

Nazwa kwalifikacji: **Eksploatacja i organizacja robót związanych z montażem instalacji i urządzeń chłodniczych, klimatyzacyjnych oraz pomp ciepła**

Oznaczenie kwalifikacji: **ELE.04**

Numer zadania: **01**

Wersja arkusza: **SG**

Wypełnia zdający

Numer PESEL zdającego*

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Miejsce na naklejkę z numerem
PESEL i z kodem ośrodka

Czas trwania egzaminu: **180** minut.

ELE.04-01-22.01-SG

EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2022

CZĘŚĆ PRAKTYCZNA

**PODSTAWA PROGRAMOWA
2019**

Instrukcja dla zdającego

1. Na pierwszej stronie arkusza egzaminacyjnego wpisz w oznaczonym miejscu swój numer PESEL i naklej naklejkę z numerem PESEL i z kodem ośrodka.
2. Na KARCIE OCENY w oznaczonym miejscu przyklej naklejkę z numerem PESEL oraz wpisz:
 - swój numer PESEL*,
 - oznaczenie kwalifikacji,
 - numer zadania,
 - numer stanowiska.
3. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 11 stron i nie zawiera błędów. Ewentualny brak stron lub inne usterki zgłoś przez podniesienie ręki przewodniczącemu zespołu nadzorującego.
4. Zapoznaj się z treścią zadania oraz stanowiskiem egzaminacyjnym. Masz na to 10 minut. Czas ten nie jest wliczany do czasu trwania egzaminu.
5. Czas rozpoczęcia i zakończenia pracy zapisze w widocznym miejscu przewodniczący zespołu nadzorującego.
6. Wykonaj samodzielnie zadanie egzaminacyjne. Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa i organizacji pracy.
7. Po zakończeniu wykonania zadania pozostaw arkusz egzaminacyjny z rezultatami oraz KARTĘ OCENY na swoim stanowisku lub w miejscu wskazanym przez przewodniczącego zespołu nadzorującego.
8. Po uzyskaniu zgody zespołu nadzorującego możesz opuścić salę/miejsce przeprowadzania egzaminu.

Powodzenia!

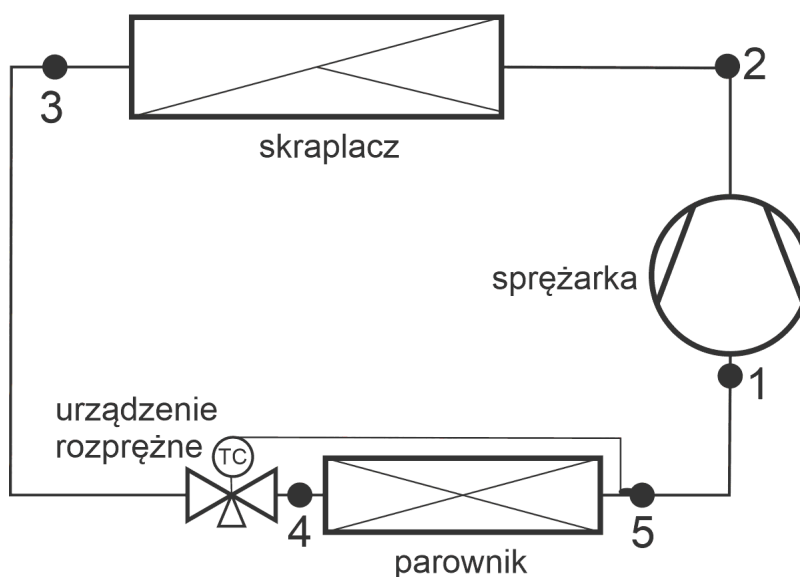
* w przypadku braku numeru PESEL – seria i numer paszportu lub innego dokumentu potwierdzającego tożsamość

Zadanie egzaminacyjne

W obiekcie przemysłowym zainstalowana jest powietrzna pompa ciepła napełniona czynnikiem chłodniczym R 410A. Ideowy schemat obiegu pompy ciepła przedstawiono na rysunku 1. Zgodnie z zaleceniami producenta tej pompy ciepła należy raz do roku określić rzeczywistą i sezonową klasę energetyczną w trybie grzania.

W tym celu wykonano pomiary rzeczywistych parametrów pracy rewersyjnej powietrznej pompy ciepła pracującej w trybie grzania. Wyniki pomiarów zamieszczono w tabeli 1.

| Tabela 1. Wyniki wykonanych pomiarów pompy ciepła pracującej w trybie grzania | | |
|---|-----------|----------------|
| Wielkość mierzona | symbol | wynik pomiarów |
| temperatura na ssaniu sprężarki | t_{ss} | 10°C |
| temperatura końca sprężania | t_{ks} | 90°C |
| temperatura powietrza zewnętrznego | t_{pow} | 2°C |
| ciśnienie par nasyconych na wyjściu z parownika | p_o | 5,82 bar |
| temperatura par czynnika na wyjściu z parownika | t_5 | 0°C |
| temperatura czynnika chłodniczego, zmierzona na wyjściu ze skraplacza | t_3 | 40°C |
| ciśnienie zmierzone na wyjściu ze skraplacza | p_k | 26,4 bar |



Punkty 1 do 5 określają miejsca pomiaru parametrów charakterystycznych obiegu pompy ciepła.

Rysunek 1. Ideowy schemat obiegu pompy ciepła

Określ rzeczywistą i sezonową klasę energetyczną w trybie grzania dla wyników pomiarów zapisanych w tabeli 1. Do wykonania zadania wykorzystaj wykres Molliera dla czynnika R410A, ideowy schemat obiegu pompy ciepła rysunek 1 oraz przygotowane tabele znajdujące się w arkuszu egzaminacyjnym.

Wartość odczytu entalpii oraz objętości właściwej czynnika chłodniczego z wykresu należy odczytać z dokładnością $\pm 5\%$. Godzinowa wydajność objętościowa sprężarki, odczytana z dokumentacji technicznej sprężarki \dot{V} wynosi 7 m³/h.

Zadanie wykonaj zachowując następującą kolejność czynności:

1. Określ przyrządy pomiarowe, które zostały zastosowane w celu wykonania pomiarów parametrów pracy rewersyjnej powietrznej pompy ciepła. Uzupełnij tabelę 6.
2. Wyznacz wartości temperatury parowania i skraplania. Uzupełnij tabelę 7.
3. Odczytaj z wykresu charakterystyczne parametry obiegu. Uzupełnij tabelę 8.
4. Oblicz wydajność grzewczą i moc sprężarki. Uzupełnij tabelę 9.
5. Oblicz współczynniki efektywności energetycznej i klasy energetyczne. Uzupełnij tabelę 10.

| Tabela 2. Klasa efektywności energetycznej COP | |
|---|--|
| Klasa efektywności energetycznej | Wartość współczynnika efektywności COP |
| A | $COP > 3,6$ |
| B | $3,6 \geq COP > 3,4$ |
| C | $3,4 \geq COP > 3,2$ |
| D | $3,2 \geq COP > 2,8$ |
| E | $2,8 \geq COP > 2,6$ |
| F | $2,6 \geq COP > 2,4$ |
| G | $2,4 \geq COP$ |

| Tabela 3. Klasa efektywności energetycznej SCOP | |
|--|---|
| Klasa efektywności energetycznej | Wartość współczynnika efektywności SCOP |
| A+++ | $SCOP \geq 5,1$ |
| A++ | $5,1 > SCOP \geq 4,6$ |
| A+ | $4,6 > SCOP \geq 4,0$ |
| A | $4,0 > SCOP \geq 3,4$ |
| B | $3,4 > SCOP \geq 3,1$ |
| C | $3,1 > SCOP \geq 2,8$ |
| D | $2,8 > SCOP \geq 2,5$ |
| E | $2,5 > SCOP \geq 2,2$ |
| F | $2,2 > SCOP \geq 1,9$ |
| G | $1,9 > SCOP$ |

Tabela 4. Ciśnienie nasycenia (manometryczne)

| Temp. (°C) | Ciśnienie nasycenia (MPa) | | Temp. (°C) | Ciśnienie nasycenia (MPa) | | Temp. (°C) | Ciśnienie nasycenia (MPa) | |
|------------|---------------------------|--------------|------------|---------------------------|--------------|------------|---------------------------|--------------|
| | Ciecz nasycona | Gaz nasycony | | Ciecz nasycona | Gaz nasycony | | Ciecz nasycona | Gaz nasycony |
| -30 | 0.1722 | 0.1717 | 2 | 0.7569 | 0.7539 | 34 | 1.998 | 1.990 |
| -29 | 0.1836 | 0.1830 | 3 | 0.7840 | 0.7809 | 35 | 2.051 | 2.043 |
| -28 | 0.1953 | 0.1947 | 4 | 0.8119 | 0.8086 | 36 | 2.105 | 2.097 |
| -27 | 0.2074 | 0.2067 | 5 | 0.8403 | 0.8369 | 37 | 2.160 | 2.152 |
| -26 | 0.2199 | 0.2192 | 6 | 0.8695 | 0.8659 | 38 | 2.216 | 2.208 |
| -25 | 0.2328 | 0.2320 | 7 | 0.9000 | 0.8956 | 39 | 2.273 | 2.265 |
| -24 | 0.2460 | 0.2452 | 8 | 0.930 | 0.926 | 40 | 2.332 | 2.323 |
| -23 | 0.2597 | 0.2588 | 9 | 0.961 | 0.957 | 41 | 2.391 | 2.382 |
| -22 | 0.2737 | 0.2728 | 10 | 0.993 | 0.989 | 42 | 2.451 | 2.442 |
| -21 | 0.2882 | 0.2872 | 11 | 1.026 | 1.022 | 43 | 2.513 | 2.503 |
| -20 | 0.3031 | 0.3021 | 12 | 1.059 | 1.055 | 44 | 2.575 | 2.565 |
| -19 | 0.3185 | 0.3174 | 13 | 1.093 | 1.089 | 45 | 2.639 | 2.629 |
| -18 | 0.3343 | 0.3331 | 14 | 1.128 | 1.123 | 46 | 2.703 | 2.693 |
| -17 | 0.3505 | 0.3493 | 15 | 1.164 | 1.159 | 47 | 2.769 | 2.759 |
| -16 | 0.3672 | 0.3659 | 16 | 1.200 | 1.195 | 48 | 2.836 | 2.826 |
| -15 | 0.3844 | 0.3830 | 17 | 1.237 | 1.232 | 49 | 2.904 | 2.894 |
| -14 | 0.4021 | 0.4006 | 18 | 1.275 | 1.270 | 50 | 2.974 | 2.963 |
| -13 | 0.4202 | 0.4187 | 19 | 1.314 | 1.308 | 51 | 3.044 | 3.034 |
| -12 | 0.4389 | 0.4373 | 20 | 1.353 | 1.348 | 52 | 3.116 | 3.106 |
| -11 | 0.4580 | 0.4563 | 21 | 1.394 | 1.388 | 53 | 3.189 | 3.178 |
| -10 | 0.4776 | 0.4759 | 22 | 1.435 | 1.429 | 54 | 3.263 | 3.253 |
| -9 | 0.4978 | 0.4960 | 23 | 1.477 | 1.471 | 55 | 3.338 | 3.328 |
| -8 | 0.5185 | 0.5166 | 24 | 1.520 | 1.513 | 56 | 3.415 | 3.405 |
| -7 | 0.5398 | 0.5377 | 25 | 1.563 | 1.557 | 57 | 3.493 | 3.483 |
| -6 | 0.5616 | 0.5594 | 26 | 1.608 | 1.601 | 58 | 3.572 | 3.562 |
| -5 | 0.5839 | 0.5817 | 27 | 1.654 | 1.647 | 59 | 3.653 | 3.643 |
| -4 | 0.6069 | 0.6045 | 28 | 1.700 | 1.693 | 60 | 3.735 | 3.725 |
| -3 | 0.6304 | 0.6279 | 29 | 1.747 | 1.740 | 61 | 3.818 | 3.808 |
| -2 | 0.6545 | 0.6519 | 30 | 1.796 | 1.788 | 62 | 3.902 | 3.893 |
| -1 | 0.6791 | 0.6765 | 31 | 1.845 | 1.837 | 63 | 3.988 | 3.979 |
| 0 | 0.7044 | 0.7017 | 32 | 1.895 | 1.887 | 64 | 4.075 | 4.066 |
| 1 | 0.7303 | 0.7274 | 33 | 1.946 | 1.938 | 65 | 4.164 | 4.155 |

Tabela 5. Wzory do wykorzystania w zadaniu

Ciśnienie absolutne

$$p_a = p_m + 1 \text{ [bar]}$$

p_a – ciśnienie absolutne [bar]

p_m – ciśnienie manometryczne [bar]

Masowe natężenie przepływu czynnika chłodniczego

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v_{ss}} \left[\frac{kg}{s} \right]$$

\dot{V} – wydajność objętościowa sprężarki [m^3/s]

v_{ss} – objętość właściwa czynnika chłodniczego na ssaniu sprężarki [m^3/kg]

Współczynnik efektywności energetycznej urządzenia pracującego w trybie grzania

$$COP = \frac{Q_k}{N_t} \text{ [-]}$$

Q_k – wydajność grzewcza skraplacza [kW]

N_t – moc pobierana przez sprężarkę [kW]

Sezonowy współczynnik efektywności energetycznej urządzenia pracującego w trybie grzania

$$SCOP = (COP_{tz-7^{\circ}C} \times 61\%) + (COP_{tz 2^{\circ}C} \times 37\%) + (COP_{tz 7^{\circ}C} \times 24\%) + (COP_{tz 12^{\circ}C} \times 11\%)$$

$COP_{tz-7^{\circ}C} \times 61\%$ - współczynnik efektywności energetycznej określony przy temperaturze zewnętrznej $-7^{\circ}C$ przemnożony przez 61% wydajności z jaką pracuje urządzenie w ciągu sezonu grzewczego

$COP_{tz 2^{\circ}C} \times 37\%$ - współczynnik efektywności energetycznej określony przy temperaturze zewnętrznej $2^{\circ}C$ przemnożony przez 37% wydajności z jaką pracuje urządzenie w ciągu sezonu grzewczego

$COP_{tz 7^{\circ}C} \times 24\%$ - współczynnik efektywności energetycznej określony przy temperaturze zewnętrznej $7^{\circ}C$ przemnożony przez 24% wydajności z jaką pracuje urządzenie w ciągu sezonu grzewczego

$COP_{tz 12^{\circ}C} \times 11\%$ - współczynnik efektywności energetycznej określony przy temperaturze zewnętrznej $12^{\circ}C$ przemnożony przez 11% wydajności z jaką pracuje urządzenie w ciągu sezonu grzewczego

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Ocenić będą 6 rezultatów:

- wyposażenie stanowiska badawczo-pomiarowego - tabela 6,
- wartości temperatury parowania i skraplania - tabela 7,
- przebieg przemian czynnika chłodniczego na wykresie Molliera,
- wartości charakterystycznych parametrów odczytane z diagramu chłodniczego - tabela 8,
- wartości wydajności grzewczej i mocy sprężarki pompy ciepła - tabela 9,
- wartości współczynnika efektywności energetycznej chwilowej COP i sezonowej SCOP oraz wyznaczone klasy energetyczne - tabela 10.

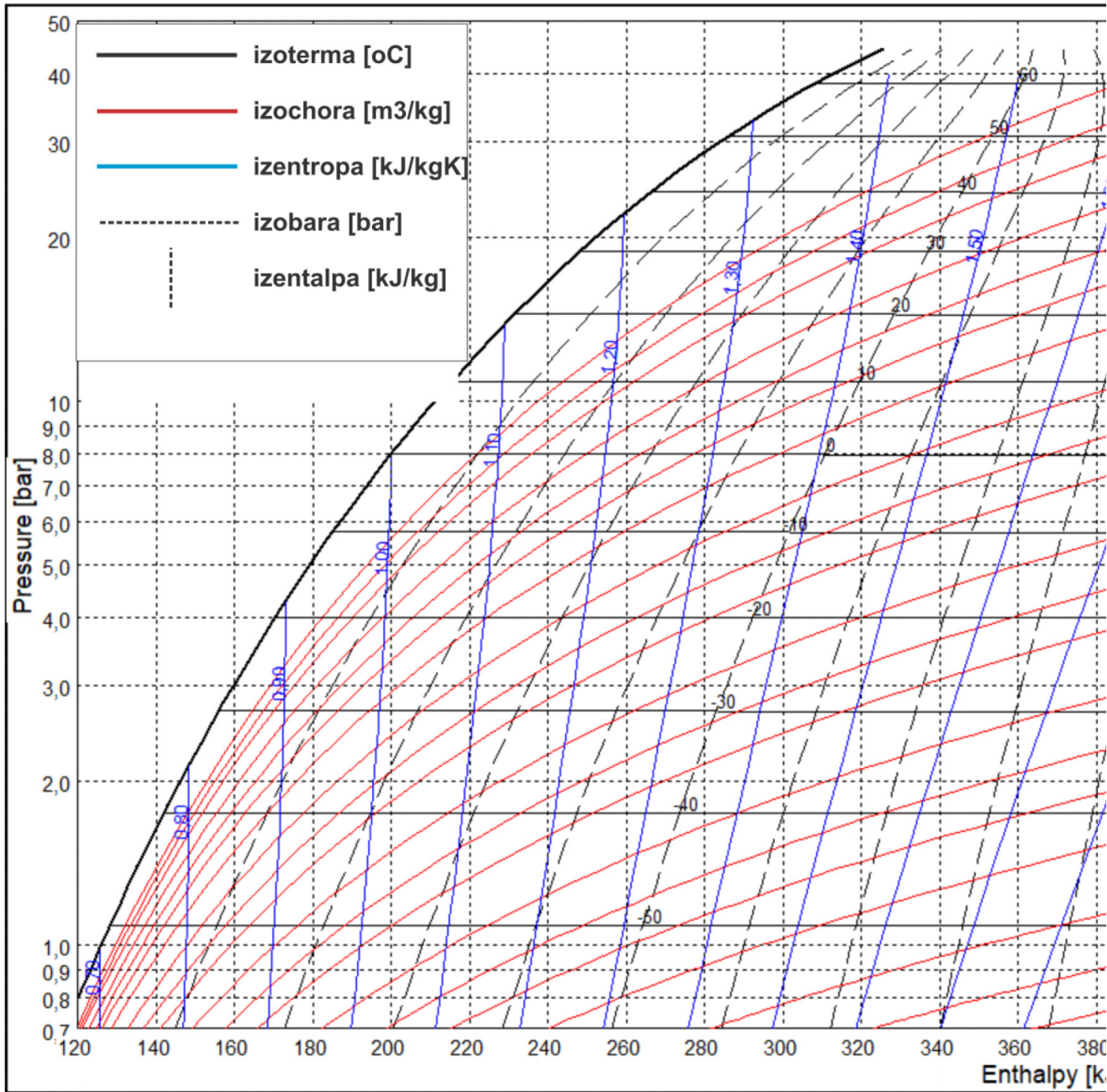
KARTA OKREŚLENIA KLASY ENERGETYCZNEJ POMPY CIEPŁA

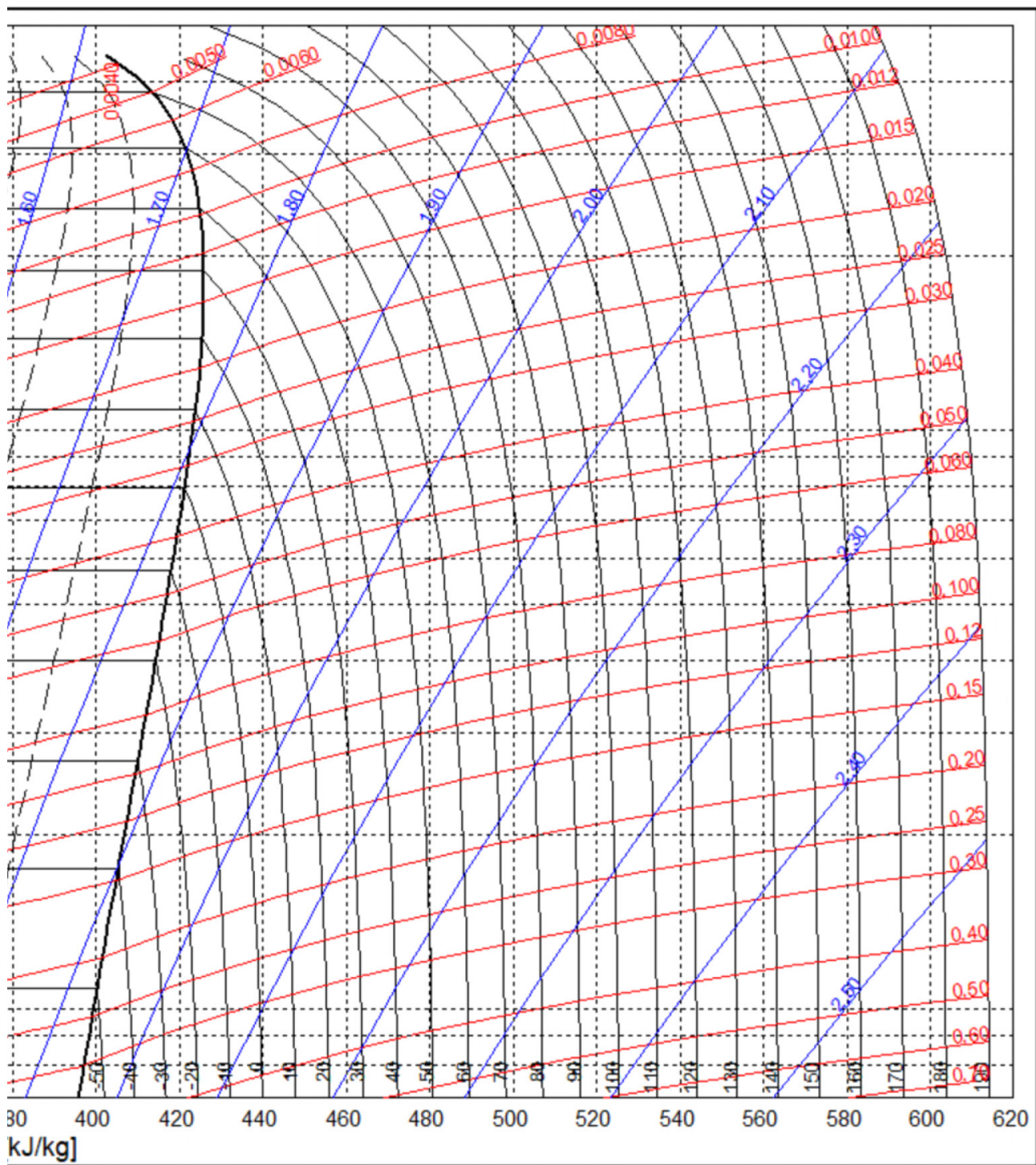
| Tabela 6. Wyposażenie stanowiska badawczo-pomiarowego | | |
|---|-----------------|--|
| Lp. | Nazwa aparatury | Mierzona wielkość / Wykonywana funkcja |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |

| Tabela 7. Wartości temperatury parowania i skraplania | | | |
|---|---------------------------|---|---------------------------|
| 1. Wyznaczenie wartości temperatury parowania na podstawie odczytów ciśnienia i temperatury na wyjściu z parownika (przegrzanie musi się mieścić w granicach od 4K – 9 K) | | | |
| Ciśnienie manometryczne par nasyconych na wyjściu z parownika | $p_o = \dots\dots\dots^*$ | temperatura par nasyconych na wyjściu z parownika | $t_o = \dots\dots\dots^*$ |
| Zmierzona temperatura par czynnika na wyjściu z parownika | | $t_5 = \dots\dots\dots^*$ | |
| Obliczona wartość przegrzania $\dots\dots\dots^*$ Przegrzanie mieści się w wyznaczonych granicach – właściwe podkreślić TAK/NIE | | | |
| 2. Wyznaczenie wartości temperatury skraplania na podstawie odczytów ciśnienia i temperatury na wyjściu ze skraplacza (dochłodzenie powinno znajdować się w granicach od 2K – 6 K) | | | |
| Ciśnienie manometryczne zmierzona na wyjściu ze skraplacza | $P_k = \dots\dots\dots^*$ | temperatura skraplania | $t_k = \dots\dots\dots^*$ |
| Zmierzona temperatura czynnika chłodniczego na wyjściu ze skraplacza | | $t_3 = \dots\dots\dots^*$ | |
| Obliczona wartość dochłodzenia $\dots\dots\dots^*$ Dochłodzenie mieści się w wyznaczonych granicach – właściwe podkreślić TAK/NIE | | | |
| * Uwaga! Należy podać wartość wraz z jednostkami. | | | |

Wykres Molliera dla czynnika R 410A – ciśnienie absolutne

Wykreśl na diagramie przemiany termodynamiczne zachodzące w badanej pompie ciepła. Oznaczenie punktów musi być zgodne ze schematem ideowym obiegu pompy ciepła (punkty od 1 – 5) przedstawionym na rysunku 1.





| Tabela 8. Wartości charakterystycznych parametrów odczytane z diagramu chłodniczego | | | |
|---|--|----------|-----------|
| Lp. | Parametr | Wartość* | Jednostki |
| 1. | entalpia czynnika chłodniczego w punkcie 1, h_1 | | |
| 2. | entalpia czynnika chłodniczego w punkcie 2, h_2 | | |
| 3. | entalpia czynnika chłodniczego w punkcie 3 i 4, $h_3=h_4$ | | |
| 4. | entalpia czynnika chłodniczego w punkcie 5, h_5 | | |
| 5. | objętość właściwa czynnika chłodniczego na ssaniu sprężarki v_{ss} , | | |

* odczyt z dokładnością $\pm 5\%$

| Tabela 9. Wartości wydajności grzewczej i mocy sprężarki pompy ciepła | |
|---|--|
| jednostkowa wydajność grzewcza $q_k = h_2 - h_3 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$ | |
| jednostkowa moc sprężania $l_t = h_2 - h_1 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$ | |
| strumień masowy czynnika chłodniczego $\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v_{ss}} \left[\frac{kg}{s} \right]$ | |
| wydajność grzewcza urządzenia $Q_k = q_k \times \dot{m} [kW]$ | |
| moc pobierana przez sprężarkę $N_t = l_t \times \dot{m} [kW]$ | |

Tabela 10. Wartości współczynnika efektywności energetycznej chwilowej COP i sezonowej SCOP oraz wyznaczone klasy energetyczne

| <p>Współczynnik efektywności energetycznej chwilowej COP dla temperatury powietrza zewnętrznego $t_{pow} = 2^{\circ}\text{C}$</p> | <p>Klasa energetyczna dla obliczonej wartości COP odczytana z tabeli nr 2</p> | | | | | | | | | | |
|---|--|---------------------------|----|-----|---|---------------|---|------|----|------|--|
| <p>(wzór)</p> <p>(wartość) COP =</p> | | | | | | | | | | | |
| <p>Współczynnik efektywności energetycznej sezonowej SCOP</p> | <p>Klasa energetyczna dla obliczonej wartości SCOP odczytana z tabeli nr 3</p> | | | | | | | | | | |
| <p>Wyniki pomiarów COP dla temperatur wzorcowych powietrza zewnętrznego</p> <table border="1" data-bbox="220 1070 917 1384"> <thead> <tr> <th>Temperatura zewnętrzna, [°C]</th> <th>Wartość współczynnika COP</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-7</td> <td>2,9</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td><i>uwaga*</i></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>4,24</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>4,39</td> </tr> </tbody> </table> <p>*wstawić obliczoną wartości COP dla temperatury powietrza zewnętrznego $t_{pow} = 2^{\circ}\text{C}$</p> <p>SCOP =</p> | Temperatura zewnętrzna, [°C] | Wartość współczynnika COP | -7 | 2,9 | 2 | <i>uwaga*</i> | 7 | 4,24 | 12 | 4,39 | |
| Temperatura zewnętrzna, [°C] | Wartość współczynnika COP | | | | | | | | | | |
| -7 | 2,9 | | | | | | | | | | |
| 2 | <i>uwaga*</i> | | | | | | | | | | |
| 7 | 4,24 | | | | | | | | | | |
| 12 | 4,39 | | | | | | | | | | |