



## Pompa ciepła

### 1. Zagadnienia

pompa ciepła, sprężarka, parownik, wymiana ciepła, przemiany termodynamiczne, parowanie, skraplanie, cykle termodynamiczne, sprawność procesów termodynamicznych, entalpia parowania

### 2. Opis

Pompa ciepła jest to urządzenie, które uzyskuje energię ze środowiska o niższej temperaturze i oddaje pozyskaną energię do środowiska o wyższej temperaturze. Praca niezbędna do tego działania jest wykonywana przez sprężarkę.

Pompa ciepła jest modelem demonstracyjnym, dzięki któremu można zaprezentować podobieństwo zasady działania chłodziarki i pompy ciepłej. Istnieje możliwość pomiaru ciśnienia i temperatury cieczy roboczej oraz obserwacji jej stanu skupienia w okienkach wskaźnikowych. W skład układu wchodzi dwa izolowane zbiorniki do wyznaczania otrzymanej lub oddanej energii. W celu zilustrowania przebiegu zachodzących procesów na przedniej płycie pompy zamontowano różne komponenty, a połączenia między nimi zaznaczone są kolorowymi liniami.



### Zasada działania

1. Kompresor spręża gaz wykorzystując energię elektryczną  $Q_e$ , niezbędną do tego procesu. Poprzez kompresję podnosi się ciśnienie i temperatura gazu. Dlatego przewód prowadzący do sprężarki przedstawiony jest w formie niebieskiej linii punktowej (zimny gaz), podczas gdy przewody wychodzące ze sprężarki oznaczone są czerwoną linią punktową (ciepły gaz).
2. Podczas skraplania gaz zamieniając się w ciecz oddaje energię cieplną  $Q_w$  do otoczenia ogrzewając ciecz w naczyniu. Temperatura przed i za kondensatorem kontrolowana jest w dwóch punktach pomiarowych za pomocą termometrów. Przewód prowadzący od skraplacza jest oznaczony ciągłą, czerwoną linią (ciepła ciecz).



3. Podczas pracy pompy cieplnej w okienku kontrolnym usytuowanym za skraplaczem można zaobserwować ciecz roboczą zawierającą pęcherzyki gazowe. Ten stan może ulec zmianie.
4. Manometr wskazuje nadciśnienie cieczy wyrażone w barach. W porównaniu do całkowitych ciśnień wskazanych w tabeli 1 musi zostać dodane ciśnienie atmosferyczne około 1 bar (1 bar = 10<sup>5</sup> Pa).
5. Ciecz przepływa przez zawór rozprężny ze środowiska o wyższym ciśnieniu do tego o niższym ciśnieniu, ochładzając się przy tym. Przewód za zaworem rozprężnym jest oznaczony ciągłą, niebieską linią (zimna ciecz).
6. Po stronie parownika ciecz pobiera energię cieplną  $Q_k$  z otoczenia. W trakcie tego procesu główna część energii jest używana do odparowania cieczy roboczej. Temperatura przed i za parownikiem jest kontrolowana w dwóch punktach pomiarowych za pomocą termometrów. Czujnik temperatury umieszczony bezpośrednio na spiralach parownika steruje zaworem regulacyjnym, ponieważ tylko skroplona substancja może wpływać do sprężarki/kompresora.
7. Podczas działania pompy cieplnej w okienku kontrolnym umieszczonym za parownikiem można zaobserwować pracujące środowisko gazowe lub parującą ciecz. Ten stan może ulec zmianie.
8. Manometr wskazuje nadciśnienie pracującego środowiska po stronie parownika w barach. W porównaniu do całkowitych ciśnień wskazanych w tabeli 1 musi zostać dodane ciśnienie atmosferyczne około 1 bar (1 bar = 10<sup>5</sup> Pa).

Obsługa	$T$	$p$	$V$	$h'$	$h''$
	°C	MPa	m <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kg
Pompa cieplna jest podłączona do sieci elektrycznej poprzez miernik mocy, za pomocą którego można zmierzyć moc pompy cieplnej w trakcie jej pracy. Aby przeprowadzić doświadczenie, węzownice parownika i skraplacza muszą być wstawione w izolowany pojemnik z wodą.	-30	0.08436	0.22596	161.10	380.45
	-20	0.13268	0.14744	173.82	386.66
	-10	0.20052	0.09963	186.78	392.75
	-8	0.21684	0.09246	189.40	393.95
	-6	0.23418	0.08591	192.03	395.15
	-4	0.25257	0.07991	194.68	396.33
	-2	0.27206	0.07440	197.33	397.51
	0	0.29269	0.06935	200.00	398.68
Do wyznaczenia bilansu energii zbiorniki muszą być napełnione znaną ilością wody. W miejscach mocowania termometrów należy użyć pasty przewodzącej ciepło. Dodatkowo powinna być również mierzona temperatura wody w obu zbiornikach. Wymienniki ciepła powinny być okresowo odkamieniane za pomocą rozcieńzonego kwasu octowego (ok.5%).	2	0.31450	0.06470	202.68	399.84
	4	0.33755	0.06042	205.37	401.00
	6	0.36186	0.05648	208.08	402.14
	8	0.38749	0.05238	210.80	403.27
	10	0.41449	0.04948	213.53	404.40
	12	0.44289	0.04636	216.27	405.51
	14	0.47276	0.04348	219.03	406.61
	16	0.50413	0.04081	221.80	407.70
	18	0.53706	0.03833	224.59	408.78
	20	0.57159	0.03603	227.40	409.84
	22	0.60777	0.03388	230.21	410.89
	24	0.64566	0.03189	233.05	411.93
	26	0.68531	0.03003	235.90	412.95
	28	0.72676	0.02829	238.77	413.95
	30	0.77008	0.02667	241.65	414.94
	32	0.81530	0.02516	244.55	415.90
	34	0.86250	0.02374	247.47	416.85
	36	0.91172	0.02241	250.41	417.78
	38	0.96301	0.02116	253.37	418.69
	40	1.0165	0.01999	256.35	419.58
	42	1.0721	0.01890	259.35	420.44
	44	1.1300	0.01786	262.38	421.28
	46	1.1901	0.01689	265.42	422.09
	48	1.2527	0.01598	268.49	422.88
	50	1.3177	0.01511	271.59	423.63
	60	1.6815	0.01146	287.49	426.86
	70	2.1165	0.00867	304.29	428.89
Dane techniczne					
Ciecz robocza	R134a				
Moc kompresora	ca 100..120W				
Objętość	5,08 cm <sup>3</sup>				
Obroty	1450 min <sup>-1</sup>				
Cyfra mocy	ok.2,2				
Stopień sprawności	ok. 80%				
Napięcie zasilające	220V;50 Hz				
DANE PŁYNU R134a					
Ciepło właściwe (stan płynny, 25 °C)	1,4189				
J/gK					
Ciepło właściwe (stan gazowy, 25 °C)	0,8323				
J/gK					
Ciepło parowania (25 °C)	177,33 J/g				



Tabela 1:

- $T$ : Temperatura  
 $p$ : Ciśnienie (absolutne)  
 $V$ : Specyficzna objętość nasyconej pary  
 $h'$ : Specyficzna entalpia cieczy  
 $h''$ : Specyficzna entalpia pary

### 3. Przebieg ćwiczenia

Ciśnienie i temperatura w trakcie procesów cieplnych w pompie ciepła są mierzone w funkcji czasu (pompa działa w roli pompy woda/woda). Energia pobrana i oddana jest wyliczana na podstawie ogrzewania i chłodzenia dwóch zbiorników wodnych. W trakcie działania pompy w roli pompy powietrze/woda wyznaczany jest współczynnik wydajności dla różnych temperatur parownika.

#### Zadania

##### A. Wodna pompa ciepła:

Włączyć odmierzoną ilość wody do obydwu zbiorników wody tak, aby wymiennik ciepła był kompletnie zanurzony. Należy uważać, aby woda po stronie skraplacza nie była zimniejsza niż po stronie parownika. Należy też zmierzyć wszystkie temperatury i ciśnienia przed włączeniem pompy.

Strona parownika: ciśnienie  $p_1$ , temperatura wody  $\theta_1$ , temperatura na wlocie skraplacza  $\theta_{ci}$ , temperatura na wylocie skraplacza  $\theta_{co}$ . Strona skraplacza: ciśnienie  $p_2$ , temperatura wody  $\theta_2$ , temperatura na wlocie parownika  $\theta_{vi}$ , temperatura na wylocie parownika  $\theta_{vo}$ .

Włączyć pompę ciepła oraz stoper i zmierzyć ciśnienie oraz temperatury po stronie skraplacza i parownika, w ciągu ok 30 min, co minutę. Dane zapisać w tabeli.

Obliczyć energię pobraną i oddaną oraz stężenie objętościowe w układzie i objętościową sprawność sprężarki.

t [min]	skraplacz				parownik			
	$p_1$ [bar]	$\theta_1$ [°C]	$\theta_{ci}$ [°C]	$\theta_{co}$ [°C]	$p_2$ [bar]	$\theta_2$ [°C]	$\theta_{vi}$ [°C]	$\theta_{vo}$ [°C]
1								
2								
...								

##### B. Pompa powietrze-woda:

Usunąć zbiornik z wodą od strony parownika, ostrożnie wytrzeć zwoje wymiennika ciepła. Dokonać trzech pomiarów na pompie powietrze-woda. Na początku każdej serii pomiarów temperatura wody w zbiorniku powinna wynosić 20°C. Ilość wody musi być również znana. Ustawić dmuchawę powietrza w odległości około 30 cm od zwoju parownika i skierować strumień powietrza na parownik. Włączyć pompę ciepła i zmierzyć temperaturę na wylocie parownika  $\theta_{vo}$  oraz temperaturę wody  $\theta_1$  w funkcji czasu. Czas trwania długości serii pomiarów wynosi około 20 minut dopóki  $\theta_1 > 30^\circ\text{C}$  oraz  $\theta_{vo} \approx \text{const}$ .

Powtórzyć serię pomiarów dla strumienia gorącego powietrza a następnie bez strumienia powietrza.

t [min]	Gorący strumień powietrza		Zimny strumień powietrza		Bez strumienia powietrza	
	$\theta_{vo}$ [°C]	$\theta_1$ [°C]	$\theta_{vo}$ [°C]	$\theta_1$ [°C]	$\theta_{vo}$ [°C]	$\theta_1$ [°C]
1						
2						
...						



## 4. Opracowanie wyników

Wykres Molliera ( $h, \log(p)$ ) obrazuje wyidealizowany układ pompy ciepła, w którym  $p$  jest ciśnieniem, a  $h$  charakterystyczną entalpią substancji pracującej. Używany jest on do opisu cyklicznego procesu cieplnego.

Krzywa biegnąca przez punkt krytyczny  $K$  przedstawia strefę mokrej pary, w której współistnieją jednocześnie dwie fazy ciekła i gazowa. W strefie tej izotermy biegną równoległe do osi  $h$ . Zaczynając proces w punkcie 1 sprężarka spręża substancję pracującą aż do punktu 2. W idealnym przypadku proces ten przebiega bez wymiany ciepła ze środowiskiem ( $S = \text{const.}$ ). W procesie izotermicznym do punktu 3 ciepło użyteczne jest oddawane, a substancja pracująca skrapla się. Następnie substancja pracująca przepływa przez zawór przewężenia i osiąga punkt 4. W idealnym procesie entalpia pozostaje stała. Przy przechodzeniu z punktu 4 do punktu 1 substancja pracująca pobiera energię ze środowiska i odparowuje. Określona wartość energii  $q_0$  oraz  $q$  pobrana i oddana przez 1 kg czynnika w określonych warunkach pracy może być odczytana bezpośrednio z odcinków prostych diagramu.

$$q_0 = h_1 - h_4$$

$$q = h_2 - h_3$$

$$w = h_2 - h_1$$

Dane substancji pracującej R134a w strefie mokrego parowania są zestawione w Tabeli 1.

### A. Pompa woda-woda

Rys.3 przedstawia krzywą zmiany temperatury w czasie w przypadku pompy ciepła woda-woda. Temperatura substancji roboczej nie zmienia się w czasie odparowywania i skraplania. Przegrzanie pary występuje przed skropleniem (patrz Rys.2; punkt 2 leży za strefą mokrego odparowywania). Po stronie parownika przewężenie zaworu termostatu zapewnia przegrzanie pary, dzięki czemu cieplej substancja pracująca nie dostaje się do sprężarki.

Na Rys.4 umieszczono niektóre wartości temperatury i ciśnienia w porównaniu z wartościami z Tabeli 1.

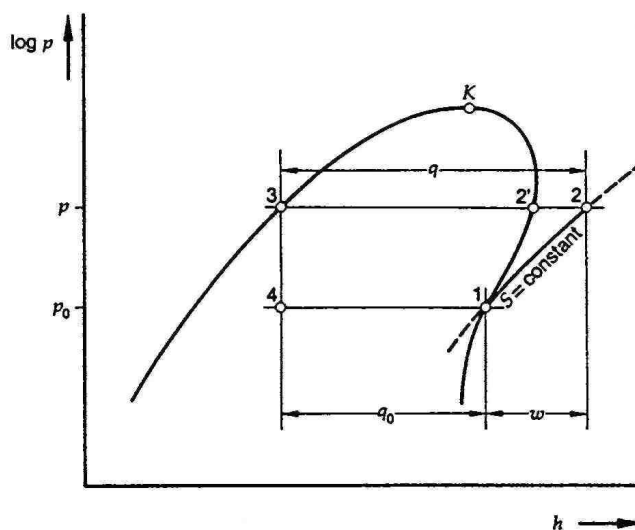


Fig.2 Wykres Molliera dla cyklicznego procesu cieplnego pompy ciepła.

W idealnym procesie entalpia pozostaje stała.

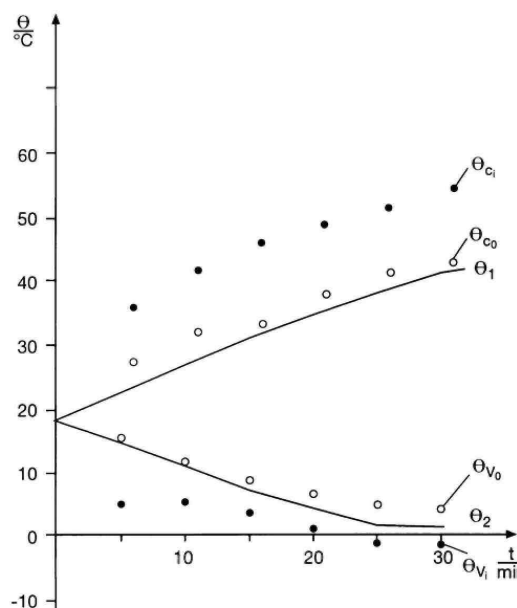


Fig. 3. Temperaturny diagram w funkcji czasu działania; punkty:  $\theta_{vi}$ (•),  $\theta_{vo}$ (o) i skraplacza  $\theta_{ci}$ (•),  $\theta_{co}$ (o) w funkcji czasu działania; krzywe ciągłe: temperatura w zbiornikach wodnych.



Odparowywanie oraz skraplanie substancji pracującej może być zaobserwowane przez wzierniki pompy ciepła. W miarę jak zawór przewężenia sterowany przez termostat wpuszcza różne ilości substancji pracującej proces ten nie jest zawsze jednolity.

Przepływ energii  $Q$  po stronie skraplania i parownika jest obliczany na podstawie procesów ogrzewania i chłodzenia wody w zbiornikach.

$$Q = c \cdot m \cdot \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (1)$$

$c$  – ciepło właściwe wody 4190 [J/kg K]

$m$  – masa wody

$\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$  – zmiana temperatury w czasie

Przepływy energii nie zależy od warunków roboczych pompy ciepła, zależny natomiast od temperatury skraplacza i parownika. Na podstawie przykładowych wartości z Rys.3 i 4, dla wartości czasu  $t = 10$  min., przy założeniu masy wody w każdym ze zbiorników  $m = 4.8$  kg, strumień ciepła skraplacza wynosi:

$$Q = 4190 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 4,8kg \cdot \frac{8K}{10 \cdot 60s} = 268W$$

natomiast strumień ciepła parownika wynosi:

$$Q_0 = 4190 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 4,8kg \cdot \frac{7K}{10 \cdot 60s} = 235W$$

Przyjmując średnią moc sprężarki w czasie 10 min pomiarów  $P = 120$  W otrzymujemy wydajność pompy ciepła:

$$\varepsilon = \frac{Q}{P} = \frac{268W}{120W} = 2.2$$

Stosunek faktycznego skoku objętości  $V$  do geometrycznego skoku objętości  $V_g$  sprężarki nazywany jest współczynnikiem sprawności sprężarki  $\lambda$ . Zakładając, że proces pompowania ciepła jest idealny, rzeczywista wartość objętości przepływu  $V$  substancji pracującej w układzie i objętościowy współczynnik  $\lambda$  sprężarki może być wyznaczony z przepływu ciepła parownika za pomocą równania 1.

$$V = v \cdot \frac{Q_0}{h_1 - h_3} \quad (2)$$

$v$  - charakterystyczna objętość pary

Dla wartości ciśnienia czynnika roboczego z Tabeli 1 odczytujemy wartości entalpii i objętość charakterystyczną pary. Ciśnienie po stronie parownika po  $t = 10$  min wynosi  $p_0 = 3,1 \cdot 10^3$  hPa = 0,31 MPa a entalpia dla tej wartości ciśnienia  $h_1 = 399,84$  kJ/kg oraz objętość  $v = 0,0647$  m<sup>3</sup>/kg = 64,7 l/kg. Ciśnienie po stronie skraplacza po 10 min wynosi  $p = 8,6 \cdot 10^3$  hPa = 0,86 MPa więc  $h_3 = 247,47$  kJ/kg.

Podstawiając te wartości do wzoru (2) otrzymujemy:

$$V = 64,7 \frac{l}{kg} \cdot \frac{235W}{399,84 \frac{kJ}{kg} - 247,47 \frac{kJ}{kg}} = 100 \frac{cm^3}{s}$$

Znając geometryczny skok objętości sprężarki  $V_g = 5,08$  cm<sup>3</sup> i częstotliwość rotacji tłoka  $f = 1450$  min<sup>-1</sup> można wyznaczyć geometryczną objętość przepływu czynnika roboczego

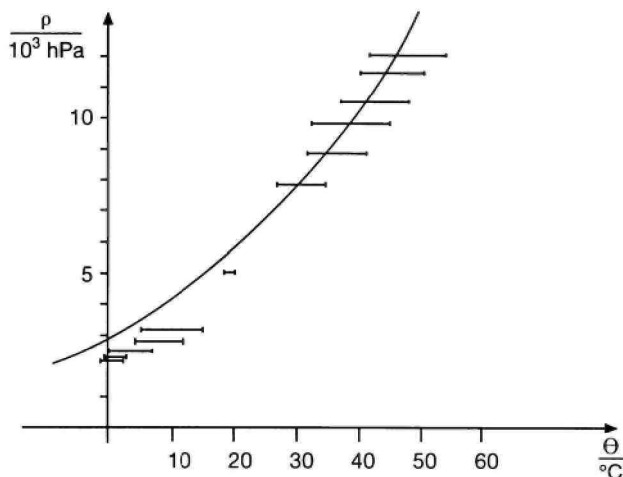


Fig.4 Zależność ciśnienia (zupelnego) oraz temperatury wrzenia substancji pracującej (wartość odstępu parownika i skraplacza) gdy pompa ciepła pracuje; krzywa ciągła: w zgodności do równania 1.



$$V_g = 5.08 \text{ cm}^3 \cdot 1450 \frac{1}{60s} = 123 \frac{\text{cm}^3}{s} \text{ a zatem}$$

Objętościowy współczynnik wydajności sprężarki

$$\lambda = \frac{V}{V_g} = 81\%$$

### B. Pompa powietrze-woda

Przepływ ciepła skraplacza pompy ciepła jest zależny od temperatury parownika. Kiedy pompa działa w trybie powietrze-woda temperatura parownika pozostaje mniej więcej stała przez około 10 min. Dmuchawa sprawia, że mamy do czynienia z pozornie nieskończonym zbiornikiem powietrza. Bez dmuchawy parownik chłodzi się, a temperatura pozostaje mniej więcej stała. Aby porównać różne tryby pracy ciepło przepływu skraplacza  $Q$  jest wyliczane przy pomocy równania (1) w temperaturze wody równej  $\theta_1 = 30^\circ\text{C}$ . Średnia wartość temperatury parownika  $\theta_{vo}$ , przepływ ciepła skraplacza  $Q$  i wydajność (moc sprężarki  $P = 120 \text{ W}$ ) dla różnych trybów pracy przedstawione są w poniższej tabeli.

Dmuchawa	$\theta_{vo}$ [°C]	$Q$ [W]	$\varepsilon$
Gorące pow.	12	276	2.1
Zimne pow.	8	193	1.5
Bez pow.	-10	117	0.9

Zastosowanie nawiewu ciepłego powietrza za pomocą dmuchawy zwiększa wydajność pompy ciepła pracującej w trybie powietrze-woda.



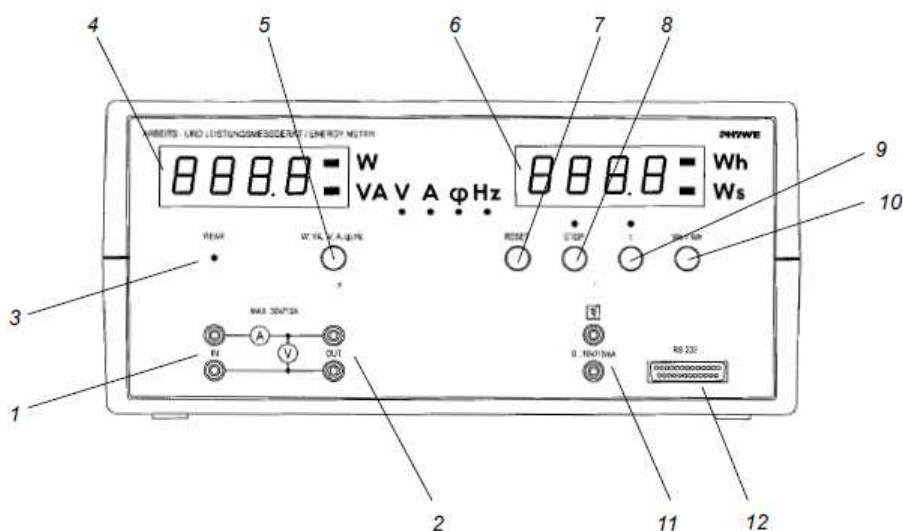
## Miernik pracy, mocy Instrukcja obsługi

### Opis

Miernik służy do pomiaru mocy i pracy prądu elektrycznego podłączonego urządzenia. Wartości pracy i mocy niezależnie są wyświetlane na dwóch wyświetlaczach. Instrument mierzy rzeczywiste wartości napięcia (V) i natężenia prądu (A), moc (VA), kąt fazowy ( $\phi$ ) i częstotliwość (Hz) oraz energię (Ws, Wh). Wszystkie te wartości mogą być wyświetlane.

Połączenia frontowego panelu przystosowane są do napięcia prądu stałego DC i zmiennego AC o niskiej wartości 30V/10A. Tylony panel służy do podłączenia głównego zasilania z sieci, a zakres pomiarowy dobierany jest automatycznie. Panel czołowy jest elektrycznie izolowany od tylnego za pomocą transformatora.

Miernik wyposażony jest w port szeregowy RS 232 umożliwiającą kontrolę urządzenia za pomocą komputera oraz zbieranie danych pomiarowych.



### Funkcje i kontrola

#### Panel czołowy:

- 1 – Podłączenie zewnętrznego zasilania dla obciążenia max 30V/10A
- 2 – Podłączenie obciążenia.
- 3 – Wskaźnik diodowy podłączenia głównego zasilania panelu tylnego.
- 4 – Cyfrowy wyświetlacz napięcia U [V], natężenia prądu I [A], mocy P [W,VA], przesunięcia fazowego  $\phi$ , częstotliwości f [Hz].
- 5 – Przycisk wyboru wyświetlanej wartości na wyświetlaczu zaznaczone dodatkowo diodą.
- 6 – Cyfrowy wyświetlacz pobieranej energii W [Ws,Wh], czasu [s,h].
- 7 – Kasowanie mierzonych wartości energii i czasu i ustawienie wartości 0.
- 8 – Zatrzymanie pomiaru energii i czasu. Ponowne naciśnięcia kontynuuje pomiar.
- 9 – Przycisk wyboru wyświetlanej wartości energii lub czasu na prawym wyświetlaczu.
- 10 – Przycisk wyboru wyświetlanej jednostki energii i czasu.
- 11 – Wyjście analogowe do podłączenia miernika w zakresie 10V (rejestrator) dla lewego wyświetlacza.
- 12 – Port szeregowy RS 232 do podłączenia komputera.

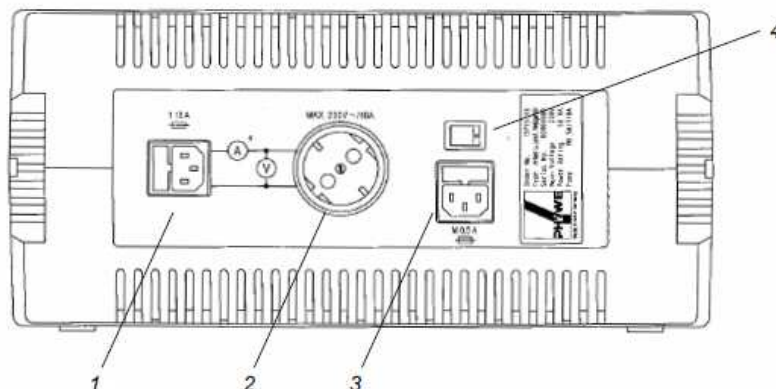


Panel tylni:

- 1 – Gniazdo do podłączenia zasilania 230V/10A z bezpiecznikiem.
- 2 – Gniazdo do podłączenia odbiornika prądu.
- 3 – Gniazdo do podłączenia miernika energii.
- 4 – Główny włącznik/wyłącznik.

Obsługa

Gniazda zasilania 2 i 3 posiadają wewnątrz bezpieczniki 5 mm x 20 mm 0,5 A. W przypadku, gdy instrument nie działa należy najpierw sprawdzić bezpieczniki. W wypadku ich przepalenia wymienić na nowe o takiej samej wartości.



Po włączeniu przyrządu lewy wyświetlacz pokazuje wartość mocy w W, a prawy energii w Wh. Za pomocą przełącznika 5 wybieramy możliwość wyświetlenia bieżących wartości dostępnych wielkości fizycznych prądu: mocy, napięcia, natężenia, fazy i częstotliwości. W przypadku przekroczenia wartości maksymalnych na wyświetlaczu pojawiają się następujące oznaczenia:

- Lo.U. – napięcie za niskie
- Hi.U. – napięcie za wysokie
- Lo.I. – natężenie prądu za niskie
- Hi.I. – natężenie prądu za wysokie
- Lo.F. – częstotliwość za niska
- Hi.F. – częstotliwość za wysoka
- d.C. – wyświetla się dla prądów stałych dla  $\phi$  i Hz

Prawy wyświetlacz zawsze wyświetla wartość energii ewentualnie licznik czasu. Oba liczniki zatrzymywane są lub zerowane równocześnie (Reset 7). Przycisk Stop (8) zatrzymuje i uruchamia kontynuowanie zliczania wartości. Wybór wyświetlania wartości i jednostki można wybierać naprzemiennie przyciskami (9) i (10). Po przekroczeniu maksymalnej wartości zliczeń na wyświetlaczu pojawia się napis „Full”

Doświadczenia z niskim napięciem (panel czołowy)

Napięcie zasilania podłącza się do gniazd (1) na frontowym panelu a obciążenie do gniazd (2). Połączenie zasilania i obciążenia może być zamienione, jeśli wymaga tego eksperyment. Na przykład: jeśli ma być zmierzona praca wykonana przez silnik prądu stałego, wtedy ten silnik powinien pracować jako generator. Niemniej jednak przy zamienionym podłączeniu mierzone napięcie zawiera również napięcie obniżane przez amperomierz.





### Napięcie stałe DC.

W tym przypadku rzeczywista i chwilowa moc prądu stałego jest taka sama. Dla pomiaru przesunięcia fazowego  $\varphi$  i częstotliwości  $f$  wyświetlany jest komunikat d.C. Napięcie musi mieć minimalną wartość równą 30 mV.

### Napięcie zmienne AC.

Moc chwilowa:  $P = U \cdot I$

Moc rzeczywista:  $P_s = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$

Do obliczenia kąta fazowego, rzeczywistej mocy i częstotliwości minimalne napięcie i natężenie prądu powinno mieć odpowiednio wartości 300 mV i 100 mA. Dodatkowo, napięcie AC nie może być wielokrotnością napięcia DC (tła), która jest większa od 30 mV ponieważ w tym wypadku kąt fazowy, częstotliwość i moc rzeczywista nie będzie poprawnie obliczona. Dla  $\varphi$  i  $f$  wyświetlona zostanie wartość d.C.

### Wyświetlanie wartości pomiarowych

Przy pomiarze napięcia i natężenia prądu zakres pomiarowy ustawiany jest automatycznie, a wartości wyświetlane z odpowiednią dokładnością. Moc obliczana jest poprzez przemnożenie dwóch wartości. Wyświetlana wartość mocy może różnić się na przedostatnim miejscu po przecinku, gdy wartości napięcia i natężenia prądu różnią się będą na miejscu ostatnim. Na przykład:

$U = 9,50V$ ;     $I = 0,950 A$ ;     $P = 9,025 W$

$U = 0,51$ ;     $I = 0,951 A$ ;     $P = 9,044 W$

### Doświadczenie z zasilaniem głównym (tylny panel)

W tym wypadku zasilanie i obciążenie połączone jest poprzez tylny panel. W tym wypadku zasilanie zmiennym napięciem powinno być w granicach od 30 V do 230 V + 6%. W wypadku, gdy zasilanie jest większe od 30 V zapala się dioda, a przedni panel zostaje odizolowany od systemu pomiarowego. Dla mniejszych napięć od 30 V frontowy panel załącza się na nowo. Do obliczenia kąta fazowego, mocy rzeczywistej i częstotliwości natężenie prądu musi mieć wartości minimum 100 mA. Napięcie zasilania poniżej 30 V nie jest wyświetlane do momentu przełączenia się na panel frontowy.

### Port szeregowy

Dane z miernika mogą być transmitowane do komputera za pomocą porty szeregowego i odpowiedniego oprogramowania. Po włączeniu miernik domyślnie ma ustawioną transmisję danych na 1200. Wartość ta może być zmieniona poprzez oprogramowanie bądź za pomocą samego przyrządu naciskając i przytrzymując dłużej niż 2,5 s przycisk zmiany czasu (9). Na prawym wyświetlaczu pojawi się aktualna wartość.

Używając własnego oprogramowania należy zwrócić uwagę na następujące informacje:

do komunikacji pomiędzy przyrządem a komputerem komendy transmitowane są jako ciąg znaków w kodzie ASCII. Komendy zawierają małe bądź duże litery czasami z dodatkowymi parametrami. Każda komenda jest wykonywana jest z parametrem CR + LF (w komunikacji z komputera do przyrządu LF nie jest konieczne) np. B1<CR><LF>. W transmisji danych z instrumentu do PC poszczególne składniki danych rozdzielone są spacją a dane zakończone są



CR+LF. Format danych jest 8 bitowy ASCII, nieparzysty, 1 bit start/stop (sprzętowy „handshake” nie jest obsługiwany).

### Ustawienie transferu danych

W celu poprawności komunikacji transfer danych instrumentu i komputera musi być ustawiony na taki sam.

### Komendy:

B0 - 1200

B1 - 2400

B2 - 4800

B3 - 9600

B4 - 19200

### Czytanie poszczególnych pomiarów

Komenda	Pomiar
D	bieżąca wartość na lewym wyświetlaczu
D0	W
D1	VA
D2	V
D3	A
D4	$\varphi$
D5	Hz
D6	Wh
D7	Ws
D8	h
D9	s

### Czytanie ciągu znaków

#### Komenda

O – ciąg danych zawiera wartości w kolejności odpowiednio: s h Ws Wh Hz j A V VA W, 5-literowy status słowny (informacje o statusie pomiaru np: Lo.U.)

#### Przykład:

0038.6 000.00 41.597 00.011 000.0 000.0 00.931 01.160 01.079 01.079 00001

W przypadku napięcia stałego dla kąta fazowego i częstotliwości zapisane zostaną zera 0000.0. Gdy czas lub licznik energii zostanie przekroczony pojawi się ??????.

### Ustawienie wyświetlacza instrumentu

Komenda	Pomiar
P0	W
P1	VA
P2	V
P3	A
P4	$\varphi$



P5	Hz
P6	Wh
P7	Ws
P8	h
P9	s

### Przycisk kasowania

R – ustawienie czasu i licznika energii na zero

### Status

S – zawiera dwa znaki wartości pomiarowej i pięciodziesiętny status np. 0 6 00001

### Liczba mierzonych wartości

Wartość	Wielkość
0	W
1	VA
2	V
3	A
4	$\varphi$
5	Hz
6	Wh
7	Ws
8	h
9	s

Pięcioliterowy status jest generowany na końcu. Jego binarne oznaczenia symbolizują:

Miejsce binarne	Znaczenie
0	0 dla AC, 1 dla DC
1	1 dla Lo.A.
2	1 dla Hi.A
3	1 dla Lo.U.
4	1 dla Hi.U.
5	1 dla Lo.F.
6	1 dla Hi.F.
7	1 dla Ws przepiętnienie
8	1 dla s przepiętnienie
9	1 dla Wh przepiętnienie
10	1 dla h przepiętnienie
11	1 dla przycisk stop
12	1 dla operacja na koniec

### Wersja

V – wersja instrumentu

### Połączenie instrumentu z komputerem



## Gniazdo RS 232 w instrumencie

Pin	Sygnal	Kierunek
1	GND	-
2	Transmisja danych	In
3	Odbiór danych	Out
4	Polecenie wysłania	połączenie z 5
5	Zakończenie wysłania	połączenie z 4
7	Sygnal uziemienia	-

## Przepływ danych

Instrument	Komputer	Komputer
DB25P (male)	DB25S (female)	DB9S (female)
1-----	1	-----5
2-----	2	-----3
3-----	3	-----2
4-----	4	-----7
5-----	5	-----8
7-----	7	-----5

## Dane techniczne

### Panel czołowy

Napięcie	zakres 0..30 V	
	rozdzielczość	0,001 V for $U < 3,030$ V ( $U_{\min} = 5$ mV) 0,01 dla $U > 3$ V (z histerezą)
	dokładność	1%
	opór	1 M $\Omega$
Natężenie	zakres 0..10 A	
	rozdzielczość	0,001 A dla $I < 1,020$ A 0,01 A dla $I > 1$ A (z histerezą)
	dokładność	1%
	opór	30 m $\Omega$
Moc rzeczywista	zakres 0..300 W	
	wyświetlacz	0,001W dla $P < 10$ W 00,01W for $P \geq 10$ W 000,1W for $P \geq 100$ W
	$U_{\min}$	0,03 V dla DC 0,3V dla AC
	$I_{\min}$	0,1A dla AC
Moc chwilowa	zakres 0..300 VA	
	wyświetlacz	0,001 W for $P < 10$ VA 00,01 W for $P \geq 10$ VA 000,1 W for $P \geq 100$ VA
	$U_{\min}$	0,03 V dla DC 0,3V dla AC
	$I_{\min}$	0,1A dla AC
Kąt fazowy	zakres -90 u ... +90 u	
	wyświetlacz	01 z sygnałem, d.C. dla DC
	$U_{\min}$	0,03 V dla DC 0,3V dla AC
	$I_{\min}$	0,1A dla AC
Częstotliwość	zakres 20..2000 Hz	



		wyświetlacz d.C. dla DC	
		0,1 Hz dla $f < 200$ Hz	
		1 Hz dla $f \geq 200$ Hz	
		$U_{\min} 0,03$ V dla DC	
		$U_{\min} 0,3$ V dla AC.	
Analogowe wyjście (lewy wyświetlacz)			
0..10 V	0..30 V		
		0..10 A	
		0..300 W	
		0.. 300 VA	
		0..1000 Hz	
Panel tylny			
Napięcie	zakres 30..230 V		
		rozdzielczość	0,1 V
		dokładność 1%	
		opór 1 M $\Omega$	
Natężenie	zakres 0..10 A		
		wyświetlacz	0,01 A
		dokładność 1%	
		opór 30 m $\Omega$	
Moc rzeczywista	zakres 0..2400 W		
		wyświetlacz	0,001W dla $P < 10$ W
			00,01W for $P \geq 10$ W
			0001W for $P \geq 100$ W
		$U_{\min} 30$ V	
		$I_{\min} 0,1$ A	
Moc chwilowa	zakres 0..2400 VA		
		wyświetlacz	0,001 W for $P < 10$ VA
			00,01 W for $P \geq 10$ VA
			000,1 W for $P \geq 100$ VA
			0001 W dla $P \geq 1000$ VA
Kąt fazowy	zakres -90 u ... +90 u		
		wyświetlacz 01 z sygnałem	
		$U_{\min} 30$ V	
		$I_{\min} 0,1$ A	
Częstotliwość	zakres 45..65 Hz		
		wyświetlacz 0,1	
		$U_{\min} 30$ V	
Analogowe wyjście (lewy wyświetlacz)			
0..10 V	0..30 V		
		0..10 A	
		0..3000 W	
		0.. 3000 VA	
Energia	0..9999 Ws lub 0..9999 Wh		
Czas	0..9999 s lub 0..9999 h		
Wyjście analogowe	0..10 V / 10 mA		