

## 다리우스형횡류타빈의 출력특성을 개선하기 위한 한가지 방법

박영철, 리화수

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 전력생산에서 신비주의를 깨뜨리고 수력, 화력, 풍력, 조수력 등 온갖 동력 원천을 적극 리용하여 중소규모의 발전소들을 대대적으로 건설하여야 하겠습니다.》

(《김일성전집》 제23권 42페이지)

풍력을 리용할 목적으로 개발된 다리우스형횡류타빈은 현재 조수력과 초저락차수력 발전용으로도 쓰이고있으며 이 타빈의 출력특성을 개선하기 위한 연구가 심화되고있다.

선행연구[1-3]에서는 타빈동작구역에서 흐름특성과 비대칭프로필날개의 질특성을 효과적으로 리용하여 그것의 출력특성을 개선하는 문제는 제기되지 않았다.

론문에서는 이 문제를 해결하기 위한 한가지 방법을 취급한다.

### 1. 문제설정 및 기본관계식

다리우스형횡류타빈동작구역에서 흐름은 프로펠라형타빈과 달리 비섭동흐름방향에 수직으로 놓인 타빈의 회전축을 중심으로 원운동을 하므로 동작구역의 뒤부분에 놓인 날개는 앞부분에 놓인 날개에 의한 섭동속도마당에서 동작하는것으로 하여 앞뒤부분에서 서로 다르다.

횡류타빈의 날개로 리용하는 대칭프로필날개의 질특성은 정, 부의 마중각에서 서로 대칭이지만 비대칭프로필날개의 질특성은 정, 부의 마중각에서 비대칭성을 띤다.

론문에서 논의하는 비대칭프로필NACA63421형과 동일한 최대두께를 보장하는 대칭프로필NACA0021형의 질특성을 비교하면 그림 1과 같다.

그림 1에서  $|K|$ 은 날개질의 절대값이며  $\alpha$ 는 날개의 마중각이다.

우리는 횡류타빈의 동작구역에서 흐름속도가 큰 앞부분에서 부의 마중각이 형성되도록 비대칭프로필형날개를 리용하던 선행방법과 달리 정의 마중각이 보장되도록 날개프로필의 웃면이 날개회전원주상에서 안쪽에 놓이도록 설치한 경우의 출력특성에 대하여 연구한다.

비대칭프로필형날개로 된 날개설치평면도는 그림 2와 같다.

횡류타빈의 동작특성으로부터 운동량리론에 기초한 한겹모형과는 달리 타빈동작구역

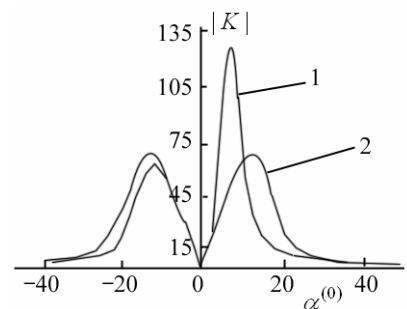


그림 1. 날개프로필의 질특성  
1-NACA63421형, 2-NACA0021형

의 앞, 뒤흐름특성을 반영한 두겹모형을 리용하는것이 적합하다.

두겹모형의 결과는 한겹모형을 앞뒤부분에서 반복적용한 결과이다.

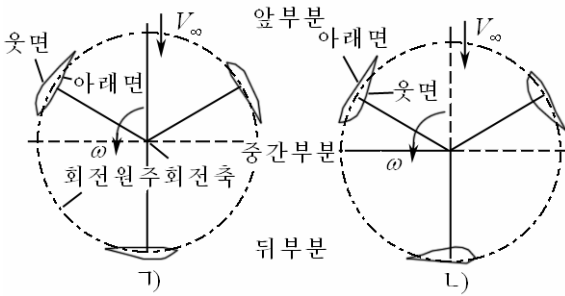


그림 2. 타빈날개설치도

ㄱ) 선행설치방법, ㄴ) 본문의 설치방법

가정하면 동작때에는  $V_1 > V_2$  이며 한회전하는 동안 날개의 회전속도  $v = \omega R$  가 일정하다고 가정하면 동작구역앞뒤에서 상대흐름속도는  $W_1 > W_2$  로 된다.

횡류타빈의 동작원리를 한겹모형에 기초하여 간단히 2차원적으로 고찰하면 그림 3과 같다.

그림 3에서  $\varphi$  는 날개위치각,  $\alpha$  는 마중각,  $R$  는 타빈 반경,  $U = \omega R$  는 날개의 회전속도,  $V$  는 동작구역에서 흐름속도,  $W$  는 상대흐름속도이다.

1개 날개가 반경이  $R$  인 원주상에서 위치각  $\varphi$  에 놓인 경우  $W$  는  $W = V\sqrt{\mu'^2 + 2\mu'\cos\varphi + 1}$  과 같이 표시된다.

여기서  $\mu' = \frac{R\omega}{V}$  는 속도비,  $\omega$  는 타빈의 회전각속도이다.

날개에 작용하는 양력과 저항력은 각각  $F_L = \frac{1}{2}C_L\rho AW^2$ ,  $F_D = \frac{1}{2}C_D\rho AW^2$  과 같다. 여기서  $C_L$ ,  $C_D$  는 각각 양력 및 저항력계수이며  $\rho$  는 매질의 밀도,  $A$  는 날개의 자름면면적이다.

1개의 날개에 작용하는 접선력을  $F_t = F_L \sin \alpha - F_D \cos \alpha$ , 날개의 마중각을  $\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{\sin \varphi}{\mu' + \cos \varphi}\right)$  로 하면 한 날개에 의하여 발생되는 회전모멘트는 다음과 같다.

$$M_1 = F_t R = \frac{1}{2} \rho R A W^2 (C_L \sin \alpha - C_D \cos \alpha)$$

$n$  개의 날개에 의한 한회전평균모멘트는  $\bar{M} = \frac{n}{2\pi} \int_0^{2\pi} M_1 d\varphi$  이며 평균모멘트계수  $C_M$  은

$$C_M = \frac{\sigma}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left(\frac{W}{V_\infty}\right)^2 (C_L \sin \alpha - C_D \cos \alpha) d\varphi$$

와 같다.

두겹모형에 기초하면 한회전할 때 모멘트계수는 다음과 같다.

타빈 동작구역에서 속도특성은 다음과 같이 표시된다.

$$V_1 = A_1 V_\infty, V_2 = A_2 (2A_1 - 1) V_\infty$$

$$V_e = (2A_1 - 1) V_\infty, V_d = (2A_1 - 1)(2A_2 - 1) V_\infty$$

여기서  $V_\infty$  는 비섭동흐름속도이고  $V_1$ ,  $V_e$ ,  $V_2$ ,  $V_d$  는 각각 앞부분, 중간부분, 뒤부분, 뒤부분뒤에서 흐름속도이며 흐름계동결수는  $A_1 = V_1/V_\infty$ ,  $A_2 = V_2/V_e$  이다.

타빈이 동작하지 않을 때  $V_1 = V_2$  이라고

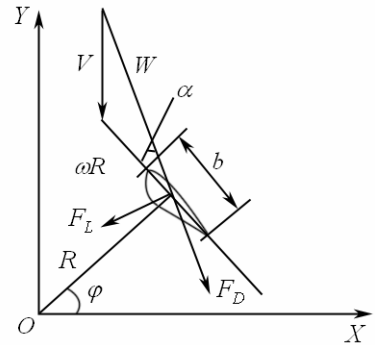


그림 3. 날개에 작용하는 상대흐름속도와 힘성분들

$$C_M = \frac{\sigma}{2\pi} A_1^2 \int_0^\pi \left( \frac{W}{V_\infty} \right)^2 (C_L \sin \alpha - C_D \cos \alpha) d\varphi + \frac{\sigma}{2\pi} A_2^2 (2A_1 - 1)^2 \int_\pi^{2\pi} \left( \frac{\omega}{V_\infty} \right)^2 (C_L \sin \alpha - C_D \cos \alpha) d\varphi$$

이 식의 오른변의 첫항은 앞부분에, 둘째 항은 뒷부분에 해당된다. 여기서  $\sigma = \frac{nb}{D}$  는 막힘계수이고  $D$  는 타빈의 직경이다.

출력특성을 평가하는 출력계수는

$$C_P = C_M \mu$$

이다. 여기서  $\mu = \frac{\omega R}{V_\infty}$  는 속도비이다.

## 2. 계산 및 결과분석

계산은 날개프로필형 NACA63421, 날개길이 1.5m, 날개수 3개, 회전자직경 1.5m, 날개현의 길이 0.15m인 횡류타빈에 대하여 속도비를 변화( $\mu = 2 \sim 5$ )시키면서 진행하였다.

매질(물)의 속도는 3m/s 이다.

타빈이 한회전할 때 앞뒤부분에서 상대흐름속도의 변화특성은 그림 4와 같으며 접선력계수의 변화특성은 그림 5와 같다.

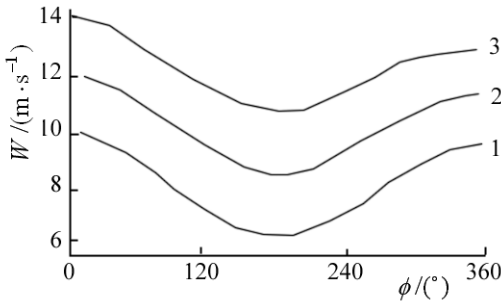


그림 4. 상대흐름속도의 변화특성

1, 2, 3은 각각  $\mu = 2.5, 3.5, 4.5$  일 때

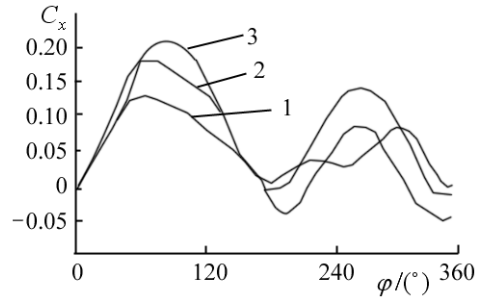


그림 5. 접선력계수의 변화특성

1, 2, 3은 각각  $\mu = 3, 4, 5$  일 때

그림 5에서 보는바와 같이 날개프로필의 웃면이 안쪽에 놓일 때 접선력계수가 뒷부분보다 앞부분에서 더 크다.

선행방법과 본문의 방법에서의 출력특성을 비교한 결과는 그림 6과 같다.

그림 6에서 보는바와 같이 최대출력계수가 선행설치방식에서는  $C_p = 0.45$  이지만 횡류타빈동작구역에서의 흐름특성과 비대칭프로필날개의 질특성을 효과적으로 리용할수 있게 새롭게 제안한 날개설치형식에서는  $C_p = 0.51$  로 높일수 있다.

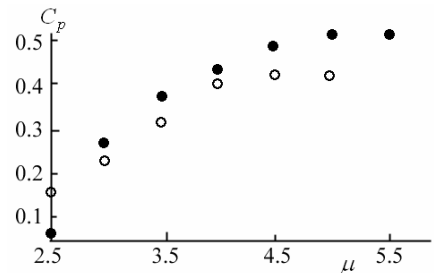


그림 6. 출력특성

○ 선행방법, ● 본문의 방법

## 맺는 말

비대칭프로필날개로 되어있는 다리우스형횡류타빈에서 타빈동작구역의 앞, 뒤에서의 흐름특성을 평가하였으며 날개프로필의 질특성을 효과적으로 리용하기 위하여 프로필의 웃면이 날개회전원주상의 안쪽에 놓이도록 설치하여 출력특성을 개선하였다.

## 참고 문헌

- [1] A. Schonborn et al.; Renewable Energy, 32, 4, 662, 2007.
- [2] V. P. Kayan; Open Journal of Renewable Energy and Sustainable Development, 1, 2, 9, 2014.
- [3] 古川明德 等; エネルギー資源, 123, 2, 68, 2002.

주체105(2016)년 11월 5일 원고접수

## A Method to Improve the Power Characteristics of Darrius Type Cross Flow Turbine

*Pak Yong Chol, Ri Hwa Su*

We considered a method to improve the power characteristics using the flow property of fluid and the quality property of blade effectively in the action area of the turbine at the Darrius type cross flow turbine with unsymmetrical wing profile. We found that maximum power coefficient of turbine increased from  $C_p = 0.45$  to  $C_p = 0.51$  when the camber of unsymmetrical wing profile was put inside of rotating circle.

Key word: Darrius type cross flow turbine