

Korzystając z zależności podanych w p.10.2 i 10.3, można obliczyć sprawność kotła i procentowy udział poszczególnych strat. Wyniki bilansu można przedstawić graficznie na wykresie Sankey'a (rys.10.2). W przypadku wykonywania bilansów cieplnych kotła dla kilku wybranych wielkości obciążenia, istnieje możliwość sporządzenia wykresu sprawności w zależności od obciążenia  $\eta = f(Q_D)$  i określenia sprawności maksymalnej kotła.

Sposób określenia błędów pomiarów omówiono dokładnie w normie PN-72/M-34128.

## 11. BADANIE WENTYLATORÓW

Wentylatory są maszynami roboczymi, które przetwarzają energię mechaniczną przekazaną im przez wał silnika napędowego na energię potencjalną (ciśnienia) i energię kinetyczną powietrza (gazu). Pod względem konstrukcyjnym wentylatory dzielą się na promieniowe i osiowe. W maszynach promieniowych kierunek przepływu czynnika zmienia się z równoległego na prostopadły, natomiast w osiowych przepływ jest równoległy do osi wirnika.

Celem badania wentylatorów jest wyznaczenie ich charakterystyki. W zasadzie rozróżnia się dwa rodzaje badań wentylatorów:

Badania pełne, których celem jest dokładna ocena wentylatora pod względem budowy, wykonania, zastosowanych materiałów i uzyskania założonych wielkości charakterystycznych,

Badania niepełne, które obejmują: sprawdzenie wymiarów, sprawdzenie silnika, pomiar hałasu oraz sprawdzenie parametrów pracy wentylatora w określonych warunkach aerodynamicznych.



otworu dolotowego przewodu (w przekroju 0-0 prędkość  $c_0$  praktycznie równa jest zeru).

Pomijając stratę wlotową powietrza jako bardzo małą, równanie Bernoulliego dla przekroju 0-0 i 1-1 przyjmie następującą postać

$$p_{s0} + \frac{c_0^2 \rho}{2} = p_{s1} + \frac{c_1^2 \rho}{2}.$$

Ponieważ  $p_{s0} = p_b$  i  $\frac{c_0^2 \rho}{2} = 0$ , gdyż  $c_0 = 0$ ,  
więc

$$p_{s0} = p_b = p_{s1} + \frac{c_1^2 \rho}{2},$$

zatem

$$p_{s1} = p_b - \frac{c_1^2 \rho}{2} = p_b - p_d'. \quad (11.1)$$

Z powyższego równania wynika, że ciśnienie statyczne w przekroju dolotowym jest zawsze mniejsze od ciśnienia atmosferycznego, ponieważ ciśnienie dynamiczne ma zawsze wartość dodatnią.

Przekształcając równanie (11.1), otrzymuje się

$$p_{s1} - p_b = -p_d'$$

lub

$$p_{s1}' = -p_d', \quad (11.2)$$

gdzie:  $p_{s1}'$  - względne ciśnienie statyczne, czyli ciśnienie statyczne odniesione do ciśnienia atmosferycznego.

Znak minus przy dodatniej wartości  $p_d'$  wskazuje, że względne ciśnienie statyczne w otworze dolotowym jest ujemne; czyli w przekroju dolotowym występuje podciśnienie statyczne.

Ciśnienie całkowite w przekroju 1-1 jest równe ciśnieniu atmosferycznemu, gdyż

$$p_{s1} + \frac{c_1^2 \rho}{2} = p_b. \quad (11.3)$$

Rozpatrując przepływ powietrza wzdłuż przewodu  $l_s$  należy stwierdzić, że ciśnienie całkowite czynnika maleje, ponieważ część energii powietrza zostaje zużyta na pokonanie oporów przepływu. W króćcu ssawnym wentylatora ciśnienie powietrza całkowite będzie równe

$$p_{c_s} = p_b - R_t l_s, \quad (11.4)$$

gdzie:

$R_t$  - jednostkowa strata ciśnienia, Pa/m,

$l_s$  - długość przewodu ssawnego, m.

Ponieważ

$$c_1 = c_s,$$

więc

$$p_{c_s} = p_b - R_t l_s = p_{ss} + \frac{c_1^2 \rho}{2}.$$

A zatem

$$p_{ss} = p_b - R_t l_s - \frac{c_1^2 \rho}{2} = p_b - p_s'. \quad (11.5)$$

W przekroju 2-2 przewodu tłocznego ciśnienie statyczne

$p_{s2} = p_b$ , więc

$$p_{c2} = p_b + \frac{c_2^2 \rho}{2} = p_b + p_d''. \quad (11.6)$$

W króćcu tłocznym wentylatora w przekroju T-T, zgodnie z równaniem Bernoulliego, całkowite ciśnienie powietrza musi być równe

$$p_{ct} = p_{c2} + R_t l_t = p_b + R_t l_t + p_d'' = p_b + p_c'', \quad (11.7)$$

przy czym  $R_t l_t = p_s''$ .

Dla spowodowania przepływu powietrza o określonym strumieniu masy, wentylator musi zatem przekazać powietrzu:

- energię potrzebną dla pokonania oporów przepływu powietrza w przewodzie ssawnym i tłocznym, czyli

$$R_t l_s + R_t l_t = R_t l,$$

- energię kinetyczną wypływu strumienia powietrza z otworu wylotowego.

Energia ta nosi nazwę względnego ciśnienia całkowitego w przepływie powietrza lub spiętrzenia całkowitego wentylatora i jest równa

$$\Delta P_c = p_{c_t} - p_{c_s} = p_c' + p_c'', \quad (11.8)$$

gdzie:

$p_{c_t}$  - ciśnienie całkowite w króćcu tłocznym wentylatora, Pa,

$p_{c_s}$  - ciśnienie całkowite w króćcu ssawnym wentylatora, Pa,

$p_c'$  - podciśnienie całkowite w króćcu ssawnym, Pa,

$p_c''$  - nadciśnienie całkowite w króćcu tłocznym, Pa.

Ponieważ zwykle w króćcu ssawnym wentylatora mierzone jest podciśnienie statyczne  $p_s$ , a w króćcu tłocznym nadciśnienie statyczne  $p_s''$ , więc wartość spiętrzenia całkowitego  $\Delta P_c$  oblicza się wg wzoru

$$\Delta P_c = \Delta P_s + \Delta P_d = p_s' + p_s'' + \rho \frac{c_t^2 - c_s^2}{2}, \quad \text{Pa} \quad (11.9)$$

gdzie:

$\Delta P_s$  - spiętrzenie statyczne wentylatora (względne ciśnienie statyczne w przepływie), Pa,

$\Delta P_d$  - spiętrzenie dynamiczne, Pa,

$p_s'$  - podciśnienie statyczne w króćcu ssawnym, Pa,

$p_s''$  - nadciśnienie statyczne w króćcu tłocznym, Pa,

$\rho$  - gęstość powietrza,  $\text{kg/m}^3$ ,

$c_t$  - prędkość przepływu powietrza w króćcu tłocznym, m/s,

$c_s$  - prędkość przepływu powietrza w króćcu ssawnym, m/s.

## 11.2. WIELKOŚCI CHARAKTERYSTYCZNE WENTYLATORA

### 11.2.1. WIELKOŚCI CHARAKTERYZUJĄCE PRACĘ WENTYLATORA

Zgodnie z normą PN-64/M-43001 oraz normami związanymi, głównymi wielkościami charakteryzującymi pracę wentylatora o stałej lub skokowo regulowanej prędkości obrotowej wirnika wentylatora są:

- 1) wydajność wentylatora (objętość strumienia masy powietrza)  $\dot{V}$ , przy równoczesnym określeniu absolutnego ciśnienia statycznego, temperatury i wilgotności względnej powietrza,
- 2) spiętrzenie całkowite wentylatora (względne ciśnienie całkowite w przepływie)  $\Delta p_c$ ,
- 3) spiętrzenie statyczne wentylatora (względne ciśnienie statyczne w przepływie)  $\Delta p_s$ ,
- 4) moc pobierana przez wentylator (moc na wale wentylatora)  $N$ ,
- 5) moc użyteczna wentylatora  $N_u$ ,
- 6) sprawność całkowita wentylatora  $\eta_c$ ,
- 7) prędkość obrotowa wirnika wentylatora lub częstość obrotów wirnika  $n$ .

### 11.2.2. ZREDUKOWANE WIELKOŚCI CHARAKTERYZUJĄCE PRACĘ WENTYLATORA

Przed wykreśleniem całkowitej charakterystyki wentylatora, wielkości rzeczywiste charakteryzujące pracę wentylatora podane w p.11.2.1 należy sprowadzić (zredukować) do warunków nominalnych. Jako warunki nominalne przyjmuje się:

- gęstość powietrza przy ciśnieniu normalnym 101 325 Pa, temperaturze 20°C i wilgotności względnej około 50%; wartość gęstości wynosi wówczas:  $\rho_n = 1,20 \text{ kg/m}^3$ ,

- nominalną prędkość obrotową wirnika wentylatora  $n_n$  (wg normy PN/M-43010 - projekt) prędkość ta nie powinna różnić się więcej niż o  $\pm 2\%$  od prędkości obrotowej wirnika podczas pomiarów).

Rzeczywiste wielkości charakteryzujące pracę wentylatora, odniesione do warunków nominalnych, można obliczyć za pomocą wzorów:

objętość strumienia masy powietrza

$$\dot{V}_n = \dot{V} \frac{n_n}{n}, \quad \text{m}^3/\text{s}, \quad (11.10)$$

spiętrzenie całkowite wentylatora

$$\Delta p_{c_n} = \Delta p_c \left( \frac{n_n}{n} \right)^2 \frac{\rho_n}{\rho}, \quad (11.11)$$

moc na wale wentylatora

$$N_n = N \left( \frac{n_n}{n} \right)^3 \frac{\rho_n}{\rho}, \quad (11.12)$$

sprawność całkowita wentylatora nie ulega w przybliżeniu zmianie

$$\eta_{c_n} = \eta_c, \quad (11.13)$$

gdzie:

$\dot{V}$  - zmierzona objętość strumienia masy powietrza,  $\text{m}^3/\text{s}$ ,

$n$  - zmierzona prędkość obrotowa wirnika wentylatora,  $1/\text{s}$ , obr/min.

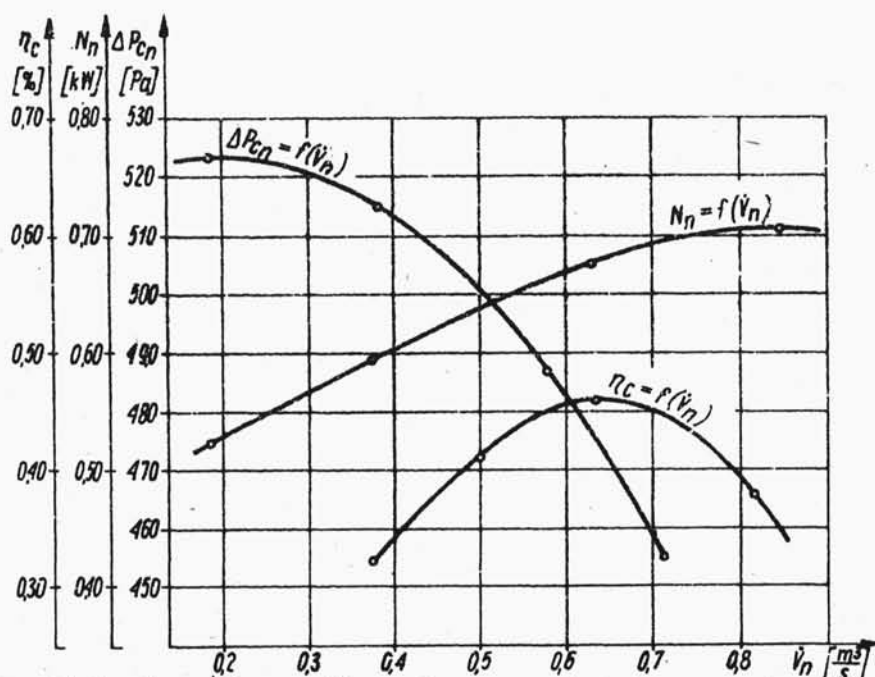
$\Delta p_c$  - zmierzone spiętrzenie całkowite wentylatora przy prędkości obrotowej  $n$  i gęstości powietrza  $\rho$ , Pa,

$\rho$  - zmierzona gęstość powietrza,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ,

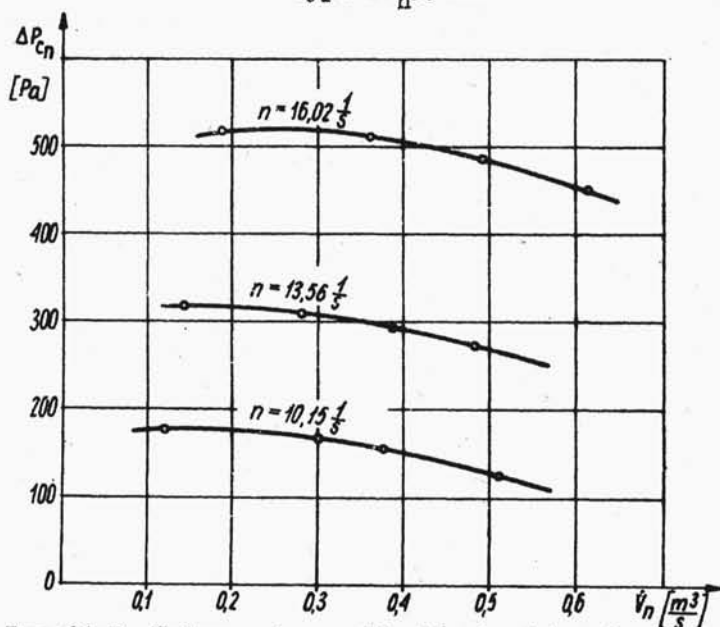
$N$  - moc na wale wentylatora przy prędkości obrotowej  $n$  i gęstości powietrza  $\rho$ , kW.

### 11.2.3. CHARAKTERYSTYKI WENTYLATORA

Celem badania wentylatorów jest sporządzenie ich charakterystyk. Właściwości wentylatora i jego przydatność do pracy w określonych warunkach najlepiej można ocenić po wykonaniu wykresów zredukowanych wielkości: spiętrzenia całkowitego  $\Delta p_{c_n}$ , pobranej mocy przez wentylator  $N_n$  oraz sprawności całkowitej w zależności od wydajności wentylatora (objętości strumienia masy powietrza)  $\dot{V}_n$ . Zespół tych krzywych naniesionych na jeden wspólny wykres przedstawia całkowitą charakterystykę wentylatora. Całkowitą charakterystykę wentylatora promieniowego typu FK<sub>n</sub> 35 III pokazano na rys.11.2.



Rys.11.2. Charakterystyki wymiarowe wentylatora promieniowego typu FK<sub>n</sub>35III



Rys.11.3. Wpływ zmiany liczby obrotów wirnika na wartość spiętrzenia całkowitego oraz wydajność wentylatora typu FK<sub>n</sub>35III



Zależność spiętrzenia całkowitego  $\Delta p_{c_n}$ , od wydajności wentylatora  $\dot{V}_n$  podawana jest dla stałej liczby obrotów. Ponieważ przy zmianie liczby obrotów otrzymuje się inną wielkość charakterystyczną, na rys. 11.3 pokazano trzy krzywe dla różnych częstotliwości obrotów wirnika wentylatora.

### 11.3. POMIAR WIELKOŚCI CHARAKTERYSTYCZNYCH

#### 11.3.1. POMIAR WYDAJNOŚCI WENTYLATORA

Wydajność wentylatorów (objętość strumienia masy przetłaczanego powietrza) mierzy się najczęściej w sposób pośredni przez zastosowanie: zwężek pomiarowych, rurek spiętrzających lub anemometrów skrzydełkowych.

Metodyka pomiaru strumienia masy gazu przy użyciu tych przyrządów została opisana w rozdziale 8. W przypadku zastosowania zwężek pomiarowych można wykonywać pomiary zarówno w przewodach o przekroju kołowym, jak i prostokątnym. W przewodzie pomiarowy należy wówczas zamontować kryzy ISA z pomiarem przytarczowym lub "vena contracta" oraz dysze ISA, ponieważ tylko te rodzaje zwężek można używać do pomiarów dokładnych.

Spośród rurek spiętrzających najwygodniej jest zastosować pierścienie Recknagla, za pomocą którego wyznacza się bezpośrednio średnie ciśnienie dynamiczne oraz uśrednione podciśnienie statyczne przepływającego powietrza.

Anemometry skrzydełkowe mogą być stosowane tylko wówczas, gdy pole poprzecznego przekroju przewodu jest dostatecznie duże (około  $0,4 \text{ m}^2$ ). Ponadto przystosowane są one jedynie do pomiarów strumienia masy gazu w przewodach na tłoczeniu wentylatora. W przypadku użycia ich do pomiaru w przewodzie dolotowym (ssawnym), liczydło anemometru znajduje się za płaszczyzną otworu dolotowego przewodu i nie można dokładnie pomierzyć prędkości średniej wpływającego powietrza.

W dokładnych pomiarach objętość strumienia masy powietrza należy mierzyć przed i za wentylatorem. Jako wartość rzeczywistą przyjmuje się wówczas wartość średnią obydwu pomiarów.

### 11.3.2. POMIAR CAŁKOWITEGO SPIĘTRZENIA WENTYLATORA

Całkowite spiętrzenie wentylatora należy obliczyć za pomocą wzoru (11.9). Założono tu, że gęstość powietrza przed i za wentylatorem jest taka sama (niewielkie spiętrzenie ciśnienia).

Przedtem jednak należy wykonać pomiar podciśnienia statycznego  $p'_s$  oraz nadciśnienia statycznego  $p''_s$ , a także ciśnienia dynamicznego na króćcu ssawnym i tłocznym wentylatora. W celu określenia ciśnienia dynamicznego czynnika w dowolnym przekroju przewodu, wystarczy zmierzyć prędkość średnią w jednym przekroju, a następnie w innych przekrojach obliczyć prędkość z równania ciągłości strugi.

Do pomiaru względnych ciśnień statycznych:  $p'_s$  i  $p''_s$  należy wykonać cztery otwory impulsowe w ścianie przewodu wg PN-65/M-53950 rozstawione co  $90^\circ$  lub w przypadku przewodów prostokątnych - w środku każdego boku przekroju. Następnie rurki impulsowe należy połączyć wspólnym kolektorem i średni impuls ciśnienia odprowadzić do U-rurki lub mikromanometru.

Dla określenia gęstości powietrza należy zmierzyć jego temperaturę, bezwzględne ciśnienie statyczne oraz wilgotność względną, a następnie za pomocą nomogramu pokazanego na rys. 11.4 odczytać szukaną gęstość.

Gęstość powietrza wilgotnego dla ciśnienia  $p \neq p_0$  wynosi

$$\rho_1 = \rho_0 \frac{p_1}{p_0}, \quad \text{kg/m}^3,$$

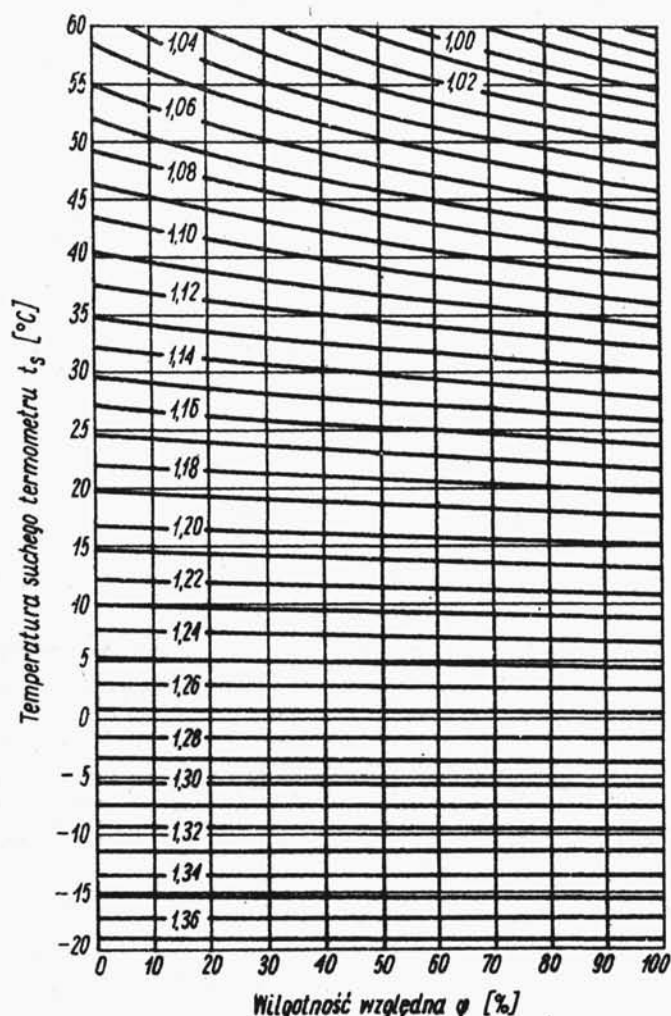
przy czym

$$v_1 = \frac{1}{\rho_1}, \quad \text{m}^3/\text{kg}.$$

Objętość właściwą można obliczyć również ze wzoru

$$v_1 = \frac{462(0,622 + x) \cdot T}{(1 + x) \cdot R_0}, \quad \text{m}^3/\text{kg}.$$

Do pomiaru temperatury w przewodach stosuje się najczęściej termometry rtęciowe. Mogą być stosowane również termometry elektryczne oporowe oraz termoelementy.



Rys.11.4. Gęstość powietrza wilgotnego w zależności od  $t_s$ , (wykres sporządzono dla  $p_0 = 100$  k Pa)

Wilgotność względną powietrza można zmierzyć metodą psychrometryczną podaną w rozdziale 7.

#### 11.3.3. POMIAR MOCY POBIERANEJ PRZEZ WENTYLATOR (MOC NA WALE WENTYLATORA, NAPĘDZANEGO ZA POMOCĄ SILNIKA ELEKTRYCZNEGO)

W przypadku bezpośredniego sprzężenia silnika elektrycznego z wentylatorem moc na wale wentylatora  $N$  można policzyć wg wzoru

$$N = \eta_s N_s, \quad (11.14)$$

gdzie:

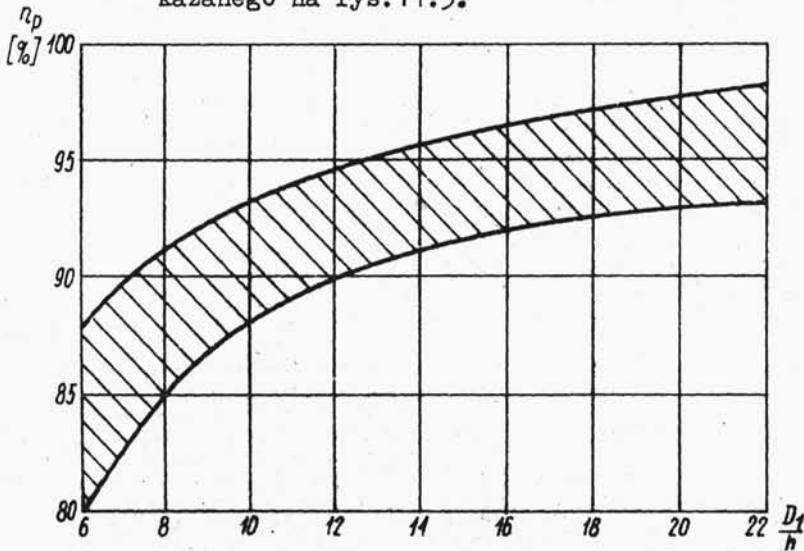
$\eta_s$  - sprawność silnika,

$N_s$  - moc pobierana przez silnik, W.

Gdy pomiędzy wałem wentylatora a silnikiem znajduje się przekładnia, wówczas moc pobieraną przez wentylator należy określić wg wzoru:

$$N = \eta_s \eta_p N_s, \quad (11.15)$$

gdzie:  $\eta_p$  - sprawność przekładni określa się z wykresu pokazanego na rys.11.5.



Rys.11.5. Sprawność przekładni pasowej  $\eta_p$  w funkcji  $D_1/h$  ( $D_1$  - średnica najmniejszego koła pasowego, mm,  $h$  - wysokość pasa, mm)

Moc silnika  $N_s$  zasilanego prądem przemiennym trójfazowym można zmierzyć bezpośrednio za pomocą watomierzy wieloukładowych. W przypadku silników trójfazowych moc  $N_s$  można również zmierzyć przy użyciu tylko jednego watomierza jednoukładowego, przy czym wskazania watomierza należy pomnożyć przez 3. Ten sposób pomiaru mocy czynnej stosuje się tylko wówczas, gdy wszystkie trzy fazy są jednakowo obciążone. Ta-

kie właśnie symetryczne obciążenie powinno występować w przypadku silników elektrycznych. Schemat układu pomiarowego przy użyciu jednego watomierza pokazano na rys.11.6.

Sposób pomiaru mocy z watomierzami wieloukładowymi jest jednak znacznie dokładniejszy, gdyż nigdy nie występuje obciążenie trzech faz idealnie jednakowo.

Sprawność całkowitą wentylatora oblicza się wg wzoru

$$\eta_c = \frac{N_u}{N}, \quad (11.16)$$

gdzie:

$N_u$  - moc użyteczna, W,

$N$  - moc na wale wentylatora, W.

W pomiarach dokładnych moc użyteczną wentylatora należy obliczyć wg wzoru

$$N_u = \dot{m} \left[ (i_t - i_s)_s + \frac{c_t^2}{2} - \frac{c_s^2}{2} \right], \quad W, \quad (11.17)$$

gdzie:

$\dot{m}$  - wydajność wentylatora (strumień masy powietrza), kg/s,

$(i_t - i_s)_s$  - izentropowy przyrost entalpii czynnika między płaszczyznami wlotu i wylotu wentylatora, J/kg,

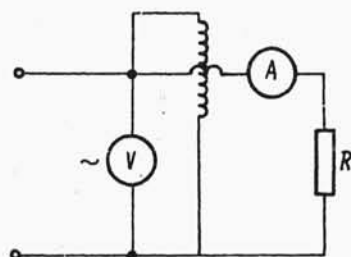
$c_s$  i  $c_t$  - prędkości powietrza w płaszczyźnie wlotu i wylotu wentylatora, m/s.

Izentropowy przyrost entalpii powietrza można wyznaczyć z tablic lub wykresów, w zależności od parametrów określających stan powietrza w płaszczyznach wlotu oraz wylotu wentylatora. Poza tym przyrost ten można określić ze wzoru

$$(i_t - i_s)_s = \frac{k}{k-1} \frac{p_{ss}}{\rho} \left[ \left( \frac{p_{st}}{p_{ss}} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right], \quad J/kg, \quad (11.18)$$

gdzie:

$k$  - współczynnik izentropy (dla powietrza  $k = 1,4$ ),



Rys.11.6. Schemat pomiaru mocy jednofazowego prądu zmiennego za pomocą jednego watomierza

- $P_{ss}$  - bezwzględne ciśnienie statyczne powietrza w płaszczyźnie wlotu wentylatora, Pa,  
 $P_{st}$  - bezwzględne ciśnienie statyczne powietrza w płaszczyźnie wylotu wentylatora, Pa,  
 $\rho$  - gęstość powietrza,  $\text{kg/m}^3$ .

Dla pomiarów mniej dokładnych moc użyteczną wentylatora określa się z zależności:

$$N_u = \Delta p_c \dot{V}, \quad W, \quad (11.19)$$

gdzie:

- $\Delta p_c$  - spiętrzenie całkowite wentylatora, Pa,  
 $\dot{V}$  - wydajność wentylatora (objętość strumienia masy powietrza),  $\text{m}^3/\text{s}$ .

A zatem sprawność całkowita wentylatora jest równa.

$$\eta_c = \frac{\Delta p_c \dot{V}}{N}. \quad (11.20)$$

#### 11.3.4. POMIAR PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ

Dla pomiaru prędkości obrotowej wału, na którym osadzony jest wirnik wentylatora, stosuje się obrotomierze elektro-niczne lub liczniki obrotów połączone z sekundomierzem. Wykonuje się co najmniej trzy pomiary prędkości obrotowej, a mianowicie na początku właściwego pomiaru; w środku i na końcu.

#### 11.4. PRZYGOTOWANIE STANOWISKA I PRZEPROWADZENIE BADAŃ WENTYLATORA

Schemat stanowiska do badania wentylatora promieniowego typu FKn 35 III pokazano na rys.8.23. Układ pomiarowy musi być wyposażony w przepustnice powietrza o różnej średnicy dla wymuszenia zmiany wydajności wentylatora. Pomiarowe przewody powietrzne powinny być proste o kołowym przekroju poprzecznym. W przypadku wykonywania pomiarów w przewodzie ssawnym, wlot powietrza do kanału powinien mieć kształt dyszy. Ponadto odległość środka otworu wlotowego od ścian, posadzki lub stropu pomieszczenia pomiarowego, powinna wynosić co najmniej dwie średnice kanału. Długość odcinka pomiarowego powinna być taka,

aby wszystkie przyrządy do pomiaru wielkości charakteryzujących pracę wentylatora zamontowane były zgodnie ze wszystkimi wymaganiami.

Pomiar przeprowadza się przy czterech różnych prędkościach obrotowych wirnika wentylatora. Warunkiem rozpoczęcia pomiarów jest ustalenie się wartości wszystkich termodynamicznych wielkości przepływającego powietrza. Badania przeprowadza się wykonując co najmniej 10 pomiarów w możliwie równych odstępach czasu od maksymalnego dławienia do maksymalnej wydajności. Odczyty powinny być dokonywane jednocześnie we wszystkich punktach pomiarowych.

### 11.5. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIAROWYCH

Przy opracowaniu wyników w celu wykreślenia całkowitej charakterystyki wentylatora, wielkości charakteryzujące pracę należy zredukować do warunków nominalnych za pomocą następujących wzorów: (11.10), (11.11), (11.12).

Zgodnie z projektem normy PN/M-43010, przy pomiarach dokładnych wartości liczbowe wielkości zmierzonych należy określać z dokładnością  $\pm 0,2\%$ , a w pomiarach technicznych z dokładnością do  $\pm 0,5\%$ . Należy zatem bardzo dokładnie wyznaczyć wszystkie błędy, które występują w czasie pomiaru. Dlatego też w przypadku wykonywania dokładnych pomiarów wszystkie błędy wielkości mierzonych należy obliczać zgodnie ze schematem podanym w tej normie.

### 11.6. PRZYKŁAD BADANIA WENTYLATORA

Schemat układu pomiarowego, który zastosowano do badania wentylatora promieniowego, pokazano na rys.8.23.

Badania przeprowadzono dla dwóch różnych prędkości obrotowych wirnika wentylatora, przy czym silnik z wałem wentylatora połączony jest poprzez przekładnię pasową. Objętość strumienia masy powietrza zmieniano za pomocą pięciu przepustnic o różnych średnicach.

Dane znamionowe wentylatora:

typ: FKn 35 III, nr fabr. 933,



wydajność:  $2500 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

pole powierzchni otworu ssawnego:  $F_s = 0,0962 \text{ m}^2$ ,

pole powierzchni otworu tłocznego:  $F_t = 0,0996 \text{ m}^2$ .

Dane znamionowe silnika elektrycznego:

nr fabr. 906 13171,

moc:  $N_s = 1,5 \text{ kW}$ ,

liczba obrotów:  $n = 1500 \text{ obr/min}$ ,

sprawność:  $\eta_s = 0,80$ .

Dane uzupełniające do pomiaru wydajności wentylatora:

temperatura powietrza:  $t = 21,1^\circ\text{C}$ ,

wilgotność względna powietrza:  $\varphi = 48\%$ ,

ciśnienie atmosferyczne:  $p_b = 100,15 \text{ kPa}$ ,

pole powierzchni przewodu ssawnego w miejscu zamontowania pierścienia Recknagla:  $F = 0,0709 \text{ m}^2$ .

Średnie wartości wyników pomiarowych oraz obliczonych wielkości charakterystycznych wentylatora zestawiono w tabelicy 11.1. Następnie wielkości:  $\dot{V}$ ,  $\Delta p_p$ ,  $N$  zredukowano do warunków nominalnych oraz wykreślono charakterystyki:  $\Delta p_{pn} = f(\dot{V}_n)$ ,  $N_n = f(\dot{V}_n)$ ,  $\eta_c = f(\dot{V}_n)$ , których przebieg pokazano na rys. 11.2.



Zestawienie średnich wyników pomiarowych oraz obliczonych wielkości charakterystycznych wentylatora promieniowego FKn35III

Lp.	Nr prze-słony	Liczba obrotów	Pomiar za pomocą pierścienia Recknagla								Objętość strumienia masy powietrza $\dot{V}$	Moc pobierana przez silnik $N_s$	Sprawność silnika $\eta_s$	Sprawność przekładni $\eta_p$	Moc na wałę wentylatora $N$	Spiętrzenie statyczne wentylatora $\Delta p_s$		Przyrost ciśnienia dynamicznego $\Delta p_{dyn}$	Spiętrzenie całkowite wentylatora $\Delta p_c$	Moc użyteczna wentylatora $N_u$	Sprawność całkowita wentylatora $\eta_c$
			Ciśnienie dynamiczne				Podciśnienie statyczne														
			n	l	lo	$\Delta p$	n	l	lo	p											
		obr/min	-	mm	mm	Pa	-	mm	mm	Pa	$m^3/s$	kW	-	-	kW	mmH <sub>2</sub> O	Pa	Pa	Pa	kW	
1	0	1400	1:10	63	0	50,86	1:10	88	0	71,05	0,645	1,38	0,80	0,95	1,05	79,8	783,14	2,20	785,24	0,550	0,52
2	1	1400	1:10	52	0	42,24	1:2	52	0	185,20	0,586	1,32	0,80	0,95	1,02	81,2	796,05	1,85	797,90	0,570	0,56
3	2	1400	1:10	43	0	34,72	1:2	74	0	298,72	0,533	1,29	0,80	0,95	0,98	82,6	811,40	1,52	812,92	0,590	0,60
4	3	1400	1:10	36	0	28,16	1:2	96	0	402,06	0,481	1,24	0,80	0,95	0,94	83,5	819,20	1,46	820,66	0,578	0,64
5	4	1400	1:10	27	0	21,80	1:2	128	0	516,71	0,422	1,20	0,80	0,95	0,91	84,3	827,55	1,35	828,90	0,567	0,62
6	5	1400	1:10	8	0	6,46	1:2	185	0	746,81	0,229	1,02	0,80	0,95	0,78	86,3	847,73	0,29	848,02	0,365	0,46
1	0	1090	1:10	39	0	31,49	1:10	54	0	43,60	0,508	0,87	0,80	0,95	0,68	48,2	472,31	1,38	473,69	0,261	0,38
2	1	1090	1:10	31	0	26,15	1:5	82	0	120,0	0,462	0,83	0,80	0,95	0,65	49,0	481,20	1,12	482,32	0,269	0,42
3	2	1090	1:10	26	0	21,00	1:5	112	0	180,85	0,414	0,81	0,80	0,95	0,61	50,15	492,50	0,93	493,43	0,278	0,46
4	3	1090	1:10	21	0	16,25	1:2	52	0	236,10	0,368	0,77	0,80	0,95	0,59	50,6	496,05	0,78	496,83	0,271	0,48
5	4	1090	1:10	16	0	12,91	1:2	77	0	310,83	0,325	0,75	0,80	0,95	0,57	51,1	500,57	0,56	501,13	0,265	0,46
6	5	1090	1:10	4	0	3,23	1:2	112	0	432,12	0,162	0,69	0,80	0,95	0,52	51,8	508,64	0,14	508,78	0,152	0,29

## LITERATURA

1. Chmielnicki W., Mańkowski St.: Laboratorium techniki cieplnej. WPW, Warszawa 1969.
2. Ferencowicz J.: Wentylacja i klimatyzacja. Arkady, Warszawa 1964.
3. Guter R., Owczyński B.: Matematyczne opracowanie wyników doświadczeń. PWN, Warszawa 1967.
4. Haussler W.: Zastosowanie wykresu i-x w inżynierii sanitarnej. Arkady, Warszawa 1970.
5. Hibner W.: Ocena pracy analizatora gazów typu Infralyt III. COW Nr 2/72.
6. Kołodziejczyk L.: Gospodarka ciepła w ogrzewnictwie. Arkady, Warszawa 1972.
7. Kołodziejczyk L., Mańkowski St., Rubik M.: Pomiary w inżynierii sanitarnej. Arkady, Warszawa 1974.
8. Kostyrko K., Okołowicz-Grabowska B.: Pomiary i regulacja wilgotności w pomieszczeniach. Arkady, Warszawa 1971.
9. Kotlarski I.: Rachunek prawdopodobieństwa dla inżynierów. WNT, Warszawa 1966.
10. Kułakow M.W.: Pomiary technologiczne i aparatura kontrolno-pomiarowa w przemyśle chemicznym. WNT, Warszawa 1972.
11. Michalski L., Eckersdorf K.: Pomiary temperatury. WNT, Warszawa 1969.
12. Pierson R.H., Fletcher A.N., Gantz C.E. St.: Catalog of Infrared Spectra for Qualitative Analysis of Gases. Analytical Chemistry Nr 8/1956.
13. Praca zbiorowa: Manometry. PWT, Warszawa 1957.
14. Praca zbiorowa pod redakcją Cz. Graczyka: Laboratorium miernictwa cieplnego, cz. I i II. Politechnika Śląska, Gliwice 1971.
15. Praca zbiorowa pod redakcją Kotlewskiego F.: Pomiary w technice cieplnej. WNT, Warszawa 1972.

16. Praca zbiorowa pod redakcją: Negrusza A. i Sąsiadka M.: Miernictwo energetyczne - pomiary podstawowych wielkości z zakresu techniki cieplnej. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1973.
17. Reinders M.: Zastosowanie paliw płynnych w ogrzewnictwie Arkady, Warszawa 1966.
18. Roga B., Wnękowska L.: Analiza węgla i koksu. WNT, Warszawa 1966.
19. Solberg D.M.: Dynamische Temperaturmessung. ATM 11/75.
20. Strauch E.: Metody i przyrządy pomiarowe w meteorologii i hydrologii. PWN, Warszawa 1972.
21. Struszyński M.: Analiza ilościowa i techniczna. PWN, Warszawa 1954.
22. Wiernicki Z., Morel S.: Opałoznawstwo i urządzenia energetyczne. Politechnika Częstochowska 1973.
23. Wojciechowski J.: Pomiary w elektrowniach cieplnych. PWT, Warszawa 1958.
24. Wukałowicz M.P.: Tablicy termodynamicznych swychwytów wody i wodjanowo para. Gosenergoizdat, Moskwa - Leningrad, 1963.
25. Bedienanweisung Infralyt III. VEB Junkalor, Dessau.
26. Bedienanweisung Permolyt 2. VEB Kombinat Mess- und Regelungstechnik, Dessau.
27. Bedienanweisung für Präzisions-Labor-Kalorimeter. VEB Kombinat Mess-und Regelungstechnik, Dessau.
28. Dziennik Normalizacji i Miar Nr 20 z 23.10.1972 r.
29. Dziennik Urzędowy CUIIM Nr 3 z 26.04.1968.
30. Instrukcja Nr 7 Prezesa CUIIM o sprawdzaniu ciśnieniomierzy sprężynowych zwyczajnych wskazówkowych. Dz.Urz.CUIIM Nr 35/1971.
31. Instrukcja Nr 9 Prezesa PKNiM o sprawdzaniu ciśnieniomierzy sprężynowych wskazówkowych klas dokł. 0,1; 0,16; 0,25 0,4; 0,6, Dz.Normalizacji i Miar Nr 24/1973.
32. Polskie normy.
33. Zarządzenie Prezesa PKNiM w sprawie przepisów o manometrach obciążnikowych tłokowych ... Dz. Normalizacji i Miar Nr 25/1973.