

## 1. 유효낙차

→ 정의 : 수차에 유입되는 물이 수차의 출력에 이용되는 낙차.

상부 저수조에서 방수로까지의 높이  
총낙차에서 손실낙차를 제외시킨 값

$$H = H_g - h_l$$

## 2. 수차 출력

→ 이론 출력 :  $L_{th}$

$$L_{th} = \gamma QH \text{ (kg}_f \cdot \text{m / s)}$$

$$L_{th} = \frac{\gamma QH}{75} \text{ (PS)}$$

$$L_{th} = \frac{\gamma QH}{102} \text{ (kW)}$$

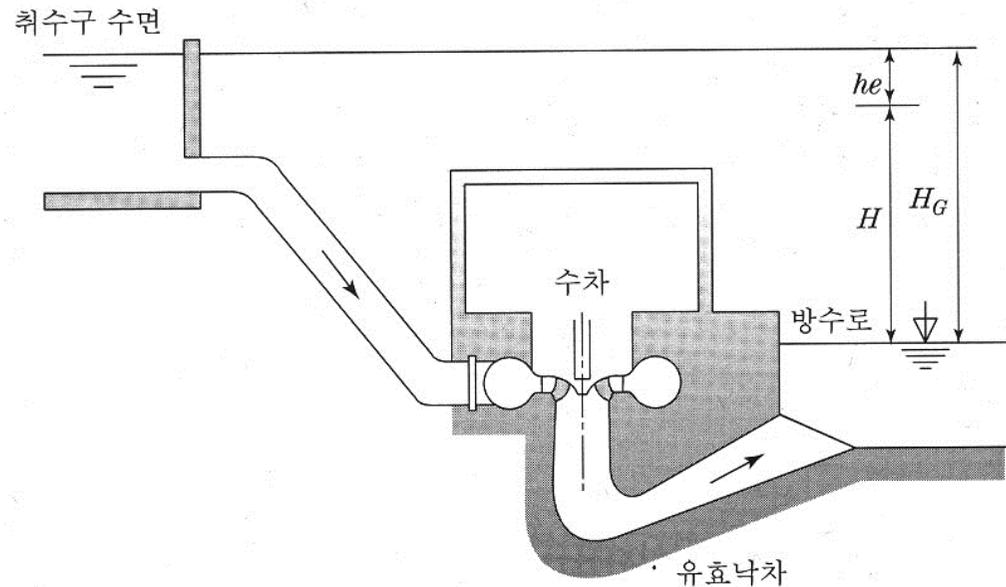


그림 10.5 유효낙차

→ 수차 출력 :  $L_t$

$$L_t = \eta_t \cdot L_{th} = \eta_t \cdot \frac{\gamma Q H}{102} \text{ (kW)}$$

→ 발전기 출력 :  $L_g$

$$L_g = \eta_g \cdot L_t = \eta_g \cdot \eta_t \cdot \frac{\gamma Q H}{102} \text{ (kW)}$$

[예제 1] 유량이  $Q=87(\text{m}^3/\text{s})$ 이고, 유효 낙차가  $H=24(\text{m})$ 인 수차의 이론 출력은 몇 kW인가?

$$L_{th} = \gamma QH (\text{kg}_f \cdot \text{m} / \text{s})$$

$$L_{th} = \frac{\gamma QH}{102} = \frac{1000 \times 87 \times 24}{102} = 20,470.6(\text{kW})$$

[예제 2] 수차의 유효 낙차가  $H=100(\text{m})$ , 유량이  $Q=200(\text{m}^3/\text{s})$ , 수차 효율이  $\eta_t=85\%$ 일 때 수차의 출력을 산출하여라.

$$L_t = \eta_t \cdot L_{th} = \eta_t \cdot \frac{\gamma QH}{102} = 0.85 \times \frac{1000 \times 200 \times 100}{102} = 166.7(\text{MW})$$

### 3. 수차의 형식과 구조

#### (1) 중력수차(gravity water wheel)

- 중력의 힘에 의하여 유효낙차와 유량이 수차에 유입될 때 물이 지닌 힘에 의하여 수차를 회전시켜 축동력을 발생.
- 위치에너지
- 물레방아

#### (2) 충격 수차(impulse water turbine)

- 물을 노즐에서 분출시켜 수차의 러너에 부착된 버킷에 충돌시켜 그 충격으로 수차를 회전시켜서 축동력을 발생
- 운동에너지
- 펄톤 수차

### (3) 반동 수차(reaction water turbine)

- 수차에 들어온 물이 지닌 에너지가 수차의 러너 깃 전후에 작용하는 압력차에 의하여 러너에 회전력을 주어서 축동력 발생
- 속도에너지와 압력에너지의 합
- 프란시스 수차

### (4) 펌프 수차(pump-turbine)

- 상부 저수조의 수위를 높여 주어서 유효낙차를 크게 하여 다음의 발전량을 증가시키도록 한 방법
- 펌프와 수차의 역할을 하는 형식

## 10장 수력 발전

표 10.1 수차의 형식

형 식	적용낙차 $H$ (m)	범 위 $n_s$
펠톤 수차	200~800	$n_s \leq \frac{4300}{H+195} + 13$
프란시스 수차	40~600	$n_s \leq \frac{21000}{H+25} + 35$
사류 수차	40~180	$n_s \leq \frac{20000}{H+20} + 40$
프로펠라 수차	3~90	$n_s \leq \frac{21000}{H+17} + 35$

4. 수차의 비속도 :  $N_s$ 

→ 수차의 형상을 특징짓는 차원 있는 상수를 구한다 ( $n$ ,  $L$ ,  $H$ )

$$H_2 = H_1 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2, \quad \frac{H_2}{H_1} = \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

$$L_2 = L_1 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^5 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^3, \quad \frac{L_2}{L_1} = \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^5 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^3$$

$$\frac{n_1 L_1^y}{H_1^x} = \frac{n_2 L_2^y}{H_2^x}$$

$$\frac{n_1}{n_2} \frac{L_1^y}{L_2^y} = \frac{H_1^x}{H_2^x}$$

$$\frac{n_1}{n_2} \left( \left( \frac{D_1}{D_1} \right)^5 \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^3 \right)^y = \left( \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2 \right)^x$$

$$N_s = \frac{nL^{1/2}}{H^{5/4}}$$

→ 반동수차는 캐비테이션 문제로 인하여 비속도의 상한 값이 있다.

→ 프란시스 수차

$$N_s = \frac{20000}{H + 20} + 30 \quad [kW, m, rpm]$$

→ 사류 수차

$$N_s = \frac{20000}{H + 20} + 40 \quad [kW, m, rpm]$$

→ 프로펠러 수차

$$N_s = \frac{20000}{H + 20} + 50 \quad [kW, m, rpm]$$

## 10장 수력 발전

표 10.2 한국 발전소의 수차 형식

구 분	수차종류	낙차(m)	한국의 발전소
충동형	펠톤 수차	200~1,800	강릉, 추산#2
반동형	프란시스 수차	50~530	화천, 섬진강, 보성강, 안흥, 추산1, 소양강, 충주
	프로펠러 수차		청평#3
	고정 날개형	3~90	춘천, 의암, 청평#1.2, 괴산 팔당
	가동 날개형 (Kaplan)	3~90	
	원통형 (Tubular)	3~20	
사류 수차	40~200	—	
펌프 수차			
프란시스형	30~600	청평, 삼랑진, 무주	
Deriaz 사류형	20~180	안동	
프로펠러형	20이하	—	

## 10장 수력 발전

표 10.3 한국의 수력발전소 현황

발전소명	발전방식	발전량 (천 kW)		낙차 (m)		수차종류
		발전기 수	총발전량	홍수시 낙차	유효 낙차	
화천수력	댐수로식	4	108	183	74.5	프란시스 수차
춘천수력	댐식	2	57.6	104.9	28.8	프로펠라 수차, 카플란 수차
의암수력	댐식	2	45	73.36	15.9	프로펠라 수차 카플란 수차
청평수력	댐식	3	7.96	52	26.02	프로펠라 수차 카플란 수차
팔당수력	댐식	4	120	27	15.8	프로펠라 수차 튜블라 수차
강릉수력	유역변경	2	82	74.5	577.7	펠톤 수차
보성강수력	유역변경	2	4.5	129.09	76	프란시스 수차
괴산수력	댐식	2	2.6	136.93	22.42	프로펠라 수차 카플란 수차
섬진강수력	유역변경	3	34.8	197.7	151.7	프란시스 수차
안흥수력	댐식	3	0.45	380	12.0	프란시스 수차
추산수력	댐수로식	4	1.4	161.6	143.63	프란시스 수차
청평양수	순양수식	2	400	535	473	펌프 수차 (프란시스형)
삼랑진양수	순양수식	2	600	401.6	345	펌프 수차 (프란시스형)
무주양수	순양수식	2	600	860	589	펌프 수차 (프란시스형)

## 10장 수력 발전

[예제 3] 유효 낙차가  $H=100(m)$ , 수차 출력을  $L_t=10,000(kW)$ 라고 할 때, 비교 회전도가  $N_s=100(kW, m, rpm)$ 이라면, 수차의 매분 회전수  $n$ 은 얼마가 될까?

$$N_s = \frac{nL^{1/2}}{H^{5/4}} \Rightarrow n = \frac{N_s H^{5/4}}{L^{1/2}} = \frac{100 \times 100^{5/4}}{10000^{1/2}} = 316.2(kW, m, rpm)$$

[예제 4] 유효 낙차가  $H=70(m)$ 인 곳에 회전수  $n=200(rpm)$ 으로 회전하고, 수차 출력  $L_t=40,000kW$ 를 내는 수차의 비속도  $N_s$ 는 얼마인가?

$$N_s = \frac{nL^{1/2}}{H^{5/4}} = \frac{200 \times 40000^{1/2}}{70^{5/4}} = 197.5(kW, m, rpm)$$

## 5. 수차효율

(1) 수력 효율 :  $\eta_t$ 

$$\eta_t = \frac{\text{러너에 실제 작용하는 에너지}}{\text{수차 입구에 들어온 에너지}} = \frac{H - \Delta H}{H}$$

(2) 체적 효율 :  $\eta_v$ 

$$\eta_v = \frac{\text{러너에 지나는 유량}}{\text{수차에 공급되는 유량}} = \frac{Q - \Delta Q}{Q}$$

(3) 기계 효율 :  $\eta_m$ 

$$\eta_m = \frac{\text{수차출력}}{\text{수동력}} = \frac{L}{\gamma(H - \Delta H)(Q - \Delta Q)}$$

(4) 전효율 :  $\eta$ 

$$\eta = \eta_k \cdot \eta_v \cdot \eta_m = \frac{L}{\gamma H Q}$$

## 10장 수력 발전

[예제 5] 유효 낙차가  $H=70(\text{m})$ , 유량이  $Q=90(\text{m}^3/\text{s})$ 의 하천을 이용하여 수차 출력을  $L_t=50000(\text{kW})$  생산하였다면 이 수차의 효율( $\eta$ )는 얼마인가?

$$\eta = \frac{L}{L_{th}} = \frac{L}{\gamma HQ} = \frac{50000 \times 102}{1000 \times 90 \times 70} = 0.81 = 81\%$$

### 6. 수차의 특성

#### (1) 무구속 속도

→ 수차 출력  $L=T\omega$

→ 토크가 증가하면 회전수가 감소.

→ 토크가 감소하면 회전수가 증가.

→ 회전속도가 증가하여  $n_R$ 이 되면 이 때의 토크는  $T=0$ 이 된다.

→ 무구속 속도 : 무부하 상태에서 수차의 회전속도.

→ 규정 속도 : 수차의 최대 효율점에서의 속도.

→ 규정속도에 대한 무구속 속도의 비

→ 펄톤 수차 : 1.8

→ 프란시스 수차 : 1.6 ~ 1.8

→ 프로펠러 수차 : 2.0 ~ 2.4

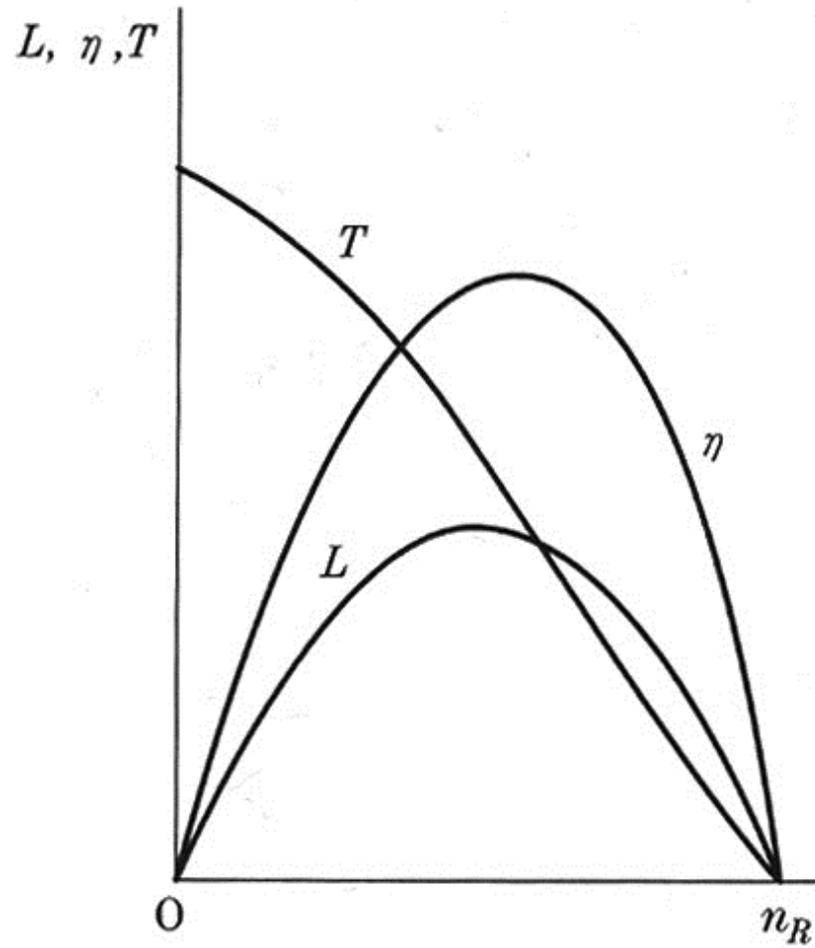


그림 10.6 수차의 무구속 속도