

# Diagnostyka pracy pompy ciepła – wybrane zagadnienia

ARTUR KARCZMARCZYK

Prawidłowa praca instalacji zasilanej pompą ciepła gwarantuje inwestorom ekonomiczny komfort, a społeczeństwu czystsze środowisko naturalne. Pompa sprawdza się jednak tylko pod warunkiem, że jej funkcjonowanie nie jest zakłócone błędami instalacyjnymi popełnionymi w czasie montażu, złą regulacją czy ucieczką czynnika roboczego. Dlatego tak ważną kwestią jest prawidłowa diagnostyka oraz analiza i naprawa ewentualnych błędów.

Diagnostyka pracy pompy ciepła to trudne zagadnienie i nie da się wszystkiego omówić w krótkim artykule. Aby ułatwić sobie zadanie, warto podzielić analizę na kilka obszarów:

- konstrukcja i wyposażenie pompy ciepła;
- automatykę;
- ustawienia automatyki;
- zasilanie elektryczne;
- układ hydrauliczny;
- podłączenia urządzenia po stronie c.o. i c.w.u. – instalacja;
- dobór urządzenia do budynku.

Istnieje też rozróżnienie konstrukcyjne dotyczące tego, czy mamy do czynienia z pompą ciepła, czy z agregatem wody lodowej, który głównie służy chłodzeniu.

## Czujniki diagnostyczne

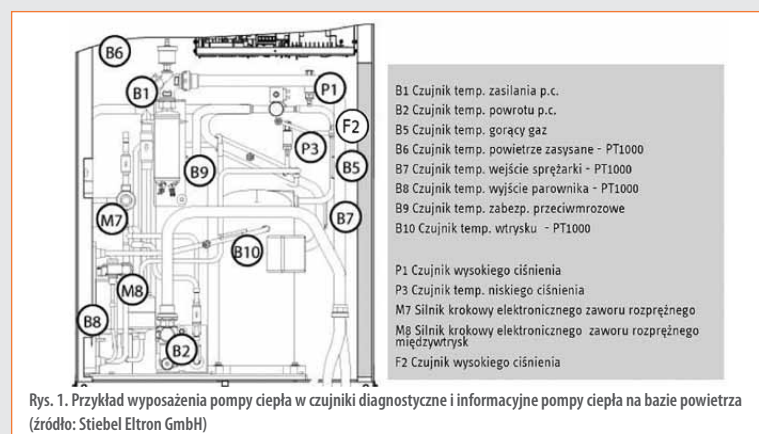
Pompy ciepła wyposażone są w czujniki diagnostyczne i informacyjne. Przykład wyposażenia w takie czujniki pokazano na rysunku 1.

Czujniki umożliwiają analizę, diagnostykę serwisową bez ingerencji w urządzenie. Te na zasilaniu i powrocie pozwalają na analizę prawidłowego przepływu w układzie hydraulicznym i ewentualną regulację oraz kontrolę pompy obiegowej (czy to systemu, czy układu bezpośredniego). Na podstawie pomiaru temperatury gazu gorącego możemy stwierdzić obciążenie i zużycie sprężarki. Dodatkowo, wykorzystując pirometr, możemy sprawdzić temperaturę głowicy sprężarki w czasie jej pracy przy niskiej temperaturze zasilania obwodu grzewczego oraz przy wysokiej. Ta informacja też będzie pomocna w analizie zużycia sprężarki lub ilości czynnika w obiegu termodynamicznym – wysokie temperatury nie są korzystne. Na podstawie pomiaru temperatury gazu na wejściu do sprężarki oraz temperatury odparowania można określić przegrzanie – bardzo ważny parametr w diagnostyce. Oczywiście, mamy kilka typów zaworów rozprężnych, te najlepsze to elektroniczne z silnikiem krokowym (szybkie i dokładne). Z kolei zawory termostaticzne z wewnętrzną lub zewnętrzną korektą charakteryzują się większą bezwładnością – są wolniejsze (rys. 2. i 3.).

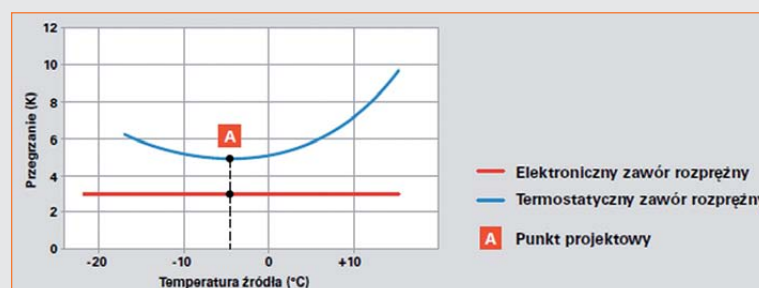


## O AUTORZE

**Artur KARCZMARCZYK**  
– Samodzielny i niezależny Konsultant ds. OZE, wykładowca Szkoły Chłodnictwa Viessmann



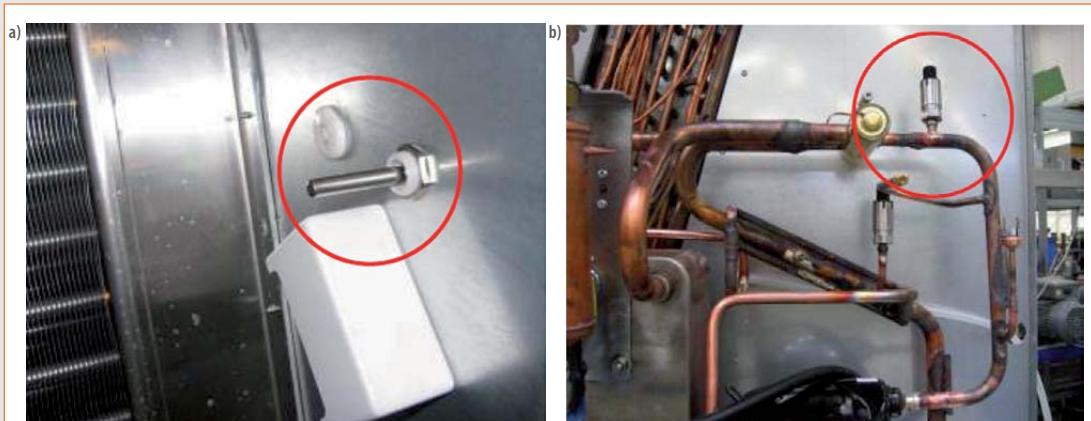
Rys. 1. Przykład wyposażenia pompy ciepła w czujniki diagnostyczne i informacyjne pompy ciepła na bazie powietrza (źródło: Stiebel Eltron GmbH)



Rys. 2. Porównanie charakterystyki pracy termostaticznego i elektronicznego zaworu rozprężnego (źródło Viessmann Polska Sp. z o.o.)



Rys. 3. Przykładowe zawory rozprężne a) termostaticzny (Honeywell), b) elektroniczny (Carel)



Rys. 4. Przykład montażu czujnika powietrza zasysanego oraz przetworników ciśnienia niskiego – ND i wysokiego –HD (źródło: Stiebel Eltron GmbH)



Rys. 5. Przykład sposobu montażu czujników (źródło: Stiebel Eltron GmbH, Viessmann Polska Sp. z o.o.)

Należy zwrócić także uwagę na to jak urządzenie jest wyposażone od strony czujników i przetworników – przetworniki mogą być niskiego i wysokiego ciśnienia itd. (rys. 4). Ważny też jest sposób montażu czujników, bo to ma wpływ na dokład-

ność pomiarów. Jak już poruszamy temat pomiaru temperatur to warto zmierzyć także różnicę temperatur przed i za filtrem (rys. 6a) – im ta różnica jest mniejsza tym lepiej. Różnica powyżej 7÷10 K świadczyć będzie o tym, że filtr musi zostać wymieniony, gdyż może dojść do uszkodzenia zaworu rozprężnego elektronicznego, jak i termostatycznego.

Dodatkowym urządzeniem, przydatnym w czasie diagnozy obiegu termodynamicznego, jest wziernik (rys. 6b), dzięki któremu możemy zdiagnozować wilgotność oraz niedobór czynnika roboczego. Jeżeli we wzierniku w czasie pracy widzimy pęcherzyki czynnika, oznacza to, że mamy niedobór, a najprawdopodobniej wyciek czynnika (wtórny lub pierwotny).

**Jednym z najważniejszych elementów diagnostyki serwisowej jest to, by w jak największym stopniu przebiegała ona bez bezpośredniej ingerencji w obieg termodynamiczny**



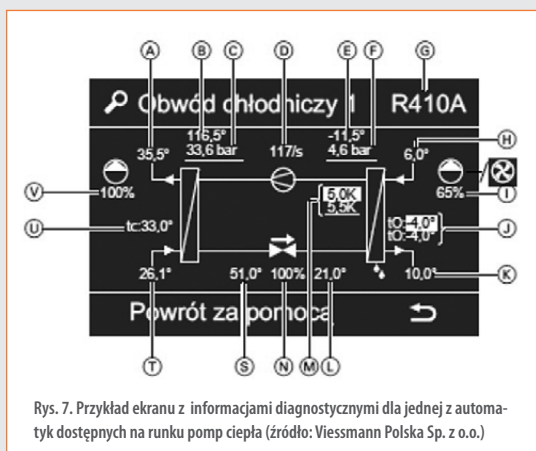
Rys. 6. Filtr w obiegu termodynamicznym a) oraz wzmierznik b) (źródło: Stiebel Eltron GmbH, Castel)

Wyposażone są też w chemiczny indykator wilgoci, gdzie kolor zielony oznacza czynnik suchy, zaś kolor żółty czynnik zawilgocony.

### Automatyka

Kolejnym aspektem jest automatyka urządzenia, która w zależności od programu, podaje nam wiele pomocnych informacji diagnostycznych o pracy urządzenia. Liczba informacji, które można uzyskać w ten sposób świadczy o klasie i zaawansowaniu technicznym pompy ciepła.

Jednym z najważniejszych elementów diagnostyki serwisowej jest to, by w jak największym stopniu przebiegała ona bez bezpośredniej ingerencji w obieg termodynamiczny. Jest to o tyle istotne, że nieumiejętne podłączenie przewodów chłodniczych od urządzenia pomiarowego do zaworów



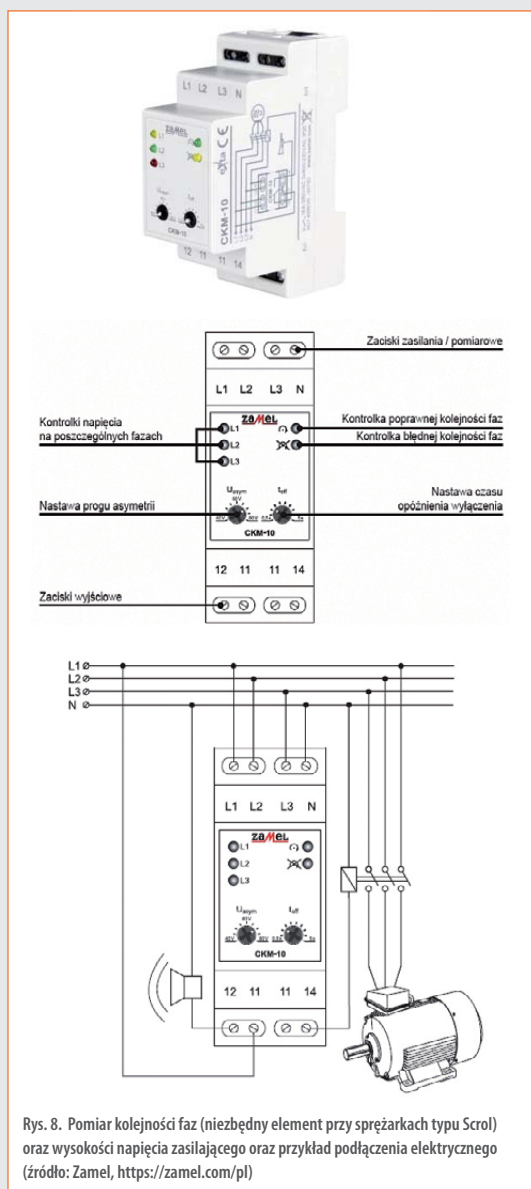
Rys. 7. Przykład ekranu z informacjami diagnostycznymi dla jednej z automatyk dostępnych na rynku pomp ciepła (źródło: Viessmann Polska Sp. z o.o.)

serwisowych może doprowadzić do ucieczki czynnika (a w przypadku mieszanin wieloskładnikowych stanowi to istotny problem, gdyż nie wiemy, który ze składników i w jakiej ilości wyciekł). Problemem może też być mechaniczne uszkodzenie zaworu, którego skutkiem będzie w przyszłości powolna ucieczka czynnika z układu. Ostatni aspekt to bezpieczeństwo instalatora, zwłaszcza początkującego lub typowego hydraulika, polegające na możliwości doznania odmrożenia palców dłoni na skutek kontaktu z czynnikiem roboczym, który z niską temperaturą przy nadciśnieniu układu wydostaje się z urządzenia przez zawór.

Informacje o błędach diagnostycznych jakie możemy uzyskać z automatyki zainstalowanej w pompie ciepła pokazano na rysunku 7 oraz w tabeli 1. Oczywiście taka diagnostyka, w zależności od automatyki, może być realizowana również zdalnie poprzez Internet, jednak tutaj należy sprawdzić czy nie wiąże się to z dodatkowymi kosztami dla użytkownika urządzenia.

### Diagnostyka części elektrycznej zasilania pompy ciepła i pomp obiegowych

Część pomp ciepła posiada przydatne elementy, jak pomiar kolejności faz (niezbędny element przy sprężarkach typu scroll) oraz wysokości napięcia zasilającego (rys. 8). Nieprawi-



Rys. 8. Pomiar kolejności faz (niezbędny element przy sprężarkach typu Scroll) oraz wysokości napięcia zasilającego oraz przykład podłączenia elektrycznego (źródło: Zamel, <https://zamel.com/pl>)

W przypadku systemów dużej mocy warto zastanowić się nad montażem analizatora sieci – wtedy będziemy mieć wgląd w historię parametrów elektrycznego systemu

dłowa wysokość napięcia zasilającego oraz różnica na poszczególnych fazach jest bardzo częstą przyczyną problemów z pracą urządzenia i może w konsekwencji doprowadzić do uszkodzenia sprężarki. Ważnym elementem jest odciążenie prądu rozruchowego. Samego pomiaru prądu pracy sprężarki dokonujemy samodzielnie, wykorzystując cęgi Dica bezpośrednio przy sprężarce, nie w rozdzielni elektrycznej.

Ważne jest też to, by podczas kontroli stanu połączeń w pompie ciepła i rozdzielni elektrycznej wszystkie styki były prawidłowo dokręcone z odpowiednią siłą zapewniającą dobry kontakt przewodu ze stykiem. Unikniemy w ten sposób zagrożenia grzania się styków oraz zagrożenia pożarowego. Niestety bardzo często się o tym zapomina.

To, w jaki sposób powinna być wykonana rozdzielnia elektryczna i w co wyposażona podaje z reguły producent urządzenia. Wynika to z tego, że część elementów może znajdować się już na wyposażeniu pompy ciepła. Oczywiście, na pewno niezbędne jest zabezpieczenie różnicowo prądowe – „różnicówka” to pierwszy element w rozdzielni elektrycznej, nie zapominając o prawidłowo dobranych średnicach przewodów elektrycznych. Tutaj też należy pamiętać o tym, by w przypadku automatyki ściennej, niewbudowanej w pompę ciepła, zapewnić odpowiednią separację kabla sygnałowego/komunikacyjnego od kabli zasilających sprężarkę, ponieważ brak takiej separacji może doprowadzić do nieprawidłowych odczytów parametrów pracy urządzenia. W przypadku systemów dużej mocy warto zastanowić się nad montażem analizatora sieci – wtedy będziemy mieć wgląd w historię parametrów zasilania elektrycznego systemu – przy ewentualnych kłopotach – będziemy mogli dochodzić swoich praw w zakładzie energetycznym.

## Kwestia instalacji i doboru

Teraz należałoby zająć się analizą i diagnostyką kolejnego obszaru – nieodnoszącego się bezpośrednio do samego urządzenia, czyli do pompy ciepła, ale do całej instalacji – czyli, w przypadku pomp ciepła na bazie gruntu S/W i na bazie wody W/W, instalacją dolnego i górnego źródła. W tym artykule nie będę się zajmował pompami ciepła W/W ze względu na niewielką ilość instalacji tego typu, z wyłączeniem wody technologicznej.

Dlaczego analiza i diagnostyka instalacji górnego źródła dla wszystkich pomp ciepła jest tak ważnym zagadnieniem? Przede wszystkim dlatego, że rozwiązania instalacyjne mają bezpośredni wpływ na pracę urządzenia. Podobnie jest w przypadku pomp ciepła S/W i W/W z instalacją dolnego źródła. W przypadku pomp ciepła A/W również jesteśmy w stanie znaleźć ważne aspekty montażowe po stronie źródła ciepła (jakim jest powietrze), przykładowo związane z hałasem, przepływem powietrza, odpływem kondensatu, czy konstrukcją wentylatora lub sposobem zamontowania parownika, czy też zastosowaną sprężarką, jednak tym zagadnieniom warto poświęcić w przyszłości więcej uwagi w osobnym artykule.

Zacznijmy zatem od instalacji górnego źródła. Bardzo ważnym aspektem jest nominalny przepływ przy określonych różnicach temperatur, dlatego przy kontroli pracy pompy ciepła



Rys. 9. Przykładowe rozwiązania sposobu montażu parownika (źródło: Stiebel Eltron GmbH)

Tabela 1. Przykładowa lista błędów diagnostycznych dla pompy ciepła (błędy wybrane)

Wskazanie błędu	Przyczyna błędu	Możliwa przyczyna błędu / usunięcie
Niskie ciśnienie	czujnik niskiego ciśnienia zadziałał; punkt przełączenia 1,2 bar w trybie grzania (ciśnienie bezwzględne) w ciągu 60 sekund.	czynnik chłodniczy wyciekł (możliwa nieszczelność układu), zawór rozprężny nie otwiera się
Błąd niskiego ciśnienia	wystąpiło 5 błędów w czasie 2 godzin sprężarki	
Ciśnienie maksymalne	czujnik wysokiego ciśnienia zadziałał; punkt przełączenia 30 bar ciśnienia bezwzględnego.	sprawdź strumień przepływu i podłączenie czujnika ogrzewania po stronie ogrzewania
Błąd wysokiego ciśnienia	wystąpiło 5 błędów w czasie 2 godzin sprężarki.	
Brak mocy	wysokie ciśnienie < niskie ciśnienie + 2 bar w ciągu 30 sekund.	zła kolejność faz
Minimalne przegrzanie	przegrzanie < 50% przegrzania zadanego w ciągu 5 minut.	zawór rozprężny nie pracuje prawidłowo
Brak czynnika chłodniczego	przegrzanie > przegrzanie i stopień otwarcia zaworu rozprężnego > ograniczenie	wyciek czynnika chłodniczego, nieprawidłowa praca zaworu rozprężnego
Rozmrażanie	w trybie rozmrażania zasilanie, powrót lub ochrona przed mrozem < 10°C, przed rozmrażaniem zasilanie lub powrót < 18°C w ciągu 30 sekund	strumień przepływu wody za mały, temperatura za niska
Błąd rozmrażania	wystąpiło 5 błędów w czasie 2 godzin pracy sprężarki	
Czujnik maksymalnej WC	czujnik wysokiego ciśnienia zadział; punkt przełączenia wysokiego ciśnienia – 1 bar, kalibracja 1 x co 24 godziny	strumień przepływu w ody po stronie ogrzewania za mały, nastawiona temperatura pomieszczenia / krzywa grzewcza za wysoka
Maksymalna temperatura gazu gorącego	temperatura gazu gorącego > 125°C.	zawór wtryskowy nie działa prawidłowo, zawór rozprężny nie działa prawidłowo, wyciek czynnika chłodniczego
Temperatura zasilania dla chłodzenia minimum	temperatura zasilania spadła poniżej poziomu minimalnego, punkt przełączenia 6,5°C	sprawdź strumień przepływu ogrzewanie/chłodzenia, przepływ czujnik zasilania chłodzenia
Zabezpieczenie zwarte	stycznik sprężarki lub rozruchowy zwarty	spaw styczniki K1 i K2.
Strumień objętościowy	kontrola strumienia przepływu z mocy grzewczej, temperatura zasilania i powrotu	skontrolować strumień przepływu
Niskie ciśnienie chłodzenie	czujnik niskiego ciśnienia zadziałał; punkt przełączenia 4 bary w trybie chłodzenia (ciśnienie bezwzględne) w ciągu 5 sekund	nieszczelny zawór zwrotny; zawór rozprężny nie działa prawidłowo
Niskie ciśnienie rozmrażanie	czujnik niskiego ciśnienia zadziałał; punkt przełączenia 2 bary w trybie rozmrażania (ciśnienie bezwzględne) w ciągu 10 sekund	wyciek czynnika, zawór rozprężny nie otwiera się
Błąd chłodzenia	czujnik chłodzenia/rekuperatora	skontrolować czujnik, jego okablowanie oraz przynależne złącza wtykowe, w razie uszkodzenia wymienić

(źródło: Stiebel Eltron GmbH)

należy dokonać kontroli różnicy temperatur i ustawienia pompy obiegowej. Pompa może być pompą buforową, jeżeli zostanie w instalacji taki zbiornik zastosowany lub pompą systemową – dla całej instalacji w budynku. Dzisiaj nie będziemy rozważać czy bufor jest zasadny, czy też nie. Choć w przypadku pomp ciepła na bazie powietrza, należy przed montażem sprawdzić wymagania producenta ze względu na energię potrzebną do rozmrażania parownika, by nie utracić gwarancji. W ogół rozwiązania tego problemu producenci stosują na ogół grzałkę elektryczną wbudowaną w urządzenie, jednak wtedy – w większości przypadków – konieczny jest czujnik wbudowany nie tylko na powrocie systemu, ale też dodatkowy czujnik temperatury zasilania i odpowiednie sterowanie pompą obiegową.

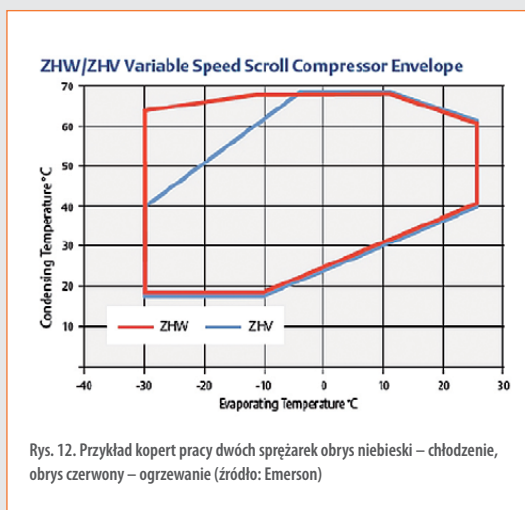
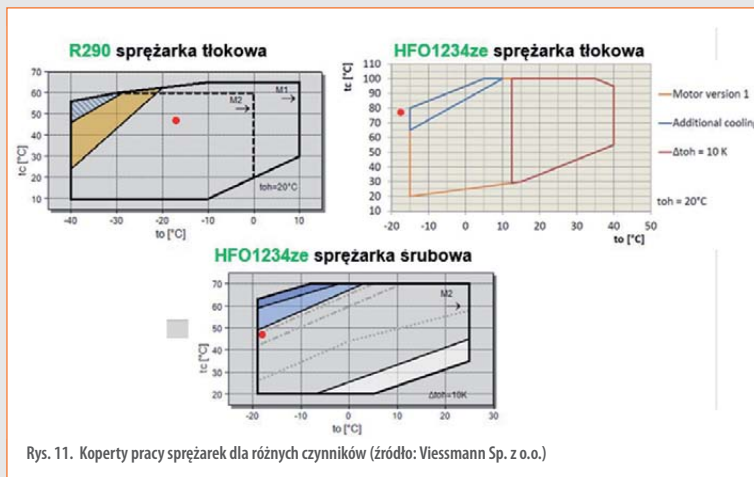
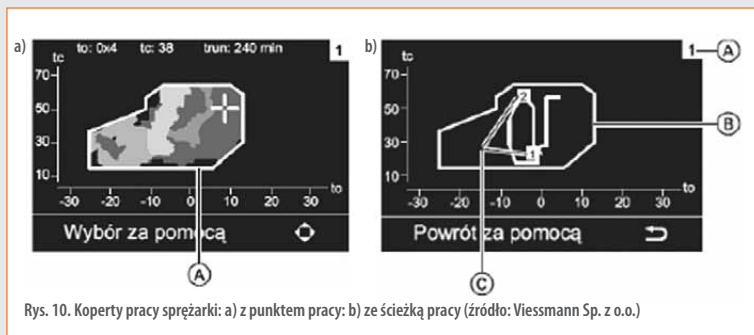
Ta sama grzałka i jej ustawienia są ważne przy doborze pomp ciepła w systemach bivaletnych monoenergetycznych zarówno A/W, jak i szczególnie S/W. W przypadku pomp ciepła S/W należy wnikliwie skontrolować dolne źródło. Najlepiej, gdy dolne źródło jest tak zwymiarowane, jakby było wykonane do zastosowania w systemie monowalentnym.

Co należy sprawdzić? Przede wszystkim – temperaturę mieszaniny (najlepiej glikolu propylenowego – ze względu na ochronę środowiska) i ustawienie automatyki. Należy też dokonać termometrem zewnętrznym sprawdzenia różnicy temperatur, jeżeli automatyka nie ma takiej funkcji. Trzeba również zmierzyć refraktometrem punkt krystalizacji mieszaniny. Oczywiście do działań standardowych, po stronie dolnego i górnego źródła, są kontrole stanów filtrów, odpowietrzników oraz ciśnień w naczyniach przeponowych. Jeżeli jest to pierwsze uruchomienie – konieczne jest też sprawdzenie, czy zastosowane materiały mają dopuszczenie do pracy w danych warunkach i przy tych różnicach temperatur, szczególnie w przypadku dolnego źródła systemów S/W.

Kolejnym częstym błędem, zaniedbywanym wręcz, jest brak kontroli powierzchni węzłownicy (minimum 2,5 m<sup>2</sup>/kW mocy) w zasobniku c.w.u., nawet przy zastosowaniu sprężarki inwerterowej, oraz koniecznie maksymalnej dopuszczalnej różnicy temperatur – z reguły jest to 10 K. Taka kontrola jest szczególnie ważna w przypadkach, gdy dostarczycielem zasobnika c.w.u. nie jest producent pompy ciepła. Pamiętajmy, że dla pomp ciepła A/W moc grzewcza pompy ciepła w okresie letnim znacząco się różni od przejściowych i zimowych, gdyż temperatura powietrza stanowiącego dolne źródło potrafi być nawet dużo powyżej 30°C.

Kontrola parametrów pracy pompy ciepła: temperatur, przepływów, różnicy temperatur, powierzchni wymiany, zasilania elektrycznego, nastaw automatyki jest o tyle ważna, że sprężarka musi pracować w właściwym punkcie koperty pracy – na rysunkach 10.÷12. przedstawione zostały przykładowe charakterystyki. Takie koperty ze ścieżką pracy posiadają w formie graficznej niektóre automatyki urządzeń.

Należy też pamiętać, że każda sprężarka ma swoją charakterystykę i konstrukcyjnie dedykowana jest do różnych zastosowań i wydajności, zatem nie wszystkie sprężarki nadają się do



ogrzewania (rys. 12.). W innym przypadku sprężarka może ulec nieodwracalnemu uszkodzeniu.

### Podsumowanie

Reasumując trzeba zwrócić uwagę, że wymienione w artykule kwestie dotyczące diagnostyki konstrukcyjnej i użytkowo-serwisowej – to tylko wybrana część zagadnień związanych z diagnostyką pomp ciepła. Tymczasem to często od dobrej diagnostyki zależy efektywność pomp, a tym samym powodzenie całej inwestycji. Stąd tak ważna jest poprawna i ze zrozumieniem prowadzona analiza parametrów pracy pompy ciepła oraz umiejętność oceny zaawansowania techniczno-konstrukcyjnego.

W systemach grzewczych z pompą ciepła różnice temperatur po stronie systemu grzewczego są bardzo ważne, gdyż różnią się od tych stosowanych w systemach kotłowych np. maksymalna zalecana różnica temperatur po stronie górnego źródła to 10 K, a nie 20 K jak w przypadku kotłów starszej generacji lub kotłów stała palnych. Dlatego też dla takich systemów bivaletnych alternatywnych lub równoległych należy dokładnie się dostosować do zaleceń producenta oraz preferowanych przez niego układów hydraulicznych.