

## 8 Trasarea curbelor caracteristice interioare ale ventilatoarelor centrifugale

Lucrarea de laborator prezintă modul în care se realizează măsurătorile pentru determinarea caracteristicilor interioare ale unui ventilator centrifugal, precum și procedura de prelucrare și interpretare a rezultatelor obținute.

**Scopul lucrării** este de a reprezenta grafic curbele de variație a presiunii, a puterii și a randamentului unui ventilator centrifugal în funcție de debitul volumic furnizat de acesta.

### 8.1 Noțiuni teoretice

Ventilatoarele sunt dispozitive mecanice folosite în instalațiile de ventilare pentru vehicularea aerului. Ventilatoarele transformă energia mecanică, preluată de la motorul de antrenare, în energie pneumatică, manifestată sub forma creșterii presiunii totale a gazului între aspirație și refulare. În funcție de caracteristicile constructive, ele asigură debitul de aer necesar într-o instalație și acoperirea pierderilor de presiune [51].

Scopul ventilatoarelor în funcție de domeniul de utilizare este:

- ☞ să realizeze confortul termic în clădiri industriale sau comerciale, acolo unde climatizarea nu este posibilă sau este prea costisitoare;
- ☞ să circule aerul pentru destratificarea zonelor de căldură și / sau umezeală sau chiar pentru zone cu aer stagnat;
- ☞ să ventileze (adică să evacueze aerul interior și să introducă aer proaspăt) incinte comerciale și industriale, inclusiv: fabrici, depozite, săli de sport, parcări subterane etc.;
- ☞ să transporte materiale solide sau gazoase, rezultate din procese tehnologice;
- ☞ să răcească medii (apa din turnurile de răcire etc.) sau echipamente (compresoare din chillere etc.); să realizeze circulația aerului prin sisteme centralizate de condiționare a aerului (centrale de tratare a aerului, roof-top etc.) sau prin aparate de climatizare (ventilo-convectoare, splituri etc.) [52].

Ventilatorul centrifugal (Fig. 8.1) este o mașină derivată din compresorul centrifugal și are în construcția sa un rotor și un stator. Rotorul este format din arbore, disc și capac, între disc și capac fiind plasate paletetele. Rotorul este antrenat în mișcare de rotație de către un motor electric; datorită depresiunii create, aerul exterior intră prin orificiul (sau orificiile) de aspirație și sub acțiunea forței centrifuge, provocate de învârtirea rotorului, aerul este dirijat către orificiul de refulare [49]. Paletetele sunt repartizate echidistant pe circumferință, putând fi drepte, curbate înainte sau curbate înapoi. Statorul este construit dintr-o carcasă având secțiunea transversală în formă de spirală, fiind prevăzut cu orificiul de aspirație axial și orificiul de refulare radial. Curentul de aer intră în ventilator paralel cu axul de rotație și iese perpendicular pe acesta. Ventilatorul centrifugal realizează creșteri de presiune mici, de ordinul zecilor sau sutelor de mmH<sub>2</sub>O și debite volumice ce ajung la zeci de mii de m<sup>3</sup>/h [53].

Ventilatoarele se construiesc din tablă de oțel, iar acționarea lor se face cu motoare electrice de curent alternativ, de regulă de tipul asincron cu rotor în scurtcircuit. Transmiterea puterii se face fie direct (în marea majoritate a cazurilor), fie indirect prin intermediul unor curele de transmisie [53].

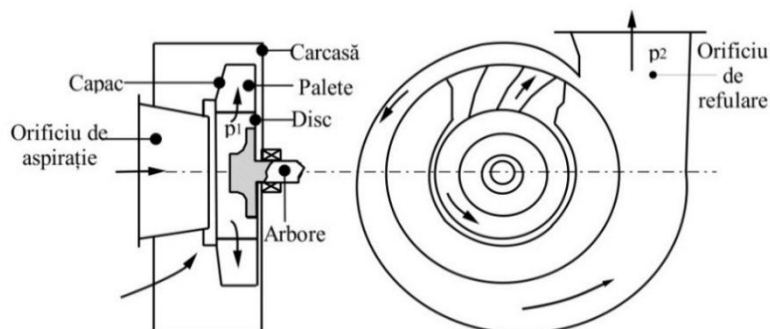


Fig. 8.1 Părțile componente ale ventilatorului centrifugal

Pentru a cunoaște cât mai bine comportarea ventilatoarelor, se construiesc diagrame în care se reprezintă grafic variația caracteristicilor ventilatorului în funcție de debitul volumic pentru anumite turații constante. Principalele caracteristici ale ventilatoarelor (Fig. 8.2) sunt: presiunea realizată ( $p_{tot}$ ), puterea

electrică absorbită din rețea ( $P_a$ ) și randamentul ventilatorului ( $\eta$ ) [2]. Selecția unui ventilator pentru un sistem de distribuție a aerului particular impune corespondența între caracteristicile de presiune ale ventilatorului și ale sistemului [54].

Practic ventilatoarele funcționează la turație constantă și la debite variabile.

Cerințele principale care trebuie îndeplinite de ventilatoare în timpul funcționării lor sunt:

- ☞ să fie silențioase;
- ☞ să aibă un randament cât mai ridicat;
- ☞ să aibă o curbă de variație a randamentului cât mai aplatisată, pentru a oferi domenii de funcționare cât mai largi (cu alte cuvinte de a funcționa pe o plajă cât mai întinsă de debite la randamente maxime);
- ☞ să prezinte o formă constructivă care să elimine pierderile prin fenomenul de cavitație și turbulență [2, 51].

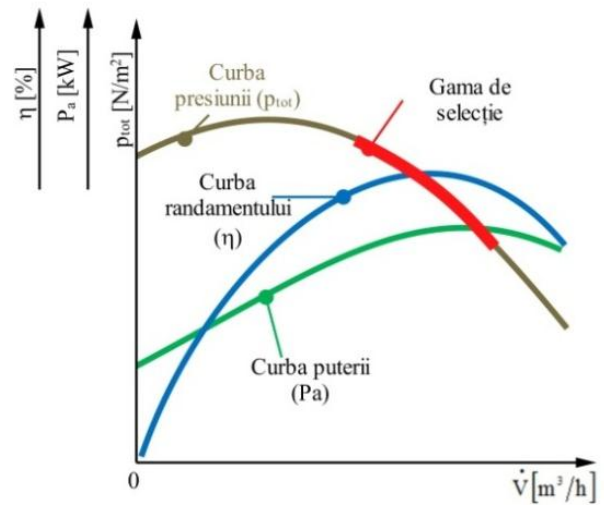


Fig. 8.2 Curbele caracteristice ale ventilatoarelor centrifugale

## 8.2 Descrierea instalației și desfășurarea lucrării

Schema instalației pentru determinarea caracteristicilor principale ale unui ventilator centrifugal este redată în figura 8.3. Instalația experimentală se compune din: ventilatorul centrifugal, motorul electric care antrenează ventilatorul, racordul de aspirație, robinet de reglare a debitului de aer, tub manometric de tip "U" cu apă pentru determinarea presiunii statice a aerului din conductă, tub "Pitot" cuplat la un micromanometru cu rezervor și tub înclinat

pentru determinarea presiunii dinamice a aerului refulat și un contor electric trifazat. Pentru poziția robinetului închisă, ventilatorul nu livrează aer, ceea ce înseamnă că debitul este nul, puterea utilă  $P_u=0$ , iar randamentul  $\eta=0$ . Acesta corespunde regimului de mers în gol la care presiunea statică este în același timp și presiunea totală (se citește la tubul manometric de tip U), iar presiunea dinamică (se citește la micromanometru cu rezervor și tub înclinat) este nulă. Se contorizează consumul de energie electrică la mersul în gol.

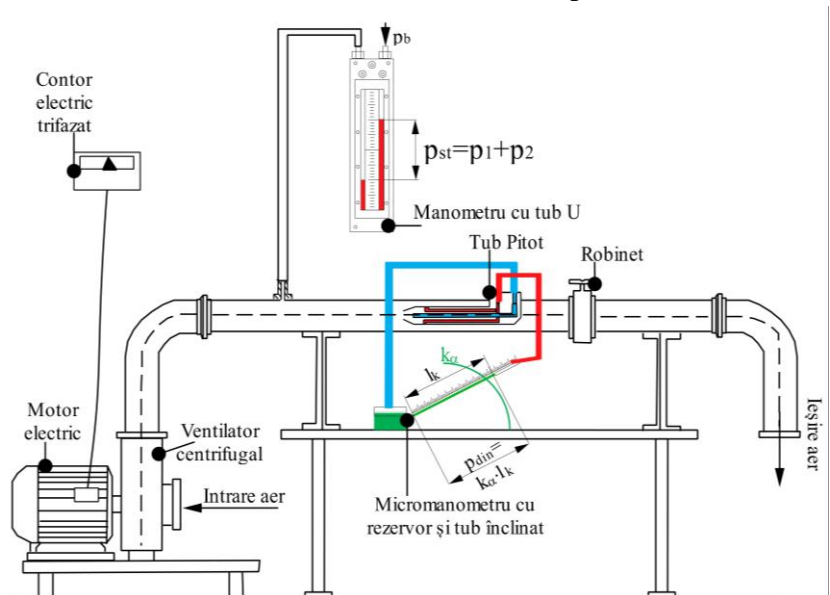


Fig. 8.3 Schema instalației experimentale pentru determinarea curbelor caracteristice interioare la un ventilator centrifugal

Pentru determinarea caracteristicilor menționate anterior se vor efectua mai multe măsurători, determinându-se presiunea statică  $p_{st}$ , presiunea dinamică  $p_{din}$ , și puterea absorbită de motorul electric  $P_a$ , pentru diferite deschideri ale robinetului de reglare a debitului de aer. De asemenea se mai citesc: presiunea barometrică  $p_b$ , temperatura aerului din conducta de refulare a ventilatorului (care pentru simplificare în cazul de față este aproximativ egală cu cea a mediului ambiant) în  $^{\circ}C$ , iar pentru măsurarea puterii absorbite de motorul electric se va cronometra timpul în care discul contorului face un anumit număr de rotații  $z_r$ .

Presiunea totală creată de ventilator se determină cu relația:

$$P_{tot} = P_{st} + P_{din} \quad (8.1)$$

Densitatea aerului se calculează astfel:

$$\rho = \rho_N \cdot \frac{p_{st} + p_b}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T} \quad [\text{kg}/\text{m}^3] \quad (8.2)$$

unde:  $\rho_N$  este densitatea aerului la starea normală,  $\rho_N=1,2928\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $p_b$  [ $\text{N}/\text{m}^2$ ] - presiunea barometrică;  $p_{st}$  [ $\text{N}/\text{m}^2$ ] - presiunea statică;  $p_N$  - presiunea aerului la starea normală,  $p_N=101325 \text{ N}/\text{m}^2$ ,  $T_N$  – temperatura la starea normală,  $T_N=273,15\text{K}$ ,  $T$  [ $\text{K}$ ] - temperatura aerului din conducta de refulare a ventilatorului (care pentru simplificare în cazul de față este aproximativ egală cu cea a mediului ambiant).

Viteza de deplasare a aerului în conducta de refulare:

$$w = \sqrt{2 \cdot p_{din} / \rho} \quad [\text{m}/\text{s}] \quad (8.3)$$

unde:  $p_{din}$  [ $\text{N}/\text{m}^2$ ] este presiunea dinamică a fluidului,  $\rho$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] - densitatea.

Debitul volumic se determină astfel:

$$\dot{V} = A \cdot w = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_{din}}{\rho}} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (8.4)$$

unde:  $A$  [ $\text{m}^2$ ] este aria secțiunii conductei de refulare;  $w$  [ $\text{m}/\text{s}$ ] – viteza de deplasare a fluidului;  $d$  - diametrul conductei de refulare,  $d = 0,077 \text{ m}$ .

Debitul masic:

$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V} \quad [\text{kg}/\text{s}] \quad (8.5)$$

Puterea utilă:

$$P_u = \dot{V} \cdot p_{tot} \quad [\text{W}] \quad (8.6)$$

unde:  $\dot{V}$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] este debitul volumic;  $p_{tot}$  [ $\text{N}/\text{m}^2$ ] - presiunea totală.

Puterea electrică absorbită din rețea se determină din relația:

$$P_a = \frac{z_r}{240} \cdot \frac{3600}{\tau} \quad [\text{kW}] \quad (8.7)$$

unde:  $z_r$  [-] este numărul de rotații ale discului de la contorul electric;  $\tau$  [s] – timpul cronometrat în care s-au efectuat cele  $z_r$  rotații.

Contorul indică 1 kWh la 240 rotații complete ale discului. Pentru a se obține din relația (8.7) puterea consumată direct în W, se utilizează relația sub forma:

$$P_a = \frac{15000 \cdot z_r}{\tau} \quad [\text{W}] \quad (8.8)$$

Randamentul ventilatorului:

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \cdot 100 \quad [\%] \quad (8.9)$$

În baza acestor măsurători se pot trasa cele trei curbe caracteristice interioare ale ventilatorului și care vor avea alurile din figura 8.2.

Lucrarea se va desfășura astfel:

- prima măsurătoare se va efectua cu robinetul de reglare a debitului închis când debitul de aer vehiculat în instalație este nul, puterea utilă  $P_u=0$ , iar randamentul  $\eta=0$ .
- pentru diferite valori ale presiunii dinamice ( $p_{din}$ ) și ale numărului de rotații a discului contorului electric ( $z_r$ ) se determină: presiunea statică ( $p_{st}$ ) și timpul ( $\tau$ ) în care discul contorului electric efectuează cele  $z_r$  rotații complete.
- după finalizarea măsurătorilor se citește presiunea barometrică și temperatura aerului din laborator.

### 8.3 Prelucrarea datelor și rezultatele măsurătorilor

Valorile măsurate sunt transformate în sistem internațional și centralizate în tabelul 8.1. De asemenea tot în acest tabel, sunt centralizate și mărimile calculate. Se trasează apoi curbele caracteristice: randamentul, puterea electrică absorbită din rețea și presiunea totală realizată de ventilatorul centrifugal supus studiului în funcție de debitul volumic vehiculat în figura 8.4.

Tabel 8.1 Valori măsurate și calculate

Nr · Crt	Mărimea	Simbol mărime	U.M.	Determinarea				
				1	2	3	4	5
1.	Presiunea barometrică	$p_b$	[mbar]					
			[N/m <sup>2</sup> ]					
2.	Temperatura mediului ambiant	$t$	[°C]					
			$T$	[K]				
3.	Numărul de rotații cronometrate ale discului contorului electric	$z_r$	[rot]					
4.	Timpul în care discul contorului realizează cele $z_r$ rotații	$\tau$	[s]					
5.	Presiunea statică	$p_{st}$	[mmH <sub>2</sub> O]					
			[N/m <sup>2</sup> ]					
6.	Presiunea dinamică	$p_{din}$	[mmH <sub>2</sub> O]					
			[N/m <sup>2</sup> ]					
7.	Presiunea totală (relația 8.1)	$p_{tot}$	[mmH <sub>2</sub> O]					
			[N/m <sup>2</sup> ]					
8.	Densitatea aerului (relația 8.2)	$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]					
9.	Viteza de deplasare a aerului în conductă (relația 8.3)	$w$	[m/s]					
			[km/h]					
10.	Debitul volumic de aer refulat (relația 8.4)	$\dot{V}$	[m <sup>3</sup> /s]					
			[m <sup>3</sup> /h]					
11.	Debitul masic de aer refulat (relația 8.5)	$\dot{m}$	[kg/s]					
			[kg/h]					
12.	Puterea utilă (relația 8.6)	$P_u$	[W]					
			[kW]					
13.	Puterea absorbită de la rețea (consumată) (relația 8.8)	$P_a$	[W]					
			[kW]					
14.	Randamentul ventilatorului (relația 8.9)	$\eta$	[%]					

Tabel 8.1 Valori măsurate și calculate - continuare

Nr · Crt	Mărimea	Simbol mărime	U.M.	Determinarea				
				6	7	8	9	10
1.	Presiunea barometrică	$p_b$	[mbar]					
			[N/m <sup>2</sup> ]					
2.	Temperatura mediului ambiant	$t$	[°C]					
			$T$	[K]				
3.	Numărul de rotații cronometrate ale discului contorului electric	$z_r$	[rot]					
4.	Timpul în care discul contorului realizează cele $z_r$ rotații	$\tau$	[s]					
5.	Presiunea statică	$p_{st}$	[mmH <sub>2</sub> O]					
			[N/m <sup>2</sup> ]					
6.	Presiunea dinamică	$p_{din}$	[mmH <sub>2</sub> O]					
			[N/m <sup>2</sup> ]					
7.	Presiunea totală (relația 8.1)	$p_{tot}$	[mmH <sub>2</sub> O]					
			[N/m <sup>2</sup> ]					
8.	Densitatea aerului (relația 8.2)	$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]					
9.	Viteza de deplasare a aerului în consuctă (relația 8.3)	$w$	[m/s]					
			[km/h]					
10.	Debitul volumic de aer refulat (relația 8.4)	$\dot{V}$	[m <sup>3</sup> /s]					
			[m <sup>3</sup> /h]					
11.	Debitul masic de aer refulat (relația 8.5)	$\dot{m}$	[kg/s]					
			[kg/h]					
12.	Puterea utilă (relația 8.6)	$P_u$	[W]					
			[kW]					
13.	Puterea absorbită de la rețea (consumată) (relația 8.8)	$P_a$	[W]					
			[kW]					
14.	Randamentul ventilatorului (relația 8.9)	$\eta$	[%]					

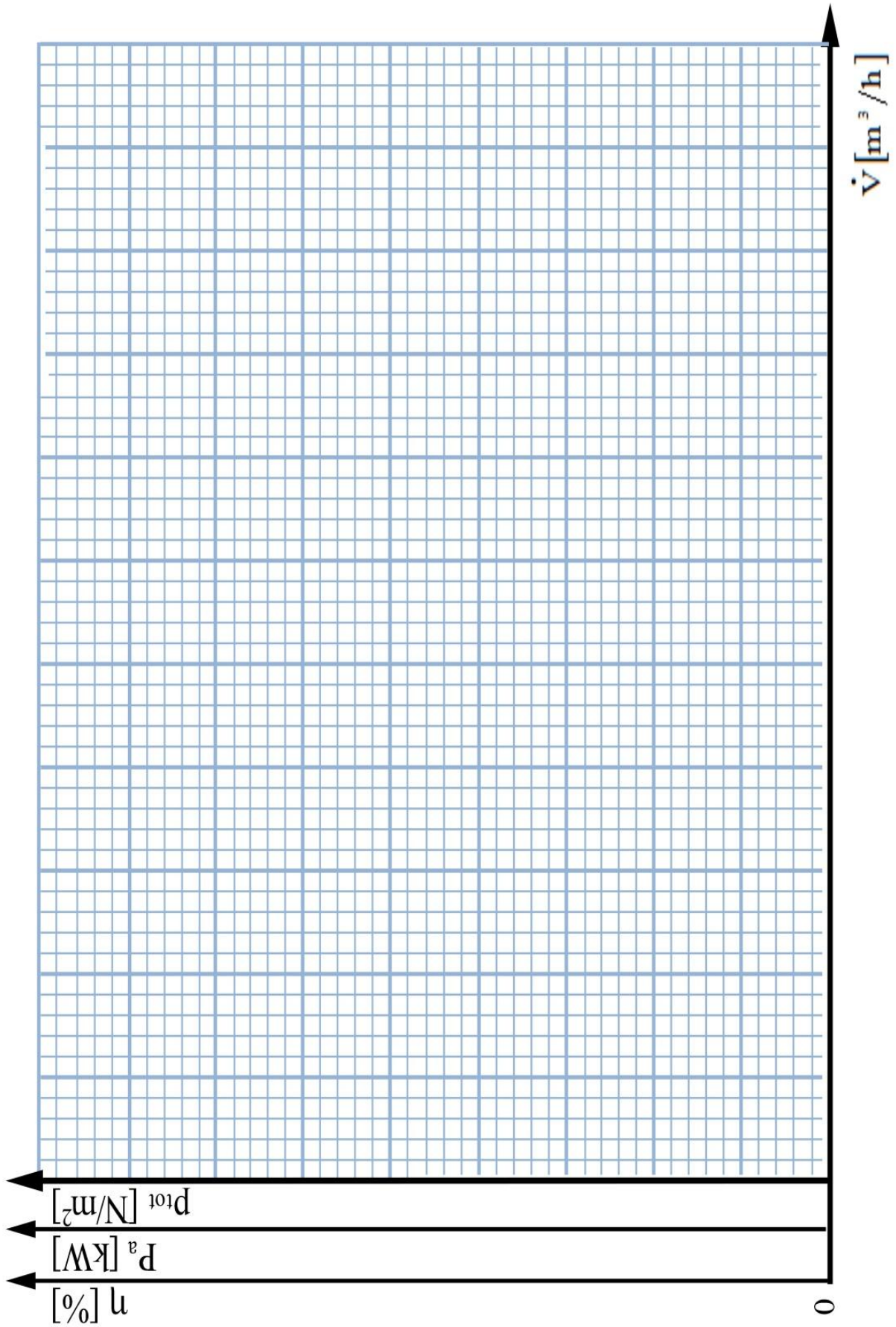


Fig. 8.4 Curbele caracteristice ale ventilatorului centrifugal supus studiului