

**POLITECHNIKA ŚLĄSKA W GLIWICACH
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA i ENERGETYKI
INSTYTUT MASZYN i URZĄDZEŃ ENERGETYCZNYCH**

Turbina parowa I

Laboratorium pomiarów maszyn cieplnych

(PM – 7)

Opracował: dr inż. Grzegorz Wiciak
Sprawdził: dr hab. inż. Janusz Kotowicz
Zatwierdził: dr hab. inż. Janusz Kotowicz

1. Cel i zakres ćwiczenia.

W celu stwierdzenia efektywności energetycznej siłowni cieplnej prowadzi się badania dające ocenę sprawności siłowni lub poszczególnych maszyn i urządzeń. Badania ujawniają wady konstrukcyjne, technologiczne, wady montażowe i wady eksploatacyjne i mają na celu wyeliminowanie usterek technicznych w badanej maszynie, jak również unikanie ich w kolejnych konstruowanych egzemplarzach. Ponadto ewentualne wprowadzenie modyfikacji do sposobu eksploatacji maszyny. Do badań którym podlegają turbiny parowe zaliczamy:

- *Badania w wytwórni. Turbina zmontowana w stacji prób wytwórni jest sprawdzana pod względem poprawności konstrukcji, prawidłowości wykonania i montażu, ustawienia regulacji.*
- *Badania odbiorcze. Celem badań odbiorczych jest sprawdzenie na miejscu użytkowania turbiny utrzymania przez dostawcę ustalonych w umowie wymagań. Ogólne wymagania są podane w PN-71/M.-35520 „Turbiny parowe, Wymagania i badania odbiorcze”.*
- *Badania okresowe – wykonywane zgodnie z instrukcją obsługi turbiny w celu zapewnienia prawidłowego działania turbiny.*
- **Badania specjalne – wykonywane przez zespoły naukowe w celu wyjaśnienia wybranych zagadnień.**

Badania dydaktyczne (specjalne) turbiny parowej (oraz maszyn i urządzeń towarzyszących), prowadzone w laboratorium Hali Maszyn Ciepłych mają na celu:

- praktyczne poznanie podstawowych własności maszyn i urządzeń elektrowni cieplnej przez uczestniczenie w rozruchu i prowadzeniu ruchu tych maszyn,
- wykonanie pomiarów (specjalnych) celem oszacowanie efektywności energetycznej
- sporządzenie bilansów energii.

Wszystkie parametry, których zmiany mogą wpływać na wynik badania, powinny być ustabilizowane i utrzymywane w czasie badania w określonych granicach – PN-71/M-35520.

Wielkości mierzone wybranych parametrów w czasie badania to:

- Moc elektryczna,
- Zużycie pary,
- Temperatura i ciśnienie pary przed zwężką,
- Temperatura i ciśnienie pary dolotowej,
- Ilość wody chłodzącej,
- Temperatura wody chłodzącej na wlocie do skraplacza,
- Temperatura wody chłodzącej na wylocie do skraplacza,
- Ciśnienie w skraplaczu,
- Ciśnienie barometryczne,
- Temperatura w miejscu pomiaru ciśnienia barometrycznego

1.2 Warunki pracy turbiny w czasie badania

Celem właściwej ekonomicznej eksploatacji turbiny parowej należy zapewnić parametry eksploatacyjne maszyny zgodnie wymogami jakie dostarczył dostawca turbiny

Dane techniczne badanej turbiny

Turbina kondensacyjna bez upustu pary – typ VTG – 15/12

Producent – Hick Hargreaves (Wielka Brytania)

Rok produkcji – 1943

Moc maksymalna trwała – 650 kW

Moc ekonomiczna – 520 kW

Prędkość obrotowa turbiny – 6000 obr/min

Prędkość obrotowa generatora – 1500 obr/min

Ciśnienie znamionowe manometryczne pary – 1,5 MPa (15 ata)

Temperatura znamionowa pary – 300 °C

1.3 Badania właściwe

W czasie badania turbina powinna znajdować się w ruchu ustabilizowanym, który charakteryzuje się tym, że wskazania przyrządów pomiarowych zmieniają się nieznacznie, wahając się w pobliżu pewnej wartości. Dopuszczalne odchylenia wartości pomiarowych od średniej mierzonej dla badań odbiorczych podaje tabela poniżej

Wielkość	Dopuszczalne odchylenia wartości średniej od znamionowej.	Dopuszczalne wahania od wartości średniej
Ciśnienie pary dolotowej	±5%	±2%
Temperatura pary dolotowej	±8K	±6K
Ciśnienie pary wylotowej	+25%; -10%	±5%
Prędkość obrotowa	±2%	±1%
Moc	±5%	±3%
Temperatura wody chłodzącej na wlocie do skraplacza	±5%	±1%
Ilość wody chłodzącej	±10%	-

Dobrym sprawdzianem ustalenia się warunków pracy turbiny jest wykres obserwowanych wielkości w funkcji czasu, zwłaszcza:

- wykres zużycia pary,
- wykres mocy,
- wykres próżni w skraplaczu,
- wykres temperatury wody chłodzącej na dopływie skraplacza.

Przebieg poszczególnych wykresów daje miarę ustalenia się warunków pracy turbiny. Po stwierdzeniu ruchu ustalonego turbiny rozpoczyna się pomiar właściwy. W ustalonych wcześniej, regularnych odstępach czasu dokonuje się jednocześnie odczytów wskazań przyrządów

pomiarowych, które zapisuje się na przygotowanym formularzu. Przy każdej próbie zwykle dokonuje się 10 ÷ 15 odczytów co 1÷5 minut. Odczyty przy pomiarach mocy i strumienia przepływu należy wykonywać z takimi przerwami, aby średnia wartość wszystkich wskazań nie różniła się więcej niż o 1% od średniej z wszystkich zapisów parzystych i nieparzystych. Moment dokonywania pomiaru sygnalizuje się w umówiony sposób – odczyty prowadzi każdy z uczestników ćwiczenia według własnego zegarka w uzgodnionych momentach.

Czas trwania badania, liczony od chwili ustalenia się równowagi, wynosi $\frac{1}{2} \div 1$ h w zależności od stopnia stałości warunków. Czas trwania badania do określenia mocy może być krótszy jednak nie mniejszy niż 15 minut.

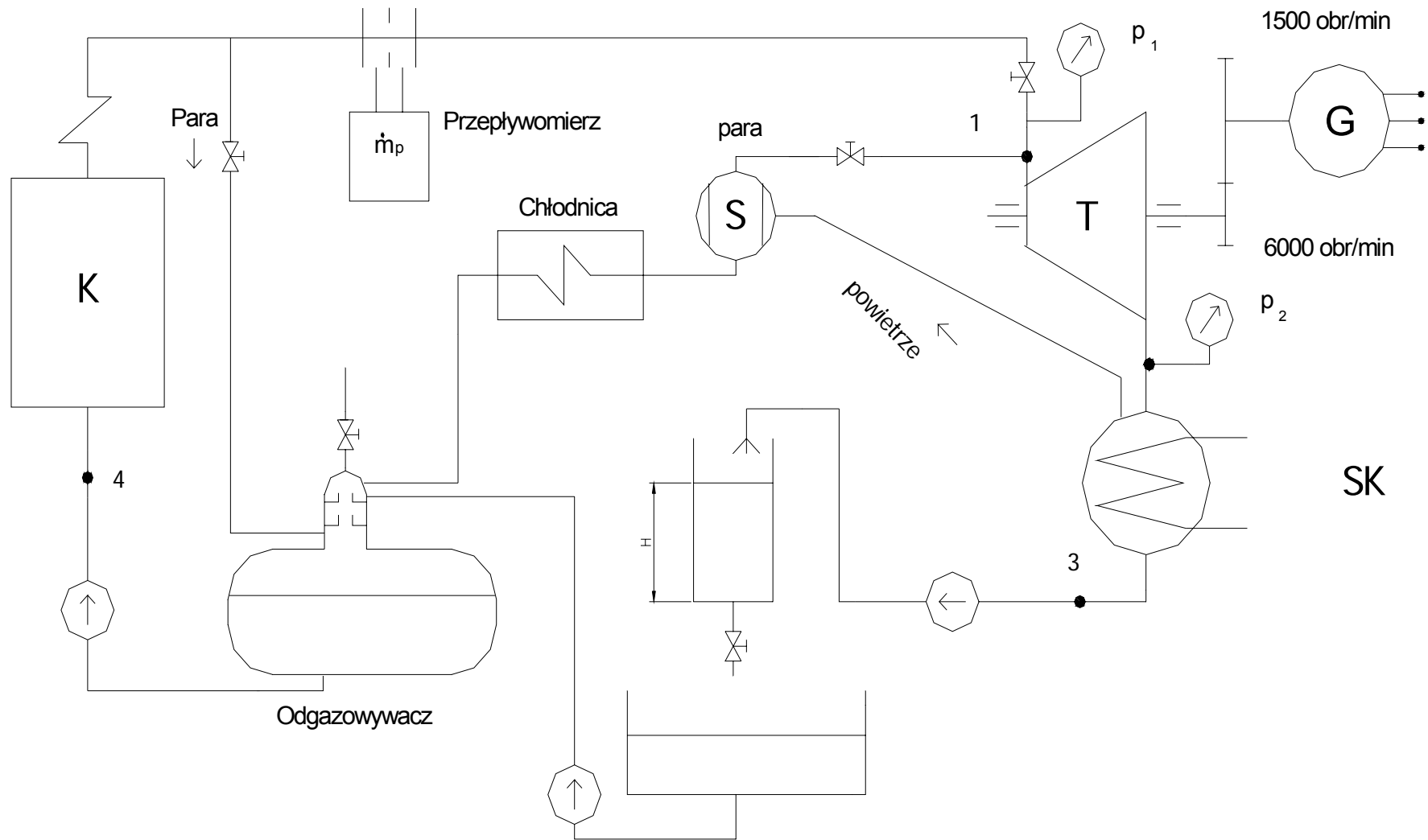
Po zakończeniu pomiarów przeprowadza się wstępną analizę wyników oraz obliczenia, Anie udane pomiary należy powtórzyć.

Podstawą do obliczeń są średnie arytmetyczne z pomiarów. Przy pomiarach strumienia masy pary i wody za pomocą zwężek z podłączonymi manometrami różnicowymi wartość średnią spiętrzenia oblicza się jako średnią arytmetyczną pierwiastków kwadratowych poszczególnych wskazań. W przypadku kiedy, wahania poszczególnych wskazań w stosunku do wartości średniej nie przekraczają 2,5% dopuszcza się obliczanie wartości jako średniej wartość.

Obliczenia poszukiwanych wielkości prowadzi się według zależności podanych w drugiej części instrukcji.

1.4 Schemat połączeń rurociągów i układu pomiarowego badanej turbiny

Uproszczony schemat układu cieplnego turbiny wraz z naniesionymi punktami pomiarowymi przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1 Schemat układu cieplnego badanej turbiny 650 kW

Tabela 1 Tabela pomiarowa.

Wyniki pomiarów turbiny parowej 650 kW

Nr pomiaru	Czas zegarowy h, min	Moc elektr. P_{el} MW	Ciśn. pary p_1 kG/cm ² manometryczne	Temp. pary t_1 °C	Ciśn. skroplin p_2 mmHg manometryczne	Temp. skroplin t_3 °C	Temp. wody chłodz. t_4 °C	Temp. wody chłodz. t_5 °C	Ciśnienie pary przed kryzą p_{1k} kG/cm ² manometryczne	Różnica ciśnień na kryzie ΔH_k mm Hg – H ₂ O	Poziom wody w zbiorniku u H cm	Uwagi
1	14 ⁴³	0,20	9,6	252	490	36,0	12,0	21,5	9,8	90	0	8 — 5 Okres bilansowania
2	14 ⁴⁸	0,32	10,0	272	670	39,0	12,0	21,5	10,2	130	37,8	
3	14 ⁵³	0,22	8,9	272	580	36,5			9,1	92	65,5	
4	14 ⁵⁸	0,22	9,5	268	520	35,5			9,7	92	-	
5	15 ⁰³	0,32	10,6	272	690	38,5			10,8	102	9	
6	15 ⁰⁸	0,32	15,1	284	680	34,5			15,3	110	37	
7	15 ¹³	0,26	13,5	284	680	38,0			13,7	98	64	
8	15 ¹⁸	0,21	14,5	278	680	37,0			14,7	80	85	
9	15 ²³	0,24	15,5	278	690	37,0			15,7	86	20	
Średnie wartości wyników pomiaru dla zaznaczonego okresu bilansowania (wiersze 5 do 8)												
		0,2775	13,425	279,5	682,5	37,0			13,625	97,5		