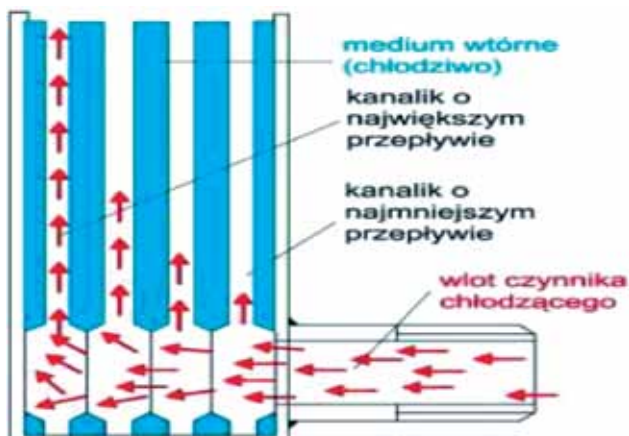


# WPŁYW OPTIMALNEGO ZASILANIA PAROWNIKA NA WSPÓŁCZYNNIK COP URZĄDZENIA CHŁODNICZEGO

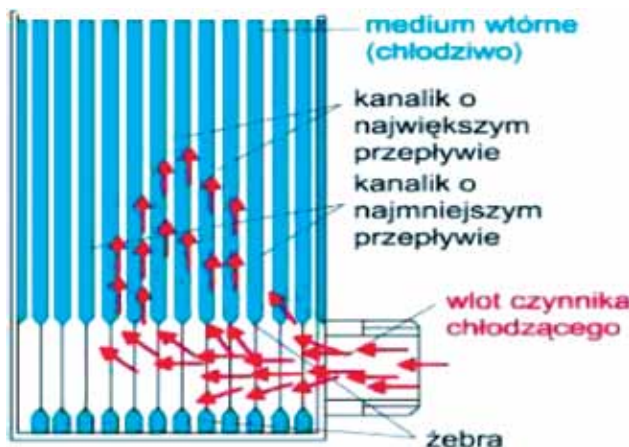
**mgr inż. Rafał ANDRZEJCZYK**  
Wydział Mechaniczny  
Politechnika Gdańska

## 1. ZOPTYMALIZOWANE ZASILANIE PAROWNIKA I WYNIKAJĄCE Z TEGO TYTUŁU KORZYŚCI DLA PODWYŻSZENIA SPRAWNOŚCI URZĄDZENIA CHŁODNICZEGO

Od początku budowy urządzeń chłodniczych dążono do jak najefektywniejszego wykorzystania powierzchni parownika. W tym względzie za poziom odniesienia przyjęto lewobieżny obieg Carnota, w którym nie występuje



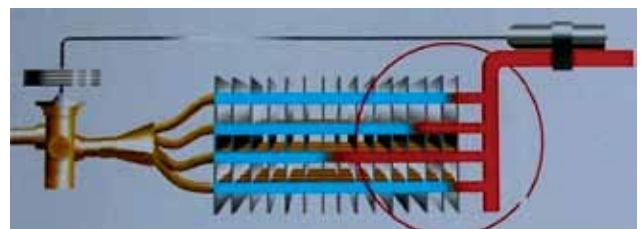
Rys. 1. Schemat idealny rozdziału czynnika chłodniczego do pojedynczych kanałków dla parowników płytowych o małej liczbie płyt, bez rozdzielacza [2]



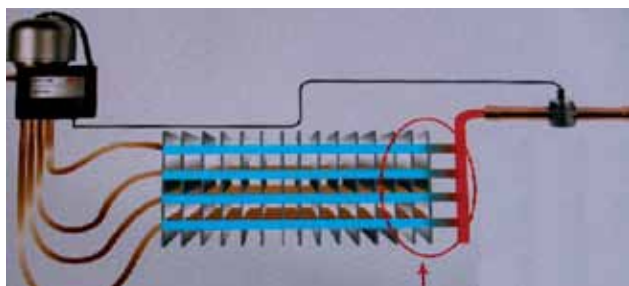
Rys. 2. Schemat idealny rozdziału czynnika chłodniczego do pojedynczych kanałków dla parowników płytowych o dużej liczbie płyt, bez rozdzielacza [2]

je przegrzanie, a wymiana ciepła jest niezaburzona na całej powierzchni wymienników i przebiega bez strat. W rzeczywistych układach chłodniczych nie jesteśmy w stanie osiągnąć takich warunków. Przede wszystkim ze względu na to, że w warunkach rzeczywistych sprężarka nie może pracować w obszarze pary mokrej. Dlatego parownik w klasycznych układach jest zasilany w taki sposób, aby zapewnić odpowiednie przegrzanie determinujące właściwe warunki pracy sprężarki, w tym przede wszystkim brak uderzenia hydraulicznego. Wykorzystywane obecnie sposoby zasilania parowników, opierają się na połączeniu **termostatycznego zaworu rozprężnego (TZR)** z kolektorem dolotowym ukształtowanym w taki sposób, aby wyrównać spadki ciśnienia w poszczególnych „rzędach wymiennika”. Jeżeli nie zastosujemy odpowiedniego rozdziału ciekłego czynnika, wówczas parownik nie tylko nie zostanie w pełni wykorzystany, ale stan czynnika w poszczególnych jego sekcjach będzie różnił się od siebie. Sytuację, w której nie zastosowano odpowiedniego zasilania parownika ilustruje rysunek 1. W wyniku zbyt dużej prędkości występuje nadmierny przepływ czynnika chłodniczego w końcowych kanałkach wymiennika. Inaczej kształtuje się on w wymiennikach wielokanałowych, w których wyhamowywanie czynnika następuje mniej więcej pomiędzy 20 a 30 płytą, co pokazuje rysunek 2.

Zastosowanie rozdzielacza ciekłego czynnika w połączeniu z zaworem rozprężnym pozwoliło na zmniejszenie start związanych z wyżej przedstawionymi zjawiskami. Nie rozwiązało to jednak problemu nadmiernych strat wynikających z konieczności przegrzania par czynnika na wylocie z parownika oraz jego pulsacji w układzie. Naj-



Rys. 3. Schemat idealny rozdziału czynnika chłodniczego do pojedynczych kanałków parownika z zastosowaniem termostatycznego zaworu rozprężnego z rozdzielaczem [3]



Rys. 4. Elektroniczny zawór rozprężny „EcoFlow” firmy Danfoss [3]

częściej stosowane połączenie termostatycznego zaworu rozprężnego z rozdzielaczem czynnika do poszczególnych sekcji parownika przedstawia rysunek 3.

Wadą opisanego rozwiązania jest brak jego odporności na zmieniające się warunki zewnętrzne. Czujnik termostatycznego zaworu rozprężnego jest wrażliwy na wszelkie czynniki zaburzające, takie jak np. przepływ powietrza, który może wywoływać niewłaściwe zasilanie parownika, czego konsekwencją będzie nadmierne przegrzanie par czynnika. W efekcie to nadmierne przegrzanie powoduje wzrost temperatury końca sprężania, co skutkuje m.in. skróceniem żywotności sprężarki.

To z kolei podnosi nakład energetyczny, jaki ponosimy na sprężenie czynnika chłodniczego. Generalnie, nadmierne przegrzanie nie sprzyja efektywności energetycznej układu, a wręcz przeciwnie jest przyczyną przewymiarowania wymienników i agregatu sprężarkowego.

W 2010 roku na rynku pojawiło się rozwiązanie zapewniające uporanie się z większością problemów wynikających z niewłaściwego zasilania parownika. Na targach AHR Expo na Florydzie, firma Danfoss zaprezentowała swój najnowszy produkt, a jest nim **elektroniczny zawór rozprężny** typu „EcoFlow” sprzężony z kolektorem dolotowym oraz czujnikiem przegrzania odpornym na warunki zewnętrzne (rys. 4).

Niestety producent tego regulatora nie przybliżył dokładnej budowy oraz sposobu jego działania. Można się domyślać, że jest to podyktowane obawą o wykonanie kopii tego rozwiązania. Nie mniej jednak z danych, jakie są dostępne wiadomo na pewno, że zawór ten posiada tylko jedną ruchomą część, jest to dysk wykonany ze spieku ceramicznego mogący pracować w bardzo trudnych warunkach. Firma Danfoss ocenia żywotność tego elementu na więcej niż 15 lat. Napęd regulatora stanowi specjalnie dobrany silnik krokowy zapewniający bardzo wysoki poziom regulacji obrotów, a tym samym kontrolę wtłoku czynnika do poszczególnych sekcji parownika. System sterujący zaworem jest sprzężony tylko z jednym czujnikiem umiejscowionym na wylocie z parownika, co stanowi niewątpliwie następną zaletą tego regulatora. Schematycznie budowę tego zaworu prezentuje

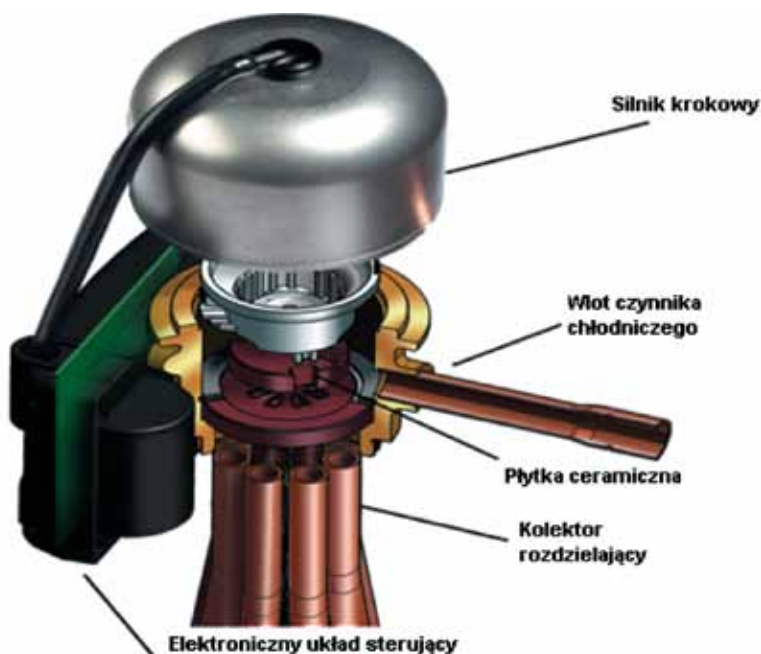
rysunek 5.

Firma Danfoss prezentuje wyniki badań, w których wzięto pod uwagę sezonową zmienność warunków pracy urządzenia chłodniczego, zmiany obciążenia cieplnego instalacji oraz wahania związane z pracą sprężarki. Przedstawione rozwiązanie zapewnia optymalizację zasilania poszczególnych sekcji parownika, co umożliwi dobór mniejszego wymiennika, a zatem obniża koszty inwestycyjne urządzenia. Ponadto system ten ma zapewniać optymalną wartość przegrzania, to znaczy jego zmniejszenie do poziomu sygnału MMS (minimalnego sygnału stabilnego) tak, aby zapewnić stabilną pracę sprężarki chłodniczej. Zastosowany czujnik rejestrujący przegrzanie, jest w pełni odporny na zaburzenia płynące z zewnątrz, takie jak zmiana ciśnienia czy temperatury. Pracę tego regulatora na tle rozwiązania klasycznego obrazują rysunki 6 i 7.

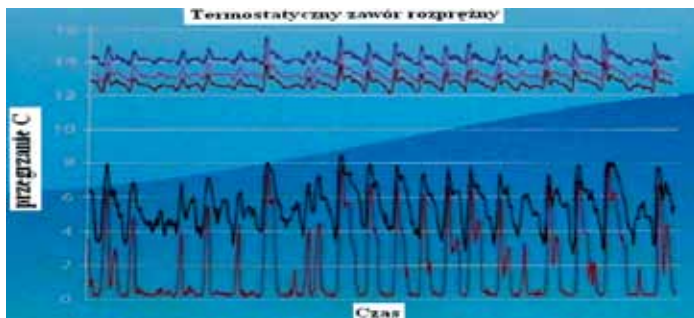
Na przedstawionych charakterystykach wyraźnie widać, że przegrzanie par w układzie z termostatycznym zaworem rozprężnym i oddzielnym kolektorem zasilającym waha się o wiele bardziej niż w układzie z elektronicznym zaworem zasilającym typu „EcoFlow”. W tym rozwiązaniu przegrzanie jest ustabilizowane i dla poszczególnych kanałów nie różni się więcej niż o 2 K. Wartość przegrzania nie zależy tu od zmiennych warunków pracy urządzenia, ani czasu jego pracy. Umożliwia to podwyższenie wydajności chłodniczej parownika w granicach 20% do nawet 40%.

## 2. ZMIANY W KONSTRUKCJI INSTALACJI CHŁODNICZEJ WYNIKAJĄCE Z ZASTOSOWANIA ZAWORU ROZPRĘŻNEGO TYPU „ECOFLOW”

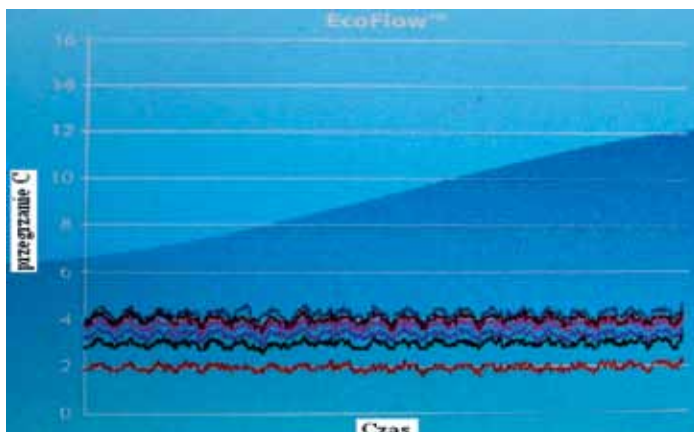
W klasycznym urządzeniu chłodniczym najczęściej spotykane jest rozwiązanie, w którym parowniki w postaci



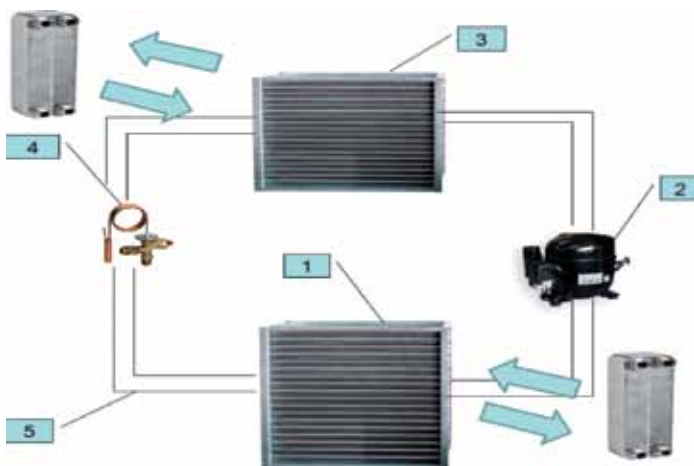
Rys. 5. Budowa zaworu rozprężnego typu „EcoFlow” firmy Danfoss [3]



Rys. 6. Wahania przegrzania par czynnika chłodniczego w poszczególnych kanałach parownika zasilanego za pomocą TZR i rozdzielacza cieczy [3]



Rys. 7. Wahania przegrzania par czynnika chłodniczego w poszczególnych kanałach parownika zasilanego za pomocą zaworu elektronicznego „EcoFlow” [3]



Rys. 8. Typowy układ chłodniczy o mocy do 10 kW: 1 - parownik w postaci wymiennika lamelowego lub płytowego, 2 - sprężarka hermetyczna-łukowa, 3 - skraplacz w postaci wymiennika lamelowego lub płytowego, 4 - termostatyczny zawór rozprężny, 5 - izolacja zimnochronna armatury obiegu

wymienników lamelowych lub płytowych współpracują ze sprężarką łukową i termostatycznym zaworem rozprężnym. Prosty schemat takiego urządzenia prezentuje rysunek 8.

Przy wyborze zaworu typu „EcoFlow”, jako sposobu zasilania parownika firma Danfoss zaleca równocześnie współpracę tego regulatora z wymiennikami mikrokanalowymi oraz spiralną sprężarką chłodniczą, najlepiej najnowszej konstrukcji z wtryskiem par. Schematycznie taką instalację przedstawiono na rysunku 9.

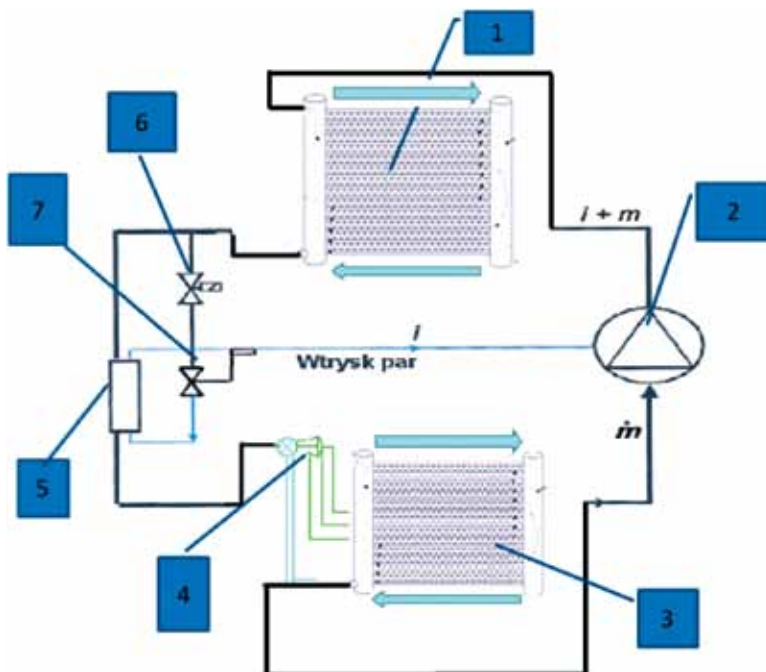
### 3. PORÓWNANIE WSPÓŁPRACY ZAWORU TZR I ZAWORU ELEKTRONICZNEGO TYPU „ECOFLOW” Z WYMIENNIKIEM MIKROKANALOWYM

Firma Danfoss prezentuje wyniki obserwacji zestawiające pracę termostatycznego zaworu rozprężnego jako elementu rozprężnego dla wymienników typu MCHX z nowym **elektronicznym zaworem rozprężnym typu „EcoFlow”**, zawierającym w swojej konstrukcji również rozdzielacz ciekłego czynnika. Za pomocą kamery termowizyjnej wykonano badania zachowania się czynnika chłodniczego w parowniku mikrokanalowym zasilanym regulatorem konwencjonalnym i zaworem typu „EcoFlow”, których wyniki prezentują rysunki 10 i 11.

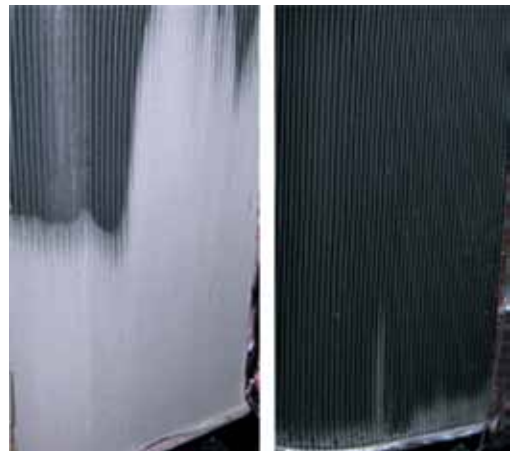
Jak widać z zestawienia tych fotografii, w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych obraz z kamery termowizyjnej świadczy o równomiernym wypełnieniu parownika przy jego zasilaniu zaworem typu „EcoFlow”. W przypadku termostatycznego zaworu rozprężnego pole wyższej temperatury oznaczone na zdjęciu kolorem jaskrawo pomarańczowym świadczy o niecałkowitym wypełnieniu kanałków wymiennika, a tym samym o nie w pełni wykorzystanej jego powierzchni wymiany ciepła. W takim przypadku wymiennik ten, w celu utrzymania tych samych warunków pracy musiałby być znacznie przewymiarowany lub niedoszacowany. Kolejnym pozytywnym aspektem zastosowania zaworu typu „EcoFlow” jest wyraźny brak oszronienia parownika. Wyniki badań polegających na wystawieniu parownika w formie wymiennika mikrokanalowego na działanie powietrza o identycznych parametrach, zasilanego TZR-em, a następnie zaworem typu „EcoFlow” pokazują, że oszronienie parownika z nowym typem zaworu rozprężnego praktycznie nie występuje. Wyniki testu prowadzonego z obu rodzajami regulatorów przez okres 90 min. pracy urządzenia chłodniczego przedstawia rysunek 12.

### 4. PODSUMOWANIE

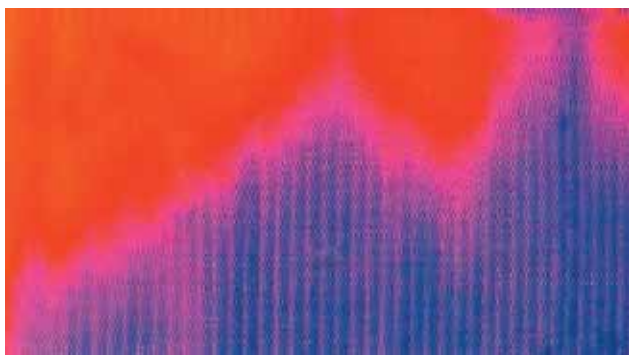
Zastosowanie nowoczesnego zaworu rozprężnego umożliwia znaczne podniesienie sezonowego współczynnika efektywności urządzenia chłodniczego. Optymalne rozwiązanie polega na takim skomponowaniu pozostałych elementów układu chłodniczego, aby zawór ten mógł współpracować z całością jak najefektywniej. Mowa tu o wyborze wymienników mikrokanalowych zamiast klasycznych płytowych czy lamelowych oraz nowoczesnego typu sprężarki spiralnej. Producent podaje, że instalacja, w której zastosowano zawór typu



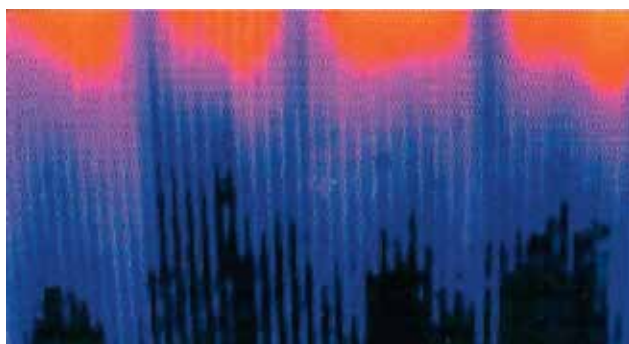
Rys. 9. Propozycja technicznego rozwiązania instalacji chłodniczej zapewniającej wzrost efektywności energetycznej prostego urządzenia chłodniczego: 1 – skraplacz w postaci wymiennika mikrokanalowego, 2 – sprężarka spiralna z wtryskiem par, 3 – parownik w postaci wymiennika mikrokanalowego, 4 – elektroniczny zawór rozprężny wraz z kolektorem dolotowym, 5 – ekonomizer w postaci wymiennika płytowego, 6 – zawór elektromagnetyczny, 7 – termostatyczny zawór rozprężny



Rys. 12. Oszronienie parownika współpracującego [3]: a) z termostatycznym zaworem rozprężnym, b) z zaworem typu „EcoFlow” [3]



Rys. 10. Obraz z kamery termowizyjnej parownika zasilanego przez TZR rozdzielacz ciekłego czynnika [3]



Rys. 11. Obraz z kamery termowizyjnej parownika zasilanego zaworem elektronicznym typu „EcoFlow” [3]

„Eco Flow” przyczynia się poprzez zmniejszoną energochłonność, do redukcji ilości emitowanego dwutlenku węgla do atmosfery o około 650 kg rocznie. Dla porów-

nanania średnia roczna emisja dwutlenku węgla wynikająca z pracy przeciętnego amerykańskiego samochodu wynosi około 717 kg. Jest to skutkiem lepszej współpracy tego zaworu z parownikiem, co przekłada się na zmniejszenie zużycia energii napędowej przez sprężarkę. Mniejszy parownik, który nie ma tendencji do szybkiego szronienia powierzchni, to możliwość produkowania urządzeń o zwartej budowie niewymagających złożonych, a zatem kosztownych układów do jego odszraniania. Oczywiście układ taki jest nieco bardziej skomplikowany, ale możliwa jest jego samoregulacja w wyniku np. zmian parametrów nawiewanego powietrza w taki sposób, aby pracował on z największą sprawnością. Oszczędności wynikające z użycia tego typu zaworów są szczególnie ważne w obszarze urządzeń przeznaczonych do klimatyzacji i ogrzewania np. pomp ciepła.

#### LITERATURA:

- [1] Kaszyński K., Kątny W.: Odzysk ciepła skraplania i ciepła przegrzania oraz jego wpływ na działanie urządzenia chłodniczego, Opracowanie wewnętrzne, Politechnika Gdańska, kwiecień 2008
- [2] <http://www.chlodnictwo.biz> [strona dostępna 2.02.2010]
- [3] Materiały firmy Danfoss: Eco Flow Innovation Presentation