

# 10 kW급 유체 토크 컨버터를 이용한 풍력발전시스템에 관한 연구

論 文
58-1-3

## A Study of the 10 kW-Level Wind Turbine System by Controlled Hydraulic Torque Converter

張美惠\* · 金東龍†  
(Mi-Hye Jang · Dong-Yong Kim)

**Abstract** - In this paper, A generator of existing vertical type wind turbine system is connected to bevel gear. But, the generator of proposed wind turbine system is connected to Hydraulic torque converter. In case of the proposed wind turbine system, is possible to make torque transmission long distance, set up generator somewhere in between the tower or the ground as well as, nacelle weight can be greatly down. Lightweight of nacelle exactly wind direction tracking can be easily also, cost down of established frame structure and generator setting, maintenance, easy and improvement of system stability.

**Key Words** - Hydraulic, Torque, Converter, Wind Turbine

### 1. 서 론

현재 지구온난화의 심각성으로 인해 녹색그린 혁명을 맞이하고 저탄소로 자원으로 에너지를 대체하지 못할 경우 지구에서 살아가는 생명체에 위협 뿐 만 아니라 모든 에너지근간이 교토 의정서에 의한 배출가스 양에 의해서 국제적인 규약에 모든 분야가 재분배되어가도 있다 그러므로 태양광, 풍력, 연료가스 기타 신재생에너지원은 자원 고갈될 염려 없이 무한정 이용 가능한 것으로 인류사회에서 연구해야 할 사명감을 가지고 해야 된다고 사료된다.

그러므로 본 연구는 동안 여러 가지 풍력발전기를 연구함으로써, 유럽, 미국에서의 일반적인 타입 일 기아(gear) 타입 일 풍력발전기를 해외에서 수입하다가 쓰는 정도였는데 본 연구실에서 기아가 대신 유체 토크 컨버터를 이용한 신개념 풍력발전기를 연구하여 왔다[1-7]. 지난 연구에서 5[kW]급 유체토크컨버터를 이용한 풍력발전시스템에 대하여 연구실험에 대한 방법론을 확립하였다. 본 연구에서는 이러한 선행 연구를 바탕으로, 용량을 10[kW]급으로 업그레이드하여 기존 설계의 타당성을 검토하고 발전기와 컨버터와의 관계를 고려한 종합적인 설계 검토를 통해 효율 및 생산 전력량에 관련한 사항까지 연구 범위를 확장하였다.

신재생에너지원으로서 소형 풍력 발전시스템에 대한 사회적 요구와 활용범위는 매우 크다. 특히 우리나라처럼 바람의 변화가 심한 지역은 소규모의 경제성 있는 소형 풍력 발전에 대한 수요가 오래 전부터 예견되어 왔다.

본 논문에서는 보다 효율적인 유체토크컨버터의 설계 및 제작을 위해 10[kW]급 연구를 통하여 유체토크 컨버터를 이용한 풍력발전기의 가능성을 보여주고 추후 용량을 높여서 실제 상업적인 응용조차 가능하도록 연구하고자 한다.

### 2. 전체 풍력발전기개념도

#### 2.1 유체기계식 변속기

유체기계식 변속기는 오일의 압력과 체적을 이용한 변속기로서, 가변용량 유압펌프와 유압모터를 서로 연결하여 구성된 것으로, 풍력발전기 상부에는 발전기의 날개와 조합하여 가변용량 유압펌프를 설치하고, 타워 지면에는 발전기와 가변용량 유압모터를 조합하여 가변용량 유압펌프를 설치하고, 가변용량 유압펌프와 유압모터의 사이에는 유체가 흐르도록 관으로 연결하여 가변용량 유압펌프에서 토출되는 유체가 풍력발전기의 날개에서 발생하는 동력의 크기에 따라 유량과 압력을 조정하여 적절한 유량과 압력으로 유압모터에 공급된다.

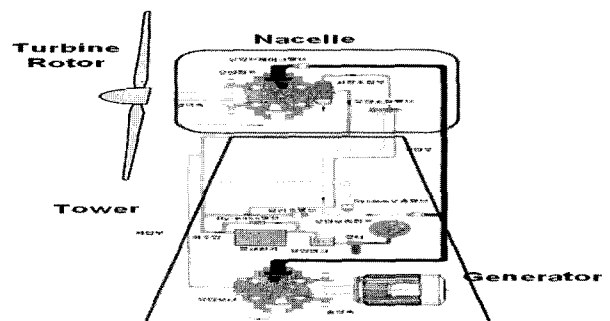


그림 1 풍력 발전기 시스템 구성도  
Fig. 1 Wind Turbine System Structure

\* 正 會 員 : 전북대학교 工科大学 에너지공學科 초빙교수·工博

† 교신저자, 正會員 : 전북대학교 工科大学 에너지공學科  
教授·工博

E-mail : jangmi@chonbuk.ac.kr

接受日字 : 2008年 12月 1日

最終完了 : 2008年 12月 24日

그림 1은 터바인, 로터, 타워, 나셀, 발전기와 유체토크컨버터를 내장한 신개념 풍력 발전기 시스템 구성도이다. 유압펌프에서 기계에너지를 일정한 rpm으로 증속시키고 유관을 통하여 유압유의 매지를 통하여 유압모터의 이렇게 공급받은 유체로 유압모터를 구동하게 되며, 그 회전수와 토크를 가감하여 필요한 속도로 회전시키게 되며, 이 유압모터는 발전기를 구동하게 된다. 이 때 가변용량 유압모터는 항상 일정한 회전이 출력될 수 있도록 하는 성능을 가지며, 발전기는 일정한 회전을 하게 된다.

이러한 유체기계식 변속기는 가, 감속 조절이 간단하고, 크기와 중량이 적으며, 무부하 운전이 가능하여 낮은 풍속의 바람에서 회전을 시작할 수 있어 구조를 간단하게 할 수 있으며, 에너지를 절약 할 수 있는 구조이다.

### 2.2 유체기계식 변속기 특징

- 유체기계식 변속기는 유압펌프와 유압모터가 조합된 무단변속기이다.
- 가변용량 유압펌프는 로터 기울임 각을 조정함으로 유량을 조절할 수 있는 가변용량 펌프이다.
- 가변용량 유압펌프는 가동 중 유량의 가/감 조정뿐 아니라 Zero유량 및 흡입, 토출의 절환도 가능하다.
- 이는 기어열 없이 출력축의 폭넓은 속도조정 범위를 가능하게 한다.
- 가변용량 유압펌프는 유량조절을 미세한 틈새로 하지 않으므로 트러블 요인이 아주 적다,
- 유체의 압력이 로터를 직접 회전시키므로 손실을 줄일 수 있다.
- 변속조정부에 토크 제어장치를 부착함으로 정토크 제어를 할 수 있다.
- 저속에서도 부드러운 고투크의 회전력을 얻을 수 있다.
- 저속회전부터 고속회전까지 사용범위가 타 메카니즘 보다 넓다.
- 회전의 컨트롤이 간편하다.

## 3. 10[kW]급 유체토크 컨버터

### 3.1 유체토크 컨버터 실험조건

실험에 적용한 유체토크 컨버터의 용량 및 실험 조건은 다음과 같다.

- 유체토크 컨버터 용량: 10[KW] 급
- 유압호스 길이: 7[m]

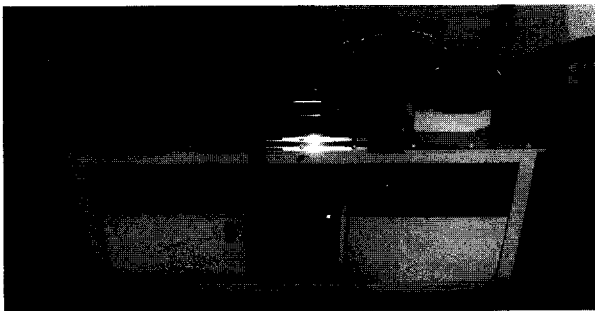


그림 2 풍력시스템용 유체토크 컨버터시스템  
Fig. 2 Wind Turbine Hydraulic Torque Converter System

- 블레이드 토크 입력: 3상 유도전동기 사용
  - 가변풍속입력 : 인버터를이용한 3상유도전동기속도 제어
  - 1차측 유체컨버터: 800 ~ 2000[rpm] 까지 조절하여 실험
  - 2차측 유체컨버터: 1500[rpm]으로 고정(정회전 유지)
  - 부하 조건: 3[kW], 6[kW]급 전기히터
- 사진 2에서는 풍력시스템용 유체토크 컨버터 시스템을 제작하여 입력 측에 모터를 연결하여 실험 장치이다.

### 3.2 유체토크 컨버터 실험

그림 3은 10[kW]급 유체토크 컨버터 1차측과 블레이드 토크 입력 대응으로 사용된 3상 유도전동기가 연결된 실험 사진이다. 그림 4는 유체토크 컨버터 1차측과 냉각장치가 연결된 실험 사진이다. 그림 3은 유체토크 컨버터 1차측과 2차측을 연결해주는 유압 호스와 2차측 연결 사진이며, 그림 4는 유체토크 컨버터 1차측의 입력변화에 따른 2차측 출력단의

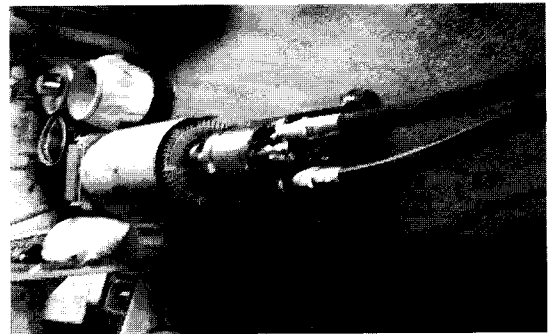


그림 3 유체토크 컨버터 1차측 사진  
Fig. 3 Photo of Fluid Torque Converter Primary

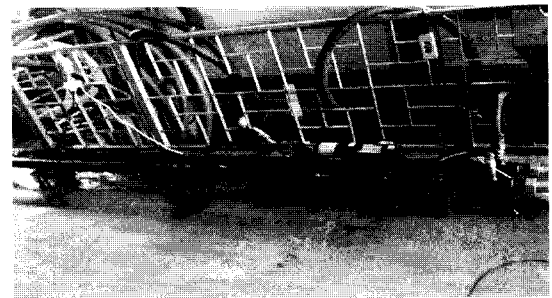


그림 4 유체 토크 컨버터 냉각장치시스템  
Fig. 4 Fluid Torque Converter Cooling System

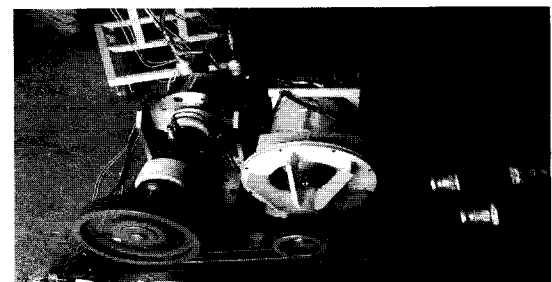


그림 5 유체토크 컨버터 유압 호스와 2차측 컨버터 사진  
Fig. 5 Photo of Oil Pressure Transmission Hose&Fluid Torque Converter Secondary

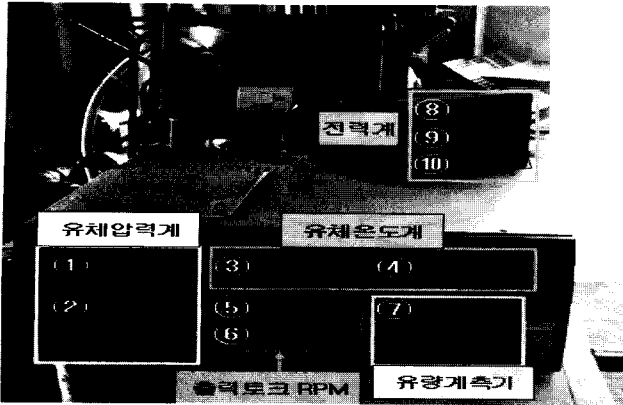


그림 6 실험 데이터 표시부

Fig. 6 Test Parameter Display

- ①: 1차측 유체압력      ②: 2차측 유체압력
- ③: 입력측(1차측)유체온도      ④: 출력측(2차측) 유체온도
- ⑤: 출력측(2차측)Torque      ⑥: 출력측(2차측) RPM
- ⑦: 유량계측기      ⑧: 발생전압
- ⑨: 발생전류      ⑩: 발생전력

토크 출력 실험을 위한 각종 파라미터들을 나타내는 것으로 1차와 2차측 유체의 온도, 1차와 2차의 유압, 2차측 출력토크, 2차측 회전속도, 유체의 유량 등을 표시한다. 그림 4에서와 같이 1차측 토크 입력 변화에 따른 2차측 출력 토크가 정확히 전달되어 정상적인 발전기 구동이 가능하였고 밸브 제어에 따라 연속적인 증속 및 감속이 자유롭게 수행 되었다.

4. 유체토크 컨버터 출력 실험 결과

그림 5, 6에서는 유체토크 컨버터 1차측에 800 ~ 2000까지 회전수[rpm] 변화를 주고 2차측은 1500[rpm]에 고정하여, 3[kW], 6[kW]의 부하를 주어 토크, 압력, 전압, 전류, 전력 등을 측정된 값이다. 그림 7에서는 유체토크 컨버터 실험을 통해 측정된 값을 분석하여 투입된 동력과 출력된 동력을 회전수[rpm]별로 효율 곡선을 나타낸 것이다. 이러한 실험 결과 신개념의 고효율 풍력 발전 시스템을 개발하기 위하여 10[kW]급 유체 토크컨버터를 설계 제작하여 풍력발전시스템에서 컨버터 효율 향상을 위해서 설계를 하였다.

현재 진행 중인 부분별 실험을 완료한 후, 유체 토크 컨버터 풍력발전 시스템 동작 특성을 분석한 결과 출력 동력은 일정한 수치를 보이고 있다. 즉, 출력 측의 회전수[rpm]는 일정하게 정회전을 유지한 결과이다.

또한, 발전효율을 분석한 결과 1차측 토크 컨버터의 회전수[rpm] 변화에 따라 효율 곡선이 차이를 보이고 있고, 부하 조건에 따라 3[kW] 부하에서는 1200[rpm], 6[kW] 부하에서는 900[rpm]에서 가장 높은 발전효율을 보이고 있다. 그림 10은 회전수에 따른 부하 3kW와 6kW에서의 유체

Torque Converter시스템의 발전기 효율을 나타낸 것이다. 전체 시스템을 구성하여 실험한 결과 1400rpm에서 최대의 효율을 나타냈다. 그림 11은 회전수에 따른 부하 3kW와 6kW에서의 유체 Torque Converter의 총발전 효율 나타내었다. 3kW는 900에서 22.18%, 6kW는 1200rpm에서 최대효율 32.8%나타났었다.

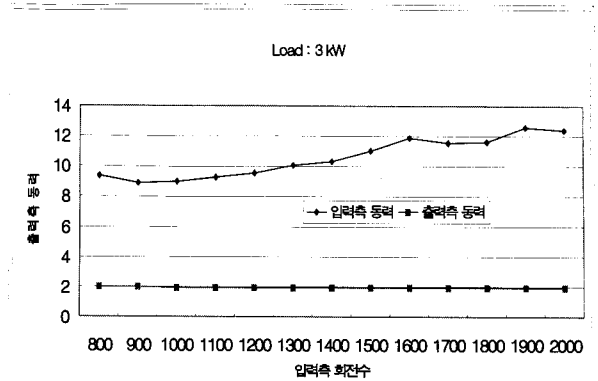


그림 7 입력회전수에 따른 유체토크컨버터 출력[Load: 3 kW]

Fig. 7 Hydraulic Torque Converter Output in Rotational Frequency [Load:3kW]

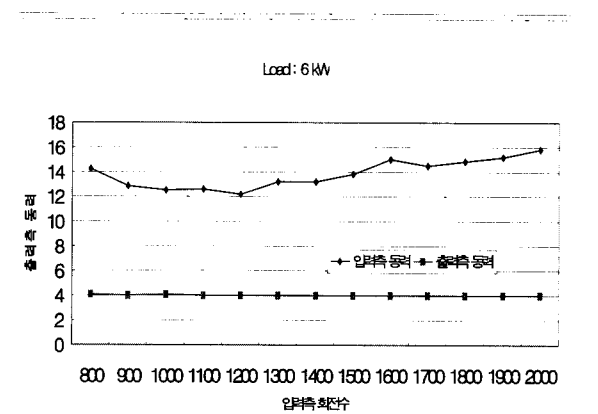


그림 8 입력 회전수에 따른 유체 Torque Converter의 출력 [Load : 6kW]

Fig. 8 Hydraulic Torque Converter Output in Rotational Frequency[Load : 6kW]

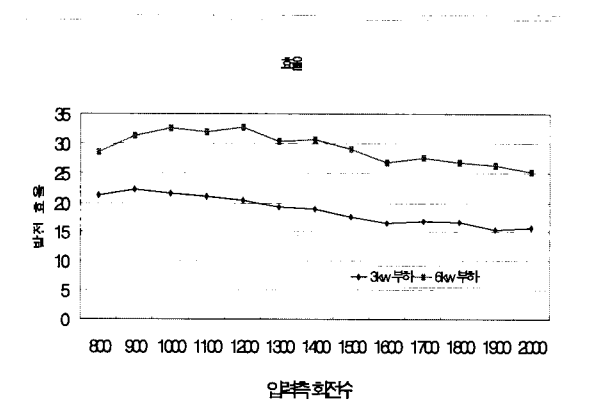


그림 9 회전수에 따른 부하 3kW와 6kW에서의 유체 Torque Converter의 개별 효율

Fig. 9 Efficiency of Hydraulic Torque Converter in 3kW and 6kW in Rotational Frequency

참 고 문 헌

- [1] 김동용 외, "30kW급 Dual-rotor 풍력발전기 실증연구", 산업자원부 에너지관리공단 연구보고서 2001N-WD11-P-12, 2002년 12월.
- [2] 김건훈 외, "소형 풍력발전기 성능평가 사업", 산업자원부 연구보고서2000-N-WD 02-P-03, 2002년 12월.
- [3] 김동용 외, "계통연계형 차세대 풍력발전 시스템 연구 개발", 산업자원부 연구보고서 2003년 9월.
- [4] 정봉출 "실시간 바람 추적형 소형 풍력발전기에 관한 연구" 전북대학교 대학원 석사학위논문
- [5] 우시야마 외 1인, "소형풍차 핸드북(제5판), 2004. 6월.
- [6] 이영호·이연원·윤정민 역, "유체기계", 1999. 3월, 태훈출판사
- [7] 손충렬 외 100인, "2008년 한국풍력에너지학회 춘계학술대회 논문집" (사)한국풍력에너지학회

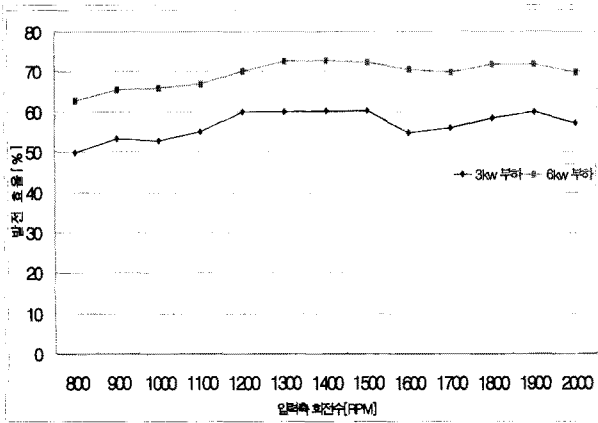


그림 10 회전수에 따른 부하 3kW와 6kW에서의 유체 Torque Converter 시스템의 발전기 효율  
 Fig. 10 Generator Efficiency of Hydraulic Torque Converter in 3 kW and 6 kW in Rotational Frequency

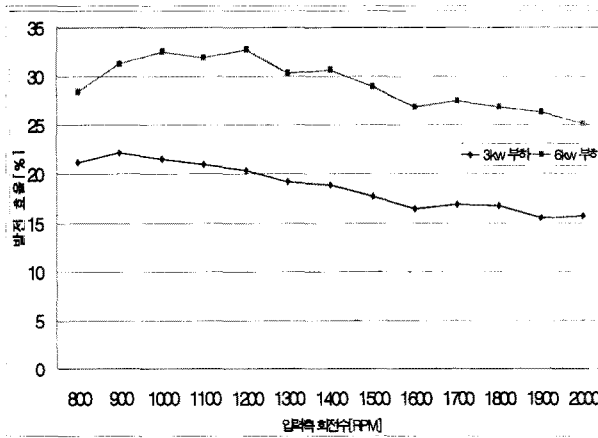


그림 11 회전수에 따른 3kW와 6kW에서의 유체 Torque Converter의 총 발전효율  
 Fig. 11 Total Generating Efficiency of Hydraulic Torque Converter in 3kW and 6kW in Rotational Frequency

5. 결 론

본 연구에서 유체토크 컨버터를 기어 대신 이용하여 풍력 발전기를 만들 수 있고, 컨버터의 효율은 현재 45%정도 되었지만, 유체토크 컨버터의 효율개선을 위한 슬롯조절과 유체모터와 유체 펌프의 효율을 개선할 수 있다는 것을 확인 하였고, 용량이 클수록 효율이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 본 실험을 통해 측정된 데이터를 바탕으로 좀더 정확히 연구하여 실제 풍황에 맞게 입력속 회전수[rpm]를 변화시켜 정확한 시스템 파라미터를 조사하고 개선하여 고효율의 유체토크 컨버터를 이용한 풍력발전시스템을 개발하여 전 세계에 유일한 풍력발전기를 연구 개발하여 풍력발전기의 전기를 만들기 위해서 지속적인 연구를 수행하고자 한다.

저 자 소 개



장 미 혜 (張美惠)

2008- 전북대학교 에너지공학과, 초빙교수  
 2008- 한국신재생에너지연구원, 연구위원장  
 2005- 차세대풍력연구센터, 연구원  
 2006-2008 연세대학교, 연구교수,  
 2002-2006 미국표준과학연구원(NIST; National Institute of Standards and Technology, USA), 객원연구원(포닥)  
 2000 오하이오주립대학 USA, 객원연구원  
 1996-1997 에이스 기술단, 연구실장,  
 1992-1996 삼화연구소, 책임연구원



김 동 용 (金東龍)

2008.9~현재(사)새만금 코리아 지도위원  
 2008.3~현재(사)한국신재생에너지연구원 원장  
 2004.11~현재 전북대학교 차세대풍력발전 연구센터 센터장  
 2004.11~2006.12 국가에너지자문위원  
 2001.10~2005.12 (사)한국풍력에너지학회 초대회장, 1997- 현재 IEEE AICSP, 편집위원  
 (現)전북대학교 에너지공학과 주임교수  
 (現)전북대학교 전자정보공학부 교수