

CONCEPTUL: PARAMETRI FUNCȚIONALI AI TURBINELOR HIDRAULICE

CERINȚA: MĂRIMILE CE CARACTERIZEAZĂ FUNCȚIONAREA TURBINELOR HIDRAULICE

SOLUȚIE

ENUNȚ: Care sunt mărimile ce caracterizează funcționarea turbinelor hidraulice ?

SOLUȚIE

Parametri funcționali caracteristici turbinelor hidraulice sunt:

- Debitul
- Energia specifică și căderea
- Turația
- Puterea
- Randamentul
- Înălțimea geometrică de aspirație
- Coeficientul de cavitație

Debitul turbinei

Se definește prin cantitatea de apă exprimată volumic, masic sau gravimetric, ce străbate o secțiune în unitatea de timp. **Debitul volumic** Q [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] este volumul de apă ce străbate orice secțiune a turbinei în unitatea de timp. **Debitul masic** (ρQ) [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$] este dat de masa de apă ce străbate orice secțiune a turbinei în unitatea de timp. Atât densitatea ρ cât și debitul volumic Q trebuie considerate în aceeași secțiune și în aceleași condiții. Dacă se face referire la o anumită secțiune, se utilizează debitul în secțiunea de referință.

Energia specifică

Energia specifică a turbinei E [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$] se definește ca fiind diferența între energiile specifice ale apei din secțiunile de intrare (1) și de ieșire (2) ale turbinei (Fig.1.1):

$$E = \frac{P_{abs1} - P_{abs2}}{\bar{\rho}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2} + \bar{g}(z_1 - z_2)$$

Căderea

Prin **cădere** h [$\text{J} \cdot \text{N}^{-1} = \text{m}$], în general, se înțelege energia specifică obținută prin raportarea la unitatea de greutate a apei:

$$h = e / g$$

Căderea turbinei H [$\text{J} \cdot \text{N}^{-1} = \text{m}$] este diferența dintre energiile specifice ale apei de la intrare și ieșire din turbină, conform relației (1.1), raportate la unitatea de greutatea apei:

$$H = E / \bar{g}$$

$$H_g = E_g / \bar{g}$$

Căderea brută (geodezică) a centralei Z_g [m] este diferența de cotă pe verticală între nivelul apei din bieful amonte și bieful aval:

$$Z_g = z_3 - z_4$$

Căderea pierdută H_p [m] este dată de energia specifică raportată la unitatea de greutate din lichid disipată între două secțiuni oarecare ale turbinei:

$$H_p = E_p / \bar{g}$$

Rotația

Este dată de numărul de învârtituri în unitatea de timp, secundă sau minut. Se notează cu ω [s^{-1}] sau n [rot/min].

Puterea

Puterea hidraulică sau puterea sursei P_h [W] este puterea disponibilă a apei de la intrare în turbină pentru a putea fi transformată în putere mecanică la arborele turbinei:

$$P_h = (\rho Q)_I E$$

sau:

$$P_h = (\rho Q)_I \bar{g} H \cong \rho g Q H$$

Puterea turbinei P [W] este puterea mecanică de la arborele turbinei, obținută din momentul la arbore M și viteza unghiulară ω :

$$P = M \cdot \omega$$

Această putere are următoarea structură:

$$P = P_a + P_b + P_c + P_d + P_e - P_f$$

unde:

- P_a este puterea generatorului electric la ieșire (la borne);
- P_b - puterea pierdută mecanic și electric în interiorul generatorului;
- P_c - puterea pierdută în lagărul axial al generatorului;
- P_d - puterea pierdută în organele rotitoare din afara generatorului și turbinei (de exemplu în reductoare sau multiplicatoare, dacă există);
- P_e - puterea cedată unei mașini auxiliare antrenate direct;
- P_f - puterea electrică transmisă din exterior unor echipamente auxiliare ale turbinei (de exemplu regulatorului de turaj, dacă este cazul).

Puterea mecanică a rotorului P_m [W] este puterea mecanică transmisă la cuplajul rotorului cu arborele turbinei:

$$P_m = P + P_{Pm} - P_f$$

Puterea pierdută mecanic P_{Pm} [W] este puterea mecanică disipată prin frecare în lagărele de ghidare, lagărul axial (dacă acesta ține constructiv de turbină) și etanșări.

Randamentul

Prin randament, sau eficiența unei transformări energetice a unui sistem, se înțelege raportul dintre energia furnizată de sistem E_f și cea consumată E_c :

$$\eta = \frac{E_f}{E_c}$$

Randamentul turbinei η este dat de relația:

$$\eta = \frac{P}{\rho g Q H}$$

Randamentul hidraulic al turbinei η_h :

$$\eta_h = \frac{P_m}{P_h}$$

Randamentul mecanic al turbinei η_m :

$$\eta_m = \frac{P}{P_m}$$

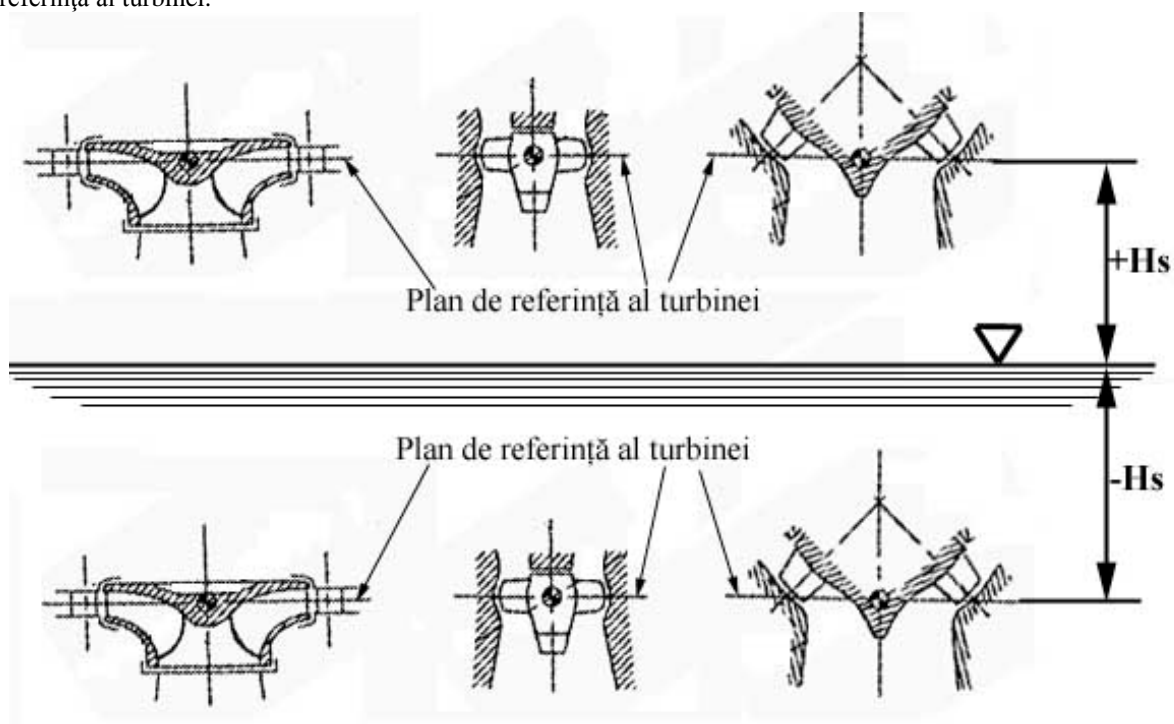
Ținând cont de cele de mai sus randamentul turbinei devine:

$$\eta = \eta_h \cdot \eta_m$$

cu observația că pierderile de disc și cele volumice sunt incluse în pierderile hidraulice, în această accepțiune.

Înălțimea de aspirație

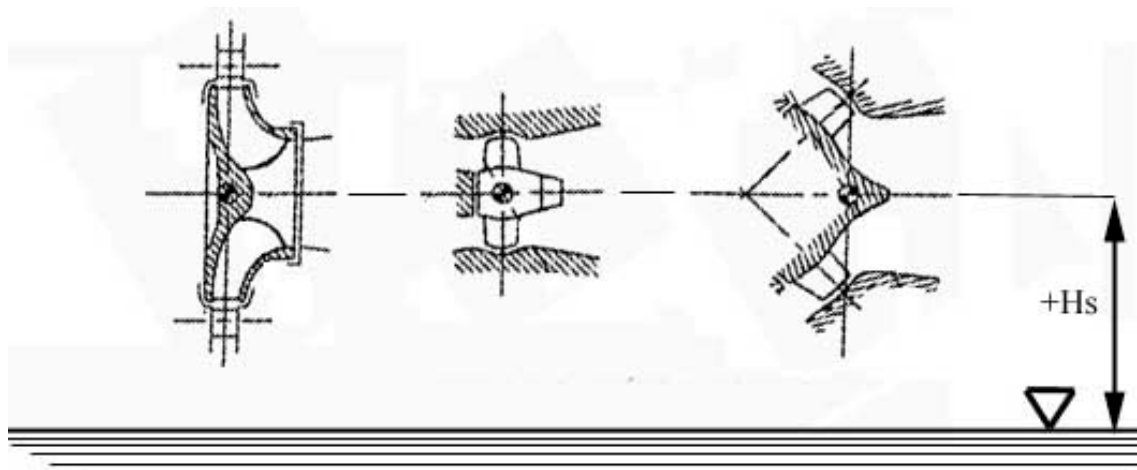
Înălțimea de aspirație H_s [m] este distanța pe verticală dintre planul apei din aval și un plan de referință al turbinei.



Scheme pentru definirea înălțimii de aspirație [22,30]

Înălțimea de aspirație poate fi, prin convenție, pozitivă sau negativă, după cum rotorul turbinei este dispus deasupra sau sub nivelul apei din bieful aval.

Scheme pentru definirea înălțimii de aspirație



Scheme pentru definirea înălțimii de aspirație

Coefficientul de cavitație

După cum se știe, presiunea în interiorul unui lichid nu poate fi scăzută oricât, deoarece apar în masa lichidului zone umplute cu vapori și gaze, adică se dezvoltă fenomenul de cavitație. Acesta este un proces hidrodinamic complex, caracterizat de apariția și dezvoltarea în zonele cu presiuni scăzute a unor cavități umplute cu vapori de apă și gaze dizolvate, urmat de surparea prin implozie a acestor cavități, în zonele cu presiuni mai ridicate, ceea ce conduce la alterarea randamentului de funcționare al turbinelor, la distrugerea materialului care vine în contact cu zona cavitațională și la zgomote și vibrații puternice.

Dacă înălțimea de aspirație a turbinelor depășește o anumită valoare (teoretic maxim 10,33 m) apare o depresiune accentuată care conduce la superdezvoltarea fenomenului de cavitație. Evaluarea cantitativă a dezvoltării fenomenului de cavitație se face cu ajutorul unui coeficient adimensional, denumit coeficient de cavitație „ σ ”. Thoma a fost primul cercetător care a încercat să determine poziția maximă admisibilă a rotorului de turbină deasupra apei din aval în conexiune cu coeficientul de cavitație exprimat sub forma:

$$\sigma = \frac{A - A_t \pm H_s}{H}$$

unde A [m.c.a.] este presiunea atmosferică și A_t [m.c.a.] este presiunea de vaporizare a apei la temperatura de lucru și atunci:

$$H_{s \max adm} = A - A_t - \sigma H$$