

# SAMOREGULACJA OBIEGÓW URZĄDZEŃ CHŁODNICZYCH – NIEBEZPIECZEŃSTWO CZY EFEKT POŻĄDANY (2)

Stefan RESZEWSKI



Marek ŻAK



## 3.5 Niekontrolowany wzrost lub spadek temperatury ssania $T_{ss}$

Niekontrolowany wzrost temperatury par na ssaniu sprężarki  $T_{ss}$  jest często rezultatem błędnych obliczeń zysków ciepła na linii ssawnej lub nieprawidłowej nastawy wartości przegrzania w termostaticznym zaworze rozprężnym  $T_{svlp}$ . To powoduje wzrost  $v_1$  i  $T_{svhp}$ , i często również wzrost  $W_{cp}$ , gdy  $Q_k$  również rośnie. Często dochodzi do wzrostu  $p_k$  i  $T_k$  (zależy to od wymiany ciepła w skraplaczu) i doprowadza do spadku  $Q_o$  oraz współczynnika COP na skutek wzrostu objętości właściwej pary „ $v_1$ ”. Parametry początkowe jak na rysunku 5 [7].

Niekontrolowany spadek temperatury ssania  $T_{ss}$  może być powodem błędnych obliczeń powierzchni wymiany ciepła i nieprawidłowego doboru elementu rozprężnego. Ta niebezpieczna sytuacja jest najczęściej spowodowana większą ilością błędów. W większości przypadków kończy się to awarią sprężarki na skutek próby sprężania ciekłego czynnika. Często jest to nieprawidłowe działanie systemu pracy „Pump Down”, gdy na skutek błędnego doboru lub awarii zaworu elektro-

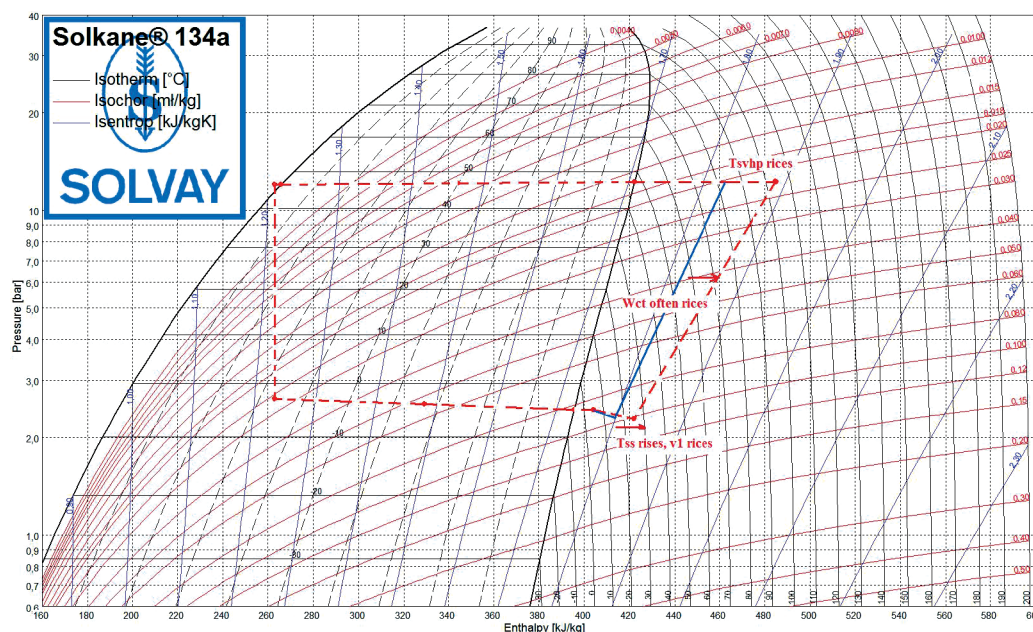
magnetycznego sprężarka jest zalewana cieczą. Na rysunku 16 przedstawiono taki przypadek.

## 3.6 Niekontrolowany wzrost temperatury dochłodzenia ciekłego czynnika $T_{sub}$

Niekontrolowany wzrost temperatury dochłodzenia czynnika  $T_{sub}$  do temperatury skraplania  $T_k$  może być powodem błędnego założenia wpływu temperatury otoczenia rurociągu na obecność w nim fazy ciekłej czynnika. Instalacja pracuje nieprawidłowo, ponieważ do elementu dławiącego dopływa mieszanina pary i cieczy. Bardzo niekorzystnym przypadkiem jest umieszczenie źródła ciepła w pobliżu rurociągu cieczowego po pewnym czasie od uruchomienia instalacji. Znane są sytuacje, gdy w supermarketach przewody odprowadzające gorące powietrze z rozeń są wyprowadzane w pobliżu rurociągów cieczowych instalacji chłodniczej. Objawy są wówczas podobne jak w przypadku niedopełnienia instalacji czynnikiem i łatwo jest wtedy o błędny wniosek i interwencję serwisową. Izolowanie rurociągu w tym przypadku nie zawsze rozwiązuje problem, a jedynym

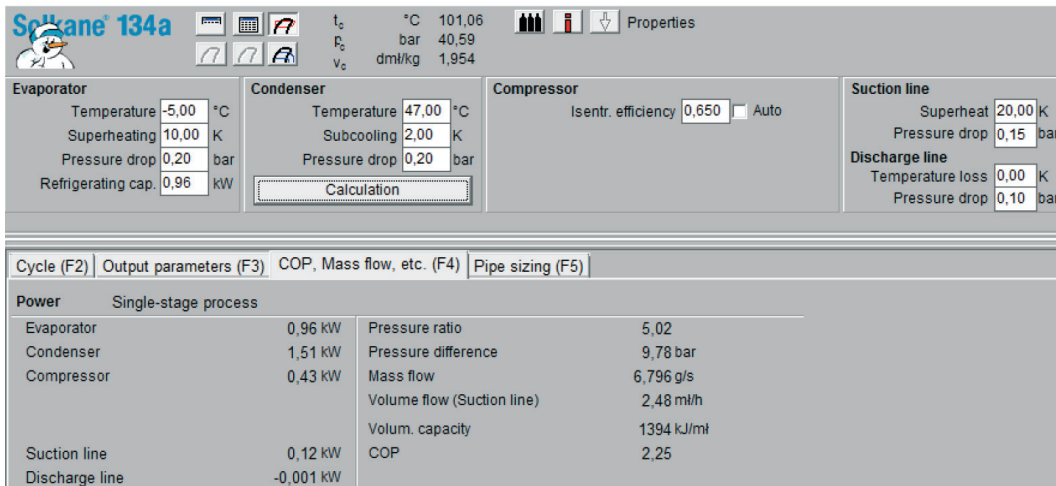
pewnym rozwiązaniem jest umieszczenie go w kanale wentylowanym powietrzem zewnętrznym. Parametry początkowe jak na rysunku 5 [7].

Niekontrolowany wzrost temperatury dochłodzenia  $T_{sub}$  do temperatury skraplania  $T_k$  może być powodem błędnego założenia wpływu temperatury otoczenia rurociągu na obecność w nim ciekłej fazy czynnika. Instalacja pracuje nieprawidłowo ponieważ do elementu dławiącego dopływa mieszanina pary i cieczy. Skutkiem tego jest brak pożądanego efektu ziębienia ze względu na brak możliwości ciągłego dostarczania ciekłego czynnika chłodniczego do parowacza. Charakterystyczne są szумы towarzyszące pracy instalacji spowodowane zjawiskiem kawitacji w rurociągu cieczowym. Bardzo prawdopodobna jest reakcja presostatów niskiego ciśnienia zabezpieczających sprężarki. Niestety nie jest to jedyny z przypadków kiedy taki objaw może być jednoznacznie kojarzony z wyżej wymienioną sytuacją. Podobny efekt daje zbyt duży spadek ciśnienia w elementach armatury i automatyki chłodniczej, i jest spowodowany błędnym ich doborem lub uszkodzeniem, ewentualnie zbyt dużą ilością wilgoci zaabsorbowaną przez filtr-odwadniacz. W tych elementach może następować dławienie czynnika chłodniczego, którego efekt może być podobny jak w przypadku odparowania w przewo-

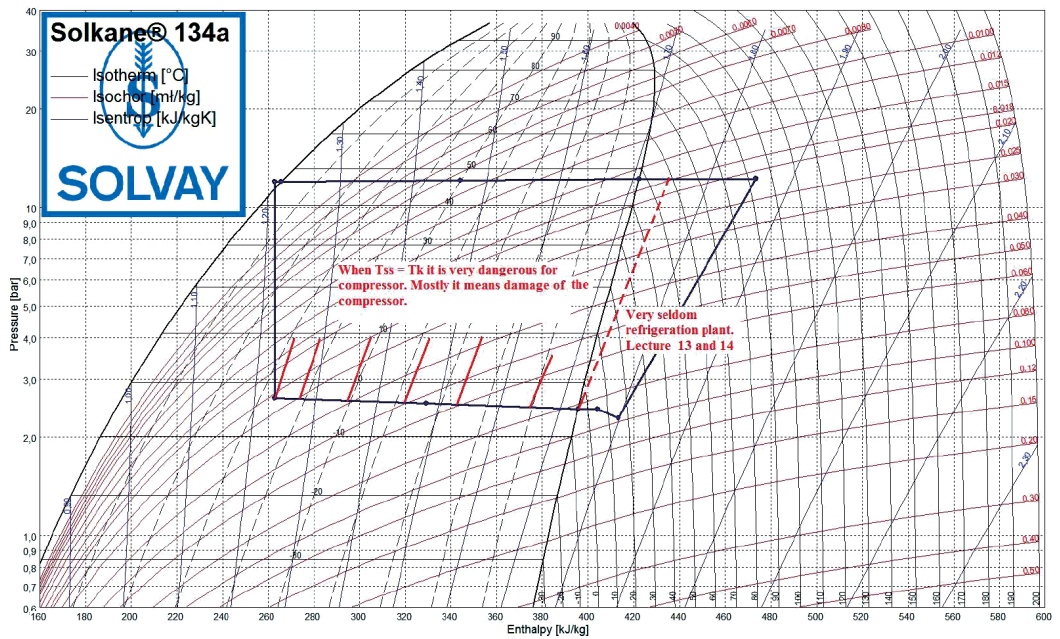


uzkodzeniem, ewentualnie zbyt dużą ilością wilgoci zaabsorbowaną przez filtr-odwadniacz. W tych elementach może następować dławienie czynnika chłodniczego, którego efekt może być podobny jak w przypadku odparowania w przewo-

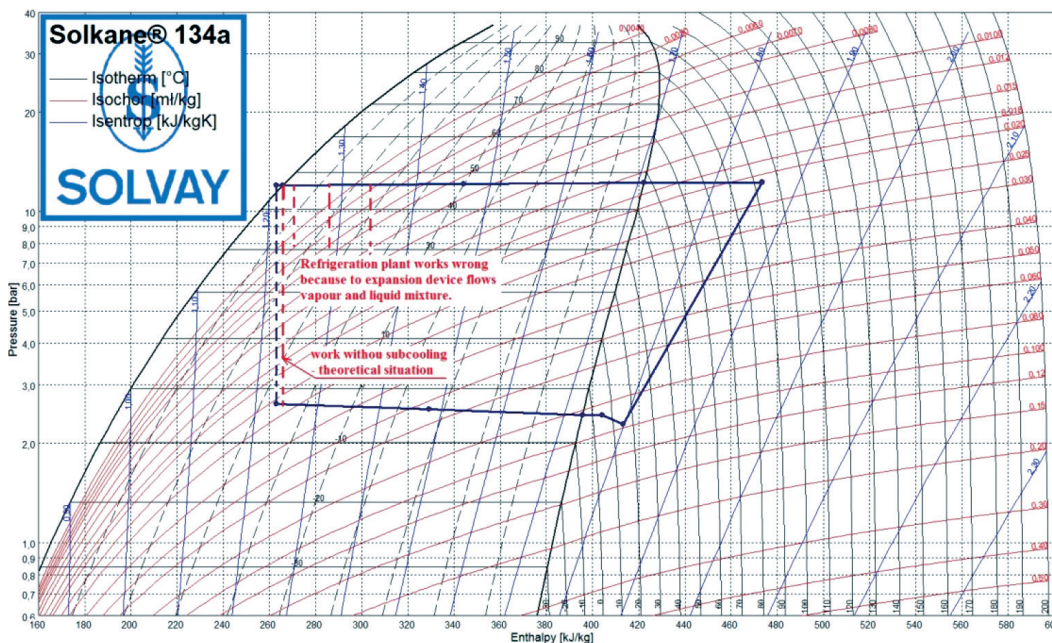
Rys. 14. Odzworowanie obiegu ziębienia przy temperaturach projektowych początkowych oraz zmiana po zakłóceniu pracy instalacji



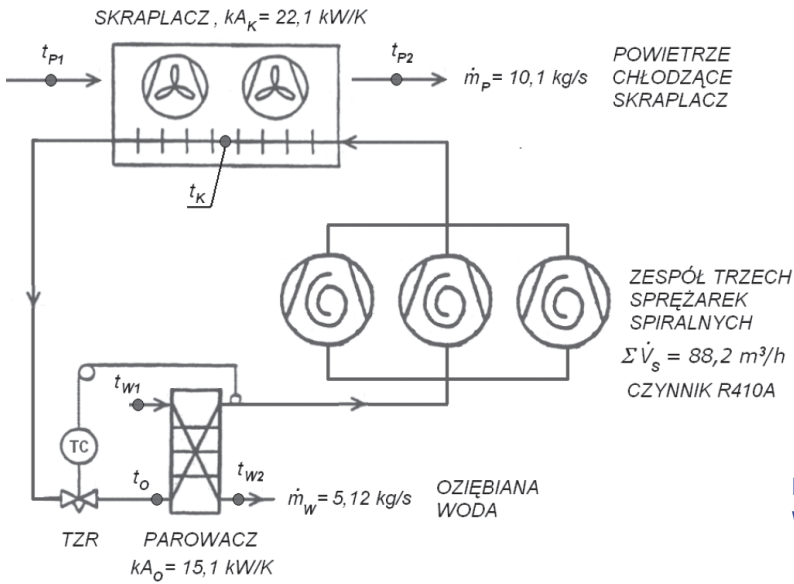
Rys. 15. Parametry pracy po zakłóceniu pracy



Rys. 16. Odzworowanie obiegu ziębienia przy temperaturach projektowych początkowych oraz zmiana po zakłóceniu pracy instalacji

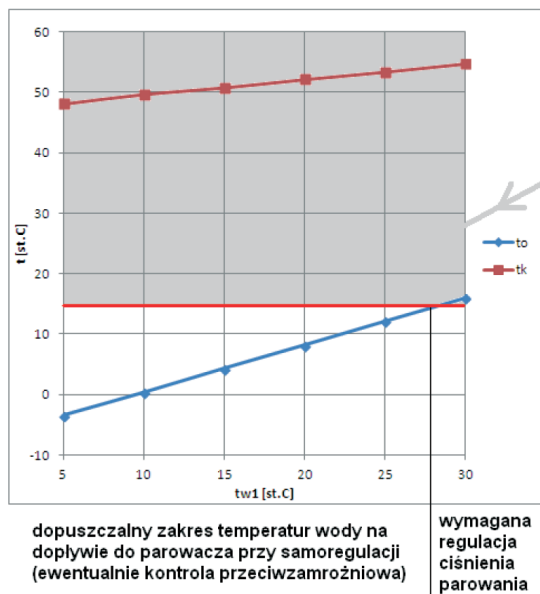
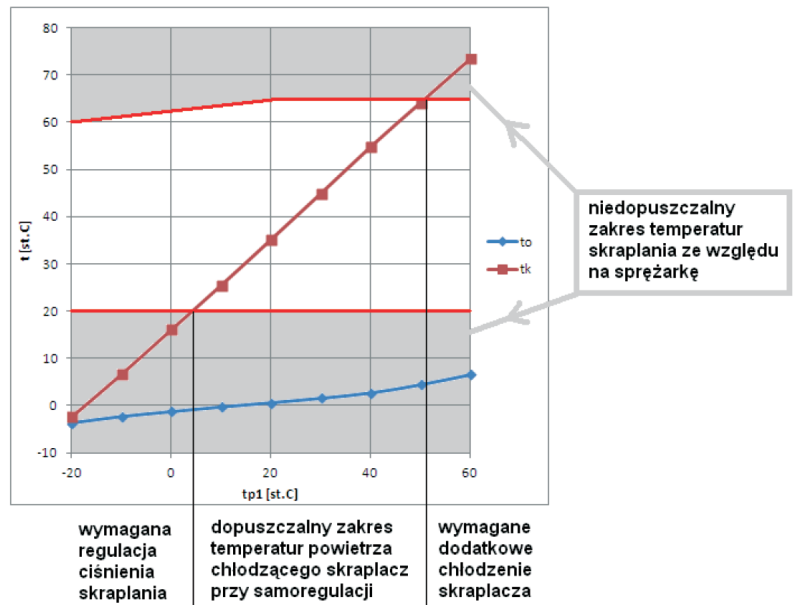


Rys. 17. Odzworowanie obiegu ziębienia przy temperaturach projektowych początkowych oraz zmiana po zakłóceniu pracy instalacji

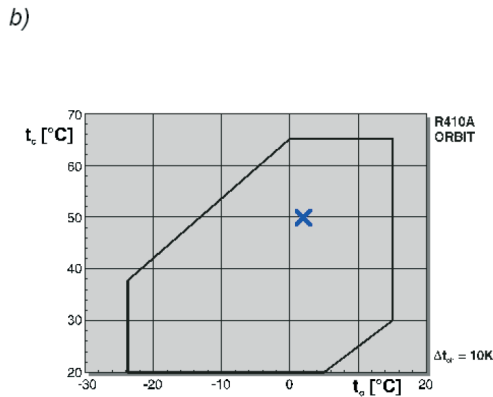
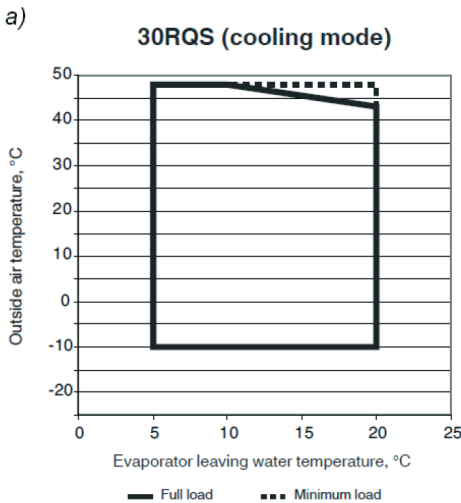


Rys. 18. Schemat ideowy i dane urządzenia do oziębiana wody

Rys. 19. Wpływ temperatury  $t_{p1}$  powietrza chłodzącego na wlocie do skraplacza na temperaturę parowania i skraplania czynnika,  $t_{w1} = +12\text{ }^\circ\text{C}$



Rys. 20. Wpływ temperatury  $t_{w1}$  wody powracającej z obiektu chłodzonego na wlocie do parowacza na temperaturę parowania i skraplania czynnika,  $t_{p1} = +35\text{ }^\circ\text{C}$ .



Rys. 21. Przykłady ograniczeń dla temperatur czynnika chłódniczego i mediów: a) oziębacz wody [4], b) sprężarka spiralna [5]

sformułować wnioski odnośnie niepożądanych skutków jakie powoduje samoregulacja.

## P ODSUMOWANIE

W prezentowanym artykule przedstawiono zjawisko samoregulacji, które występuje w dwóch różnych rodzajach instalacji sprężarkowych różniących się zasadniczo konstrukcją części niskociśnieniowej. Jak widać, samoregulacja nie zawsze jest zjawiskiem niepożądanym. Genezą publikacji jest chęć zwrócenia uwagi na przyczyny najczęściej występujących problemów z wykorzystaniem instalacji z termostatycznymi zaworami rozprężnymi. Przedstawiono w niej skutki występowania samoregulacji w tego typu instalacjach i możliwe przyczyny jej pojawiania się. Nie wyczerpano oczywiście ani listy potencjalnych zagrożeń wynikających z faktu występowania zjawiska samoregulacji, ale chociaż tych kilka podstawowych powinno – zdaniem autorów – być przydatnych podczas serwisu i projektowania instalacji chłódniczych.

dzie cieczowym na skutek dostarczania w sposób niekontrolowany do niego ciepła z zewnątrz.

## 4 ZASTOSOWANIE MODELU OBLICZENIOWEGO URZĄDZENIA CHŁÓDNICZEGO W BADANIU ZJAWISKA SAMOREGULACJI

W poprzednim punkcie przedstawiono niepożądane skutki samoregulacji, zakładając arbitralnie zmiany wybranych parametrów obiegu ziębniczego. W takim przypadku wystarczającym narzędziem do wykonania analizy jest program SOLKANE® Refrigerant Software. W praktyce parametry obiegu ustalają się wskutek osiągnięcia równowagi termodynamicznej przez system złożony z instalacji chłódniczej, obiektu chłódnego i otoczenia. Wszelkie zmiany choćby jednej temperatury w takim układzie są przyczyną zmiany pozostałych parametrów i samoregulacja w tym przypadku może prowadzić do niepożądanych skutków i awarii.

W tym punkcie przedstawiono możliwość badania skutków samoregulacji przy użyciu modelu obliczeniowego uwzględniającego podstawowe współdziałanie wszystkich podzespołów instalacji chłódniczej.

Celem obliczeń było pokazanie jak kształtują się temperatury parowania i skraplania wskutek zmian temperatur płynu chłódnego i otoczenia w warunkach samoregulacji. W analizie wykorzystano model obliczeniowy urządzenia do oziębienia cieczy zastosowany w [1]. Poniżej przedstawiono podstawowe równania opisujące urządzenie w stanie ustalonym – schemat i oznaczenia jak na rysunku 18:

- charakterystyki wydajności ziębni-

czej i pobieranej mocy przez sprężarkę w postaci wielomianów zgodnie z PN-EN 12900:2007P

$$\dot{Q}_O = f(\sum \dot{V}_S, t_O, t_K), \quad P = f(\sum \dot{V}_S, t_O, t_K) \quad (1)$$

- strumień ciepła przekazywany w skraplaczu

$$\dot{Q}_K = \dot{Q}_O + P \quad (2)$$

- bilanse oziębianej wody i powietrza chłódnego skraplaczu

$$\dot{Q}_O = \dot{m}_W c_W (t_{W1} - t_{W2}), \quad \dot{Q}_K = \dot{m}_P c_P (t_{P2} - t_{P1}) \quad (3)$$

- strumienie ciepła przekazywane w wymiennikach ciepła

$$\dot{Q}_O = k A_O \Delta t_{O\dot{S}R}, \quad \dot{Q}_K = k A_K \Delta t_{K\dot{S}R} \quad (4)$$

- średnie różnice temperatur w wymiennikach

$$\Delta t_{O\dot{S}R} = f(t_{W1}, t_{W2}, t_O), \quad \Delta t_{K\dot{S}R} = f(t_{P1}, t_{P2}, t_K) \quad (5)$$

Rysunki 19. i 20. przedstawiają wybrane charakterystyki obliczeniowe urządzenia. Pokazano na nich wpływ parametrów zewnętrznych, takich jak temperatura powietrza chłódnego skraplaczu i temperatura wody powracającej z chłódnego obiektu na temperatury przemian fazowych obiegu termodynamicznego. Założono przy tym, że niezmiennie są strumienie masy powietrza i wody, współczynniki kA dla wymienników ciepła oraz łączna wydajność objętościowa sprężarek. Porównując wyniki obliczeń parametrów obiegu z ograniczeniami, jakie nakładają producenci (rys. 21) można

## LITERATURA

- [1] RESZEWSKI S., ŻAK M., *Współczynnik ESSER dla sprężarkowego urządzenia do chłódnienia wody*, Chłódnictwo & Klimatyzacja, 2013, nr 10, s. 24-29.
- [2] RESZEWSKI S. *Compressor refrigeration systems*. Master programmes in English 2010 PWr. Materiały szkoleniowe – opracowanie własne.
- [3] RESZEWSKI S. *Systemy ziębnienia* – opracowanie własne.
- [4] [www.carrier.com.pl](http://www.carrier.com.pl)
- [5] [www.bitzer.de](http://www.bitzer.de)
- [6] Solkane Software 8.0
- [7] RESZEWSKI S., ŻAK M., *Samoregulacja obiegów urządzeń chłódniczych – niebezpieczeństwo czy efekt pożądanym*, Technika Chłódnicza i Klimatyzacyjna, 2015, nr 3, s. 75-80.