

터빈 성능실험

1. 실험목적

발전소에서 사용하는 터빈은 에너지를 갖고 있는 유체가 터빈의 깃에 부딪혀서 터빈을 돌린다. 이 때 유체가 가지고 있는 에너지에 대한 터빈이란 동력을 생산해내는 장치로서 전반적인 구조와 작동원리는 펌프와 반대가 된다. 본 실험에서는 프란시스 터빈에 효율과 일정한 낙차로 물을 공급하면서 수량이 변할 (Francis turbine) 때의 수차의 성능 변화를 시험하고 그 성능을 검토하고 시험법을 습득하는 것이 이 실험의 목적이다.

2. 수력 터빈(turbine)의 원리

물이 가지고 있는 에너지를 러너의 작용으로 기계 에너지로 변환하는 기계를 수력원동기라 한다. 이는 위치에너지를 가진 물이 수차에 유입할 때에는 속도 (kinetic) 에너지 또는 압력 에너지로 변환되고 수차는 이 에너지를 받아 동력 (축의 torque)을 발생하게 된다. 이 발생된 동력 즉 기계 에너지는 그대로 이용되는 경우는 없고 발전기와 직결되어 다시 전기 에너지로 변환되어 이용된다. 이와 같은 시설을 수력 발전소라 한다. 터빈은 일반적으로 충동터빈 (impulse turbine)과 반동터빈 (reaction turbine)의 두 가지로 분류한다.

2.1) 충동터빈 (Impulse turbine)

충동터빈은 하나 또는 여러 개의 고속 자유제트에 의하여 구동된다. 이 각각의 제트는 터빈 휠 외부에 있는 노즐 내에서 가속된다. 마찰과 중력이 무시된다면 유체가 터빈 버킷을 지나갈 때 유체의 압력이나 러너에 대한 속도는 변화하지 않는다. 따라서 충동터빈에서는 유체가 속도와 수반되는 압력강하는 깃 외부에 있는 노즐 속에서 일어나며 유체가 깃 찬 상태로 러너를 흐르지 않는다.

2.2) 반동터빈 (Reaction turbine)

반동터빈에서 압력변화의 일부는 외부에서 일어나고 일부는 가동깃 내에서 일어난다. 유체가 노즐이나 안내깃(guide vane) 또는 위킷 게이트라고(wicket gate)하는 고정깃을 지나갈 때 외부적인 가속이 발생하고 유동은 적절한 방향으로 러너로 유입되기 위해 방향이 변한다. 로터에 대한 부가적인 유체가속은 가동깃 내에서 발생되므로 분류의 상대속도와 압력

은 둘 다 러너를 지나면서 변한다. 반동터빈은 유체가 팽 찬 상태로 작동하기 때문에 일반적으로 충동터빈보다 주어진 전체 크기에 대해 더 많은 동력을 만들어 낼 수 있다. 본 실험에서 사용하는 프란시스 터빈은 반동터빈으로 그림1 에서 도시되어 있다 이때 유입되는 물은 터빈 케이싱을 통해 원주방향으로 들어온다. 물은 고정 안내깃의 주위로 들어와 러너쪽으로 흐른다. 물은 거의 반지름 방향으로 러너에 유입되고 거의 축 방향으로 유출되도록 아래쪽으로 방향을 바꾼다. 유동형태는 원심펌프의 경우와 정반대로 생각할 수 있다 러너에서 유출된 물은 방수로로 들어가기 전에 흡출관(draft tube) 으로 알려진 디퓨저 (diffuser)로 흘러간다.

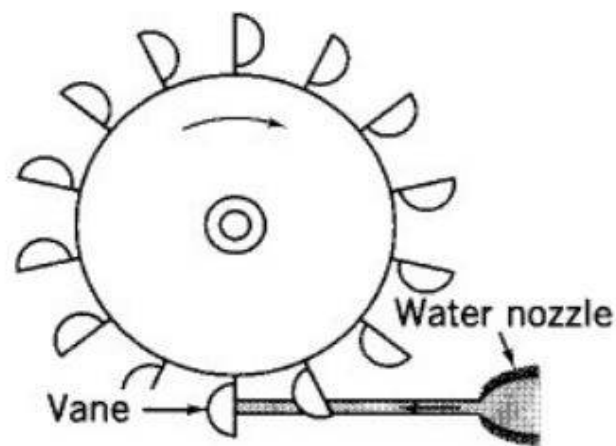


Fig. 1 Pelton turbine

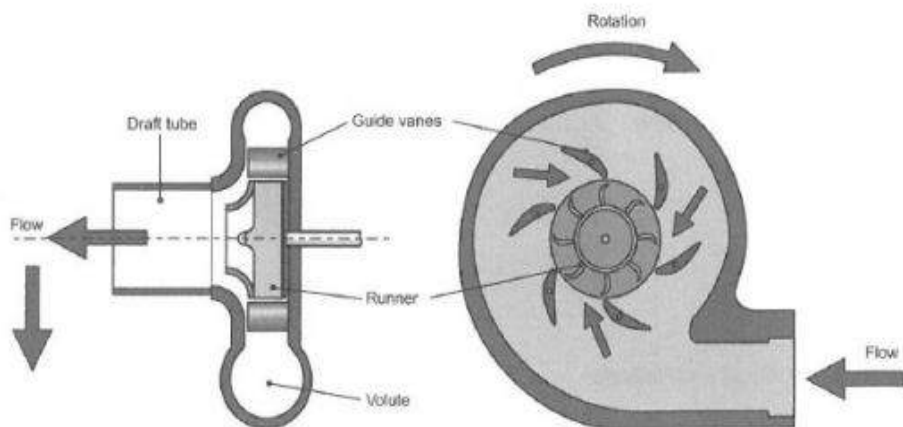


Fig. 2 Francis turbine

3.터빈장치의 구성

프란시스 터빈은 다음 그림과 같이 구성되어 있으며 터빈장치 상부에 들어오는 물의 압력을 측정할 수 있는 압력게이지가 존재하며 장치 후면부에 터빈의 발생동력을 측정할 수 있는 드럼 및 스프링 게이지가 존재한다.

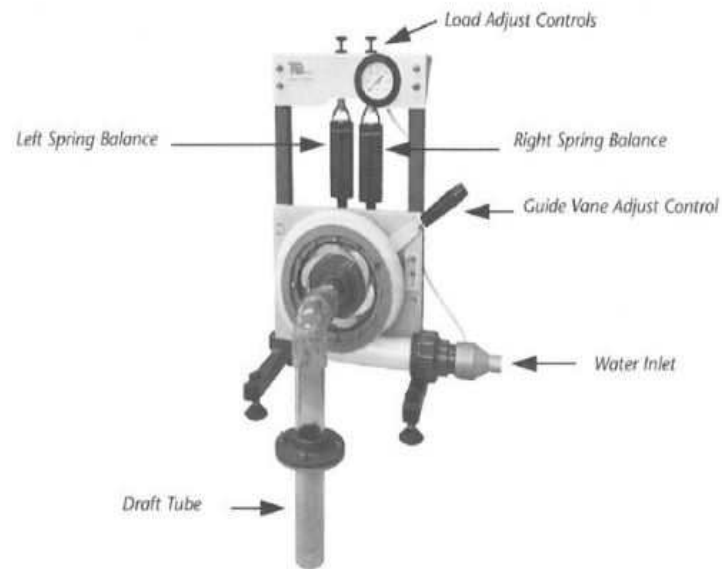


Fig. 3 Composition of the Francis turbine

프란시스 터빈 후면의 드럼은 반사판이 부착되어 있으며 반사판과 타코미터를 이용하여 터빈의 회전수를 측정할 수 있다.

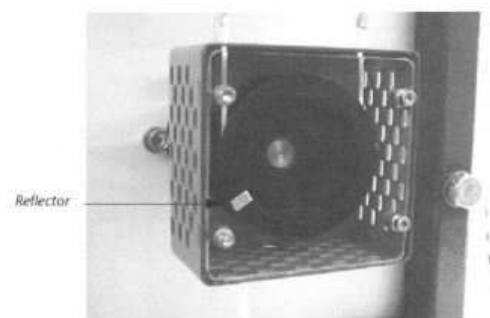


Fig. 4 Drums and reflectors on the rear of the turbine

4. (Theory) 실험이론

4.1) Notation

Symbol	Description	Units
N	Rotational speed of the turbine	rev.min ⁻¹
P_h	Hydraulic Power	W
P_m	Mechanical Power	W
η_h	Hydraulic Efficiency	%
T	Torque	Nm
p	Pressure	Pa (pascals)
Q_v	Volume Flow	L.s ⁻¹ or m ³ .s ⁻¹
R	Radius	m
A	Left spring balance reading	N (Newton)
B	Right spring balance reading	N (Newton)
F	Force	N (Newton)

4.2) Useful Equation

① Hydraulic Power

터빈의 Hydraulic Power 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$W = Q_v p$$

(Hydraulic Power 계산 시 유량의 단위에 유의할 것)

② Mechanical Power

터빈에서 발생하는 Mechanical Power 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_m [W] = \frac{2\pi NT}{60}$$

③ Torque

터빈에서 발생하는 토크는 두 개의 스프링 저울을 이용하여 다음과 같이 측정할 수 있다. 두 개의 스프링 저울의 눈금값과 회전하는 드럼의 반경을 이용하면 터빈에서 발생하는 토크는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

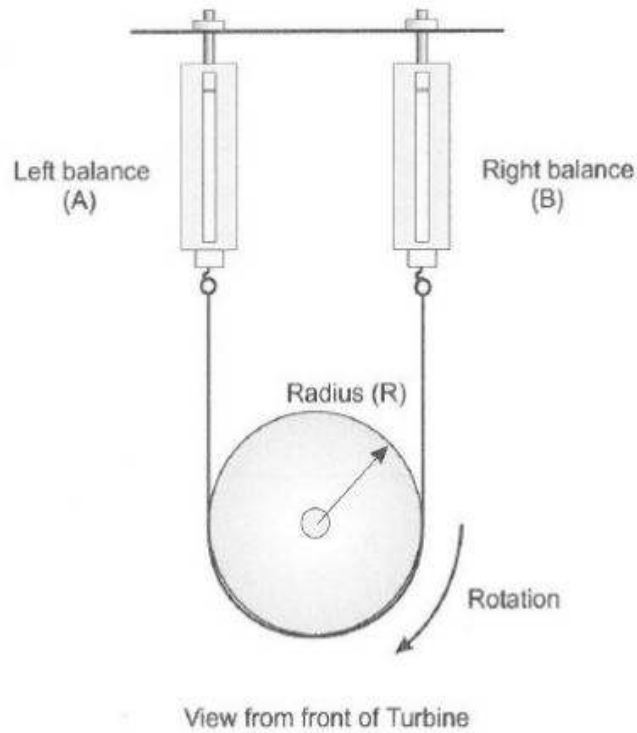


Fig. 5 Torque measurement principle

$$= \vec{R} \times \vec{F}$$

$$|\vec{F}| = |\vec{A}| - |\vec{B}|$$

④ Hydraulic Efficiency

터빈의 Hydraulic Power와 Mechanical Power를 이용하여 터빈의 효율을 계산하면 다음과 같다.

$$\eta [\%] = \frac{P_m}{P_h} \times 100$$

5. 실험장치 및 실험 방법

수력벤치를 이용하여 터빈에 물을 흘려보낸 후 터빈이 돌아갈 때의 발생동력을 측정하여 에너지 효율을 계산하기 위한 순서는 다음과 같다.

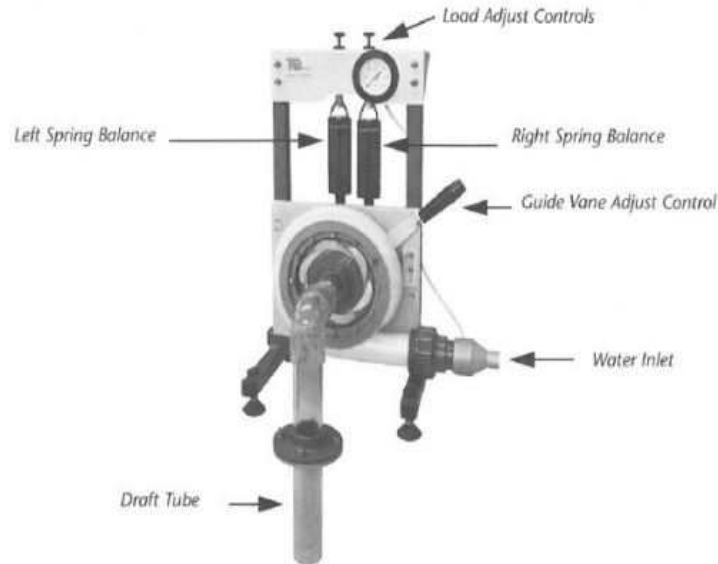


Fig. 6 Francis turbine

- (1) 실험 전 가이드 베인의 위치와 터빈에 들어오는 물의 압력(Inlet pressure) 또는 양정을 선정한다.
- (2) 터빈의 가이드 베인 위치를 확인하고 조절한다.
- (3) 터빈 뒤쪽의 스프링 저울의 눈금을 0으로 조절한다. (무부하 상태)
- (4) 수력벤치를 이용하여 최대 유량 상태에서 몇 분 정도 터빈을 돌린다. (안정화)
- (5) 터빈에 들어오는 물의 유량을 조절하여 Inlet Pressure 에 맞도록 조정한다.
- (6) 타코미터를 이용하여 무부하 상태에서의 터빈의 회전수를 측정한다.
- (7) 왼쪽 스프링 저울을 눈금을 0.5N씩 조절해가며(5),(6) 을 반복 수행한다.
- (8) (7)단계에서 스프링 저울의 눈금 (좌,우), 터빈의 회전수, 물의 유량 Inlet Pressure 를 측정하고 기입한다.
- (9) 실험을 진행하며 캐비테이션 (cavitation) 현상을 확인한다.
- (10) 측정된 물의 유량, Inlet pressure를 이용하여 터빈의 이론동력 (Hydraulic Power) 을 계산하며 스프링 저울의 눈금, 터빈의 회전수를 이용하여 발생동력 (Mechanical Power)를 계산한다.
- (11) 계산된 터빈의 이론동력(Hydraulic Power) 과 발생동력(Mechanical Power) 을 이용하여 각 유량에 대한 터빈의 효율을 계산한다.

6. 실험결과

Inlet Pressure Guide Vane Setting							
Left Balance (N)	Right Balance (N)	Flow (L.s ⁻¹)	Speed (rev.min ⁻¹)	Load (Torque) (Nm)	Mechanical Power Absorbed (W)	Power in the Water (W)	Efficiency (%)

7. 고찰

- (1) 실험 측정값을 이용하여 터빈의 이론동력 (Hydraulic Power) 과 발생동력 (Mechanical Power), 효율 (Hydraulic efficiency) 계산 과정
- (2) 터빈 유량에 따른 이론동력 (Hydraulic Power) 과 발생동력 (Mechanical Power) 그래프 그리기 ($P_h, Q_v - P_m$ Curve)
- (3) 터빈의 유량에 따른 효율 그래프 그리기 ($Q_v - \eta$ curve)
- (4) 유량 효율 그래프에 대한 설명
- (5) 캐비테이션 (cavitation) 현상에 대한 설명 및 캐비테이션을 줄이기 위한 방법에 대한 설명
- (6) 캐비테이션 현상이 터빈의 효율에 미치는 영향에 대한 설명

실험 조교 : 김현성

실험실: 1공학관 525호 정밀부품시스템설계 실험실

E-mail : bkdlj214@naver.com

작성방법 및 첨부 파일명 작성요령: Orientation - 작성요령- 과 홈페이지

참고문헌: 총 3건 이상

제출 : E-mail 제출 , 서면제출(1공525호 실험실 앞)