

FLUIDOEN INSTALAZIOAK ETA MAKINAK: LABORATEGIKO PRAKTIKEN GIDOIA

4. PRAKTIKA: TURBINAK: Francis turbina

Ingeniaritza Nuklearra eta Fluidoek Mekanika Saila

EDUKIAK

1. Helburuak	1
2. Prozedura esperimentalak: praktika egitea	1
3. Emaitzak	4
4. Ondorioak	5
5. Praktika betetzeko datuak	6

1. HELBURUAK

Erreakzio-turbina baten funtzionamendua kalkulatzeko eta frogatzeko.

- Erreakzio-turbina baten funtzionamenduaren begi hutsezko behaketa.
- Francis erreakzio-turbina baten errendimendu-kurba karakteristikoaren ezarpen esperimentalak.
- Francis erreakzio-turbina baten aukeraketa, diseinua edo funtzionamenduaren optimizazioa aurrera eramateko beharrezkoak diren parametroen irakurketa eta ulerpenean.

2. PROZEDURA ESPERIMENTALA: PRAKTIKA EGITEA

Praktika egiteko, prozedura hau jarraitu behar da:

- A. Inpultsio-ponpa piztu (etengailua – [4. Gaiko 2. irudia](#)) eta emaria erregulatzeko balbula zabaldu (irekitze-balbula – [4. Gaiko 2. irudia](#)).
- B. Turbinaren banatzailea bi gradu ezberdinetara doitu da: neurketak banatzailearen zabalera 40 eta 20 graduetarako egingo dira.
- C. Ezarri diren bi angeluetarako bankuko emaria erregulatzeko balbularen bitartez, uneoro 10,0 psi-ra doitu da turbinaren sarrerako presioa. Beraz, ezarri diren bi angelu bakoitzerako, N bira-abiadura ezberdinetarako turbinaren sarrerako presioa 10 psi izan dadin, beharrezko emaria ezarri behar da; hortaz, neurtuko diren puntu bakoitzerako, emariaren neurketa egin behar da.
- D. Banatzailearen gradu bakoitzerako turbinaren sarrerako presioa 10,0 psi balio konstantean mantenduko denez, C_m pare eragilea, P_m potentzia mekanikoa eta η errendimendua turbinaren N bira-abiadurarekin dutenaren arabera adieraziko dira: $C_m(N)$, $P_m(N)$ eta $\eta(N)$. Ondorioz, presioaren eta bira-abiaduraren eragina pairatuko dute hiru parametro horiek.

Banatzailearen zabalera-gradu bakoitzerako, betiere turbinaren sarrerako presioa konstante mantentzen delarik, 6 balio ezberdin emango zaizkio turbinaren bira-abiadurari; horretarako, goialdeko palankan arituz ([4. Gaiko 3. irudia](#)), pare erresistentea (zintaren marruskadura-maila) aldatu egingo da.

Segidan, aipatu diren aldagai fisikoen kalkulua azalduko da:

I. Emari bolumetrikoa

Bolumenaren eta denboraren arteko zatiduraren bitartez ezarriko da emari bolumetrikoa. Bankuko biltegi bolumetrikoko eskalan ([4. Gaiko 2. irudia](#)) neurtu eta adieraziko da denbora-tarte ezagun batean (30 s baino handiagoa) biltegi bolumetrikotan sartu den bolumena. Eragiketa hori egiteko, tankearen isurbidea itxiko da bankuko behealdeko tankeko bolaren bidez (1. irudia). Neurketa bolumetrikoko bakoitzaren bukaeran, bola berdinarekin bitartez isurbidea zabaldu beharko da berriro.



1. irudia. Isurbidearen itxiera egiteko bola

II. Jauzi garbia

Jauzi garbia (H_n), m U. Z.-ko unitateetan, zuzenean manometroan irakurriko da (4. Gaiko 3. irudia).

III. Potentzia hidraulikoa

Urak turbinaren esku jartzen duen potentzia da potentzia hidraulikoa. Turbinara sartzen denaren eta jauzi garbiaren araberakoa da hori: $P_h = \gamma \cdot Q \cdot H_n$

IV. Pare eragilea

Errodeteak diskoari transmititzen dion pare eragilea kalkulatzeko da diskoaren gainean eragiten den indar tangentialaren eta diskoak aurkezten duen erradioaren ($r = 0,03 \text{ m}$) biderketaren bitartez. N bira-abiadura, bi dinamometroek aurkezten duten irakurketen arteko kendurak indar tangentialaren berri emango du (4. Gaiko 3. irudia); hortaz, diskoaren gainean eragindako C_r pare erresistenteak eta errodeteak diskoari transmititutako C_m pare eragileak balio berdina aurkeztuko dute aipatutako N bira-abiadura:

$$C_r = (F_{D2} - F_{D1}) \cdot r$$

$$C_r = C_m$$

V. Bira-abiadura

Bira-abiadura zuzenean takometro digital baten bitartez irakurriko da. Honek, bira/min.-ko unitateetan, N abiadura angeluarraren irakurketa zuzenak eskaintzen ditu.

VI. Potentzia mekanikoa

Errodeteak eta diskoak osatzen duten multzoaren bira-abiadura N bada (bira/min.-ko unitateetan), honako hau izango da P_m potentzia mekanikoa kalkulatzeko adierazpena:

$$P_m = C_m \cdot 2 \cdot \pi \cdot N / 60$$

VII. Turbinaren errendimendua

Urak turbinaren esku jartzen duen potentzia hidraulikoaren (P_h) eta errodeteak transmititzen duen potentzia mekanikoaren (P_m) arteko balantzearen bitartez kalkulatu da.

$$\eta_{\text{turбина}} = P_m \cdot P_h^{-1}$$

E. Banatzailearen zabalera-gradu bakoitzerako 6 neurketa egingo dira, N , F_{D2} eta F_{D1} aldagaietako 6 konbinazio. Konbinazio bakoitzerako, turbinaren sarrerako presioa 10 psi.-ko balio konstantean mantenduz, sarrerako emaria neurtu beharko da (1. taula). Muturretako puntuak adierazi beharko dira: bira-abiadura zero delarik eratzen den pare maximoa (justu turbinaren ardatza frenatzeko beharrezkoa den indarra eraginez)

eta galgaren marruskadurarik gabe lortzen den bira-abiadura maximoa (abiada handiko abiadura, N_{aha}). Halaber, potentzia eta errendimendu maximoak ondo definitzeko, hainbat neurketa hartuko dira tarteko batez besteko abiaduraren inguruan, $N_{aha}/2$ inguruan.

Neurtzen diren balio esperimentalak 1. taula bezalako batean bil daitezke.

1. taula. Datu esperimentalen neurketa

P4 - Francis turbina					
Banatzailearen kokapena	Bolumena	Denbora	N	F_{D2}	F_{D1}
	(l)	(s)	(bira/min.)	(N)	(N)
% zabalera			$N_i =$	$F_{D2i} =$	$F_{D1i} =$
			$N_i =$	$F_{D2i} =$	$F_{D1i} =$
			$N_i =$	$F_{D2i} =$	$F_{D1i} =$

3. EMAITZAK

Hartutako datu esperimentaletatik abiatuta, honako hauek kalkulatu behar dira: banatzailearen zabalera-gradu ezberdinetarako emaria Q (m^3/s), potentzia hidraulikoa P_h (W), pare eragilea C_m (N·m), potentzia mekanikoa P_m (W) eta errendimendua η (%). Horiekin, kalkulu horien emaitzak agertzen dituen taula bat eratu beharko da EXCEL fitxategian; emaitza horiek lortzeko erabili izan diren balio esperimentalak taula horretan ere jasoko dira. Emaitza esperimentalen bitartez, grafiko hauek eratuko dira:

- **1. grafikoa.** Banatzailearen zabalera (%) bakoitzerako eta bira-abiaduraren arabera, grafiko berean irudikatuko dira pare eragileari dagozkion kurba karakteristikoak. Bibliografian oinarrituz, adierazi Francis turbina geldoa, normala edo azkarra den.
- **2. grafikoa.** Banatzailearen zabalera (%) bakoitzerako eta bira-abiaduraren arabera, grafiko berean irudikatuko dira potentzia mekanikoari dagozkion kurba karakteristikoak.
- **3. grafikoa.** Banatzailearen zabalera (%) bakoitzerako eta bira-abiaduraren arabera, grafiko berean irudikatuko dira errendimenduari dagozkion kurba karakteristikoak.
- **4. grafikoa.** Banatzailearen zabalera (%) bakoitzerako eta bira-abiaduraren arabera, grafiko berean irudikatuko dira pare eragileari dagozkion kurba karakteristikoak.

Kurba karakteristiko guztiak polinomio bati doituta egongo dira. Doiketa horren ekuazioa eta erregresioa grafikoan agertuko dira. Grafiko guztiek izenburua izan behar dute, eta, era berean, ardatzek ere izena eta dagozkien unitateak agertuko dituzte. Grafiko horiek txostenean aurkeztuko dira, eta grafikoak irudikatzeko erabilitako datuak EXCEL fitxategiko tauletan aurkeztu beharko dira.

4. ONDORIOAK

Ikasleak, Excel fitxategian bertan, lortutako emaitzei dagokion joera eta turbina baten errendimendua maximoak izan daitezen, bere diseinurako eta bera hautatzeko oinarritzko parametroak zein diren adierazi beharko du.

5. PRAKTIKA BETETZEKO DATUAK

$x = 40\%$	P (p.s.i.)	Hn (m C. A.)	Nº	V (l)	T (s)	N (r.p.m.)	F ₁ (N)	F ₂ (N)
20,00	14,06	1,0	30	54,0	2955	0,0	0,0	
			30	54,3				
			2,0	30	40,9	2470	1,1	0,4
				30	40,8			
			3,0	35	38,2	2005	3,0	0,4
				35	37,7			
4,0	35	32,6	1700	5,6	0,8			
	35	32,6						
5,0	35	28,9	1420	7,0	1,0			
	35	29,1						
6,0	35	28,9	1370	8,0	1,2			
	35	29,1						

$x = 20$	P (p.s.i.)	Hn (m C. A.)	Nº	V (l)	T (s)	N (r.p.m.)	F ₁ (N)	F ₂ (N)
20,00	14,06	1,0	30	61,4	3020	0,0	0,0	
			30	61,4				
			2,0	35	53,6	2510	1,2	0,4
				35	53,7			
			3,0	35	46,3	2160	2,5	0,7
				35	46,1			
4,0	35	38,5	1860	4,3	1,1			
	35	39,0						
5,0	35	35,0	1670	5,9	1,1			
	35	35,2						
6,0	35	34,5	1130	7,4	1,1			
	35	34,2						