

750kW급 DFIG 풍력 발전기 모니터링 시스템 개발 및 통신 표준화 적용 방안에 관한 연구

이 덕수¹⁾, 이 준철²⁾, 최 인선³⁾, 최 영준⁴⁾

750kW-class DFIG Wind Turbine Monitoring System Development and Study on Scheme for Applying Standardized Communication

Ducksu Lee, Junchul Lee, Insun Choi, Youngjun Choi

Key words : Wind Turbine(풍력발전), DFIG(이중여자 권선형유도기), Monitoring System(모니터링 시스템), IEC61400-25 (International Standard of Wind Turbines)

Abstract : This paper presents monitoring system for 750kW-class DFIG wind turbine generator system and an architecture for applying standardized communication, IEC61400-25. Monitoring and control system is consists of wind turbine PLC, Local and Remote I/O Server, HMI. and Web-server. Proposed System has been demonstrated in Daegi-ri, Kangwon-do, which aims to test local and/or remote monitoring and control system and evaluate the performance of 750kW-class WTS. Finally we described the design of logical nodes and services based on IEC61400-25 and its application scheme.

subscript

WTS : Wind Turbine System
DFIG : Doubly Fed Induction Generator
PLC : Programmable Logic Controller
PCS : Power Conditioning System
DER : Distributed Energy Resource

1. 서 론

지구온난화 방지를 위해 온실가스 배출을 규제하기 위한 유엔기후변화협약 및 환경변화 문제에 대한 사회적인 이슈는 다양한 신·재생에너지원의 연구·개발 및 사용을 가속화 하고 있다. 최근 유가의 급등과 에너지 안보 문제, 그리고 개발도상국을 중심으로 한 에너지 수요의 급격한 증가는 신·재생원의 경제적 실행 가능성을 높이고 있으며, 각 나라에서 정책적으로 신·재생에너지원의 설비 확대 및 사용량의 비중을 높이는데 주력하고 있다. 현재 태양광, 태양열, 연료전지, 소수력, LFG(landfill gas)를 이용한 발전, 풍력, Bio-Mass, 폐기물 등 다양한 신·재생에너지원이 사용되고 있으며, 그중에 풍력 발전 시스템이 가장 경제성이 있는 것으로 평가되고 있다.

이에 따라 국내에서도 풍력 발전 시스템의 개발에 관한 많은 연구가 진행되고 있으며, 정부 주도하에 제주도 행원, 한경을 비롯하여 대관령, 새만금 등에 풍력발전기 설치되어 운전되고 있다. 당사에서도 750kW 및 2MW 풍력발전 시스템을 개발하여 상용 운전 및 실증시험을 하고 있다.

본 논문에서는 풍력발전 시스템의 운전 상황을 모니터링하고 제어하며, 취득된 데이터를 이용하여 WTS의 성능을 평가하기 위한 모니터링 시스템에 대하여 기술하였으며, 풍력발전시스템의 국제 표준 통신방식인 IEC61400-25를 적용하기 위한 당사 750kW급 WTS의 LN 및 Services 설계와 적용방안에 관하여 논의 하였다. 제안된 시스템은 현재 대관령 실증시험장에 적용되어 운전되고

- 1) (주)효성 중공업연구소
E-mail : dslee@hyosung.com
Tel : (031)596-1682 Fax : (031)596-1698
- 2) (주)효성 중공업연구소
E-mail : juniwas@hyosung.com
Tel : (031)596-1723 Fax : (031)596-1698
- 3) (주)효성 중공업연구소
E-mail : cis@hyosung.com
Tel : (031)596-1727 Fax : (031)596-1698
- 4) (주)효성 중공업연구소
E-mail : swot87@hyosung.com
Tel : (031)596-1730 Fax : (031)596-1698

있으며, 실증연구를 통하여 제안한 시스템의 검증 결과를 기술하였다.

2. DFIG 풍력발전시스템¹⁾

당사에서 개발한 750kW급 Geared Type 풍력발전 시스템은 권선형 유도발전기를 적용하여 DFIG 타입으로 구성되었으며, DFIG 시스템의 장점은 권선형 유도기의 회전자에 전력변환기를 설치하여 시스템 운전범위가 기존의 농형유도기에 비해 넓으며, 풍력발전시스템에 적용하는 전력변환기 용량도 Gearless Type에 비하여 작게 구성할 수 있어서 경제적이며, 운전 효율이 높은 것이 DFIG WTS의 특징이다.

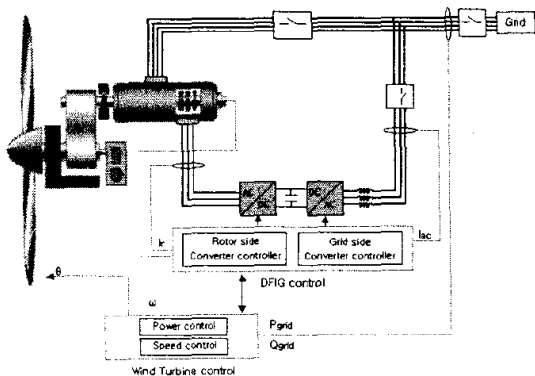


Fig.1 DFIG 풍력발전시스템 구성도

그림 1은 DFIG 풍력발전시스템의 전체 구성도로 유도기의 회전자는 전력변환기와 연계되어 슬립전력을 제어한다. 그리고 계통 연계형 전력변환기는 제어보드, IGBT 스택, 필터, 전압-전류 센서로 구성되어 있다.

3. 풍력 모니터링 시스템

풍력발전 시스템은 Wind Energy를 전기에너지로 변환하는 기술로써 풍력 발전 시스템을 구성하고 있는 Blade, Tower, 증속기, 발전기, PCS(Power Conditioning System) 등의 하드웨어 설계 및 유도기 회전자의 속도 및 토크제어, 여자의 전압 제어, 전류제어, 풍속에 따른 발전기의 회전 및 발전량 제어, PCS의 운용 스킴 등 다양한 기술이 요구된다. 따라서 WTS의 개발 및 성능 향상을 위해서 모니터링 및 분석 기능이 필수적으로 있어야 하며, 본 절에서는 풍력 발전시스템의 운전상태 및 각 파라미터를 모니터링하고 취득된 데이터를 이용하여 WTS의 성능을 평가할 수 있는 풍력발전기 모니터링 시스템에 대해 소개한다.

3.1 모니터링 시스템 개요

풍력 발전 모니터링 시스템은 그림 2와 같이 DFIG 타입의 WTS의 각 부분을 모니터링하고 제어하는 PLC (Programmable Logic Controller), PLC에서 풍력 발전설비의 정보를 전송받아 Analogue 및 Digital 정보를 저장하고 로컬 HMI 및 Remote I/O Server에 취득된 정보를 전송하는 Local I/O

Server, 인터넷 망을 통해 각 설비의 로컬 서버에 접속하여 원격에서 모니터링 및 제어 기능을 수행하는 Remote I/O Server, 통신을 증폭하는 CSU/DSU(Channel Service Unit/Digital Service Unit), 그리고 웹 서비스 기능을 수행하는 웹 서버로 구성된다.

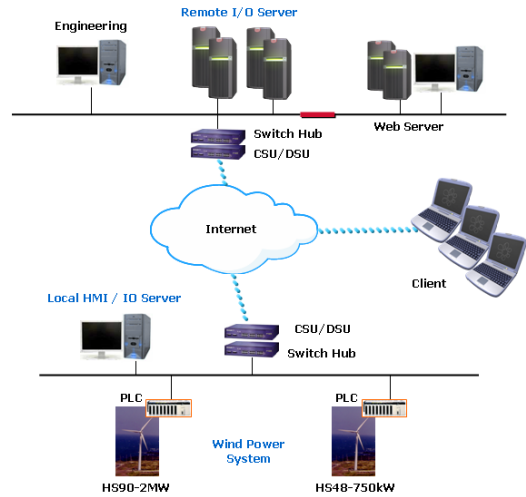


Fig.2 WTS 모니터링 시스템 구성도

3.2 풍력 모니터링의 각 기능

(1) WTS PLC : 풍력 터빈, 피치, 발전기, PCS, Yaw 등 풍력 발전 시스템에 관한 10개의 그룹으로 분류하여 각 파라미터의 아날로그 값, 상태 정보 및 이벤트 정보를 모니터링 할 수 있으며, 각 모니터링 파라미터는 그 쓰임새에 따라 순시치 및 2분, 10분(Min, Max, Mean, Standard Deviation) 값을 모니터링 할 수 있도록 구성하였다. 상위 Local I/O Server와 Ethernet 기반으로 FINS 프로토콜을 이용하여 통신한다.

(2) Local I/O Server : WTS PLC로부터 풍력 발전 시스템에 관한 아날로그 값, 상태 정보 및 이벤트 정보를 전송받아 주요 정보를 저장하고 Local HMI에 DDE(Dynamic Data Exchange)로 전송하며, Remote I/O Server에 Ethernet 기반 FINS 및 자체 프로토콜을 이용하여 데이터를 전송한다.

(3) Remote I/O Server : 풍력 발전 시스템을 비롯하여 여러 현장에서 각 분산전원의 발전 시스템을 관리하고 있는 Local I/O Server로부터 데이터를 전송받아 원격에서 각 상태를 감시-제어하고 운영 및 실시간 데이터를 저장하여 각 시스템의 성능을 평가할 수 있다.

(4) HMI 및 Web Server : HMI 부분은 I/O Server부터 데이터를 전송받아 실시간 값, 상태 정보, 이벤트 정보, 발전량 정보 및 다양한 분석 화면을 제공한다. 또한 풍력발전의 성능 분석 및 평가에 필요한 주요 정보를 DB에 저장하여 이력 정보를 제공한다. Web Server는 Remote I/O Server의 DataBase에 저장된 데이터를 이용하여 웹 브라우저를 통해 각 발전 시스템의 현황 및 발전량/발전금액, 운영 현황을 조회할 수 있도록 구성하였다.

4. 통신 표준화 적용 방안

1990년대 초반 미국 EPRI를 중심으로 개발된 UCA2.0을 기반으로 변전소 자동화를 위한 표준 시스템 프로토콜인 IEC61850이 IEC TC57에서 제정되었으며, 현재 풍력, 태양광, 수력, 에너지 저장장치 등 DER(Distributed Energy Resource) 관련 분야로 확대되고 있다. 풍력발전시스템을 위한 표준 데이터 전송 프로토콜인 IEC61400-25는 풍력 발전 시스템을 위한 모든 기능들을 세분화하여 Wind Turbine 관련 논리 데이터 및 알람, 리포트, 로그 등의 기능으로 분류하였고, 모든 기능을 object로 구성하기 위하여 CDC를 이용하여 통신이 가능한 최소의 표준 LN(Logical Node)를 정의하였다. 이러한 풍력발전시스템의 논리적 구성을 Information Model이라하며, Service Model인 ACSI(Abstract Communication Service Interface)를 정의하여 실제 데이터를 전송할 수 있다.

4.1 풍력 발전 시스템 모니터링 항목

IEC61400-25에서 풍력 발전 시스템 및 ACSI 서비스를 위해 정의하고 있는 LN은 2개이며, Wind Power Plant 용 LN은 5개, Wind Turbine 용 LN은 13개이며, 풍력발전 시스템의 모니터링 항목은 다음과 같다.

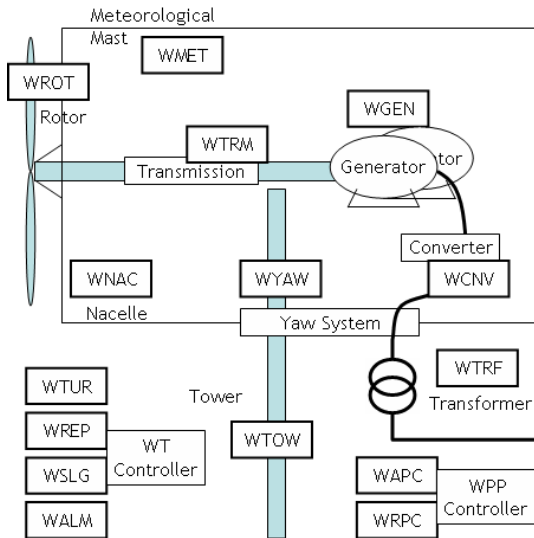


Fig.3 풍력용 Logical Node

풍력 발전 시스템의 각 LN은 감시-제어에 필요한 각 부분의 일반적인 정보, 상태 정보, 알람로그 값에 관한 정보, 제어에 관한 정보를 포함하고 있다. 그림 3은 IEC61400-25에서 정의하고 있는 풍력발전 시스템의 각 LN을 나타내고 있으며, 풍력 발전의 일반적인 정보를 나타내는 WTUR, 알람정보를 표시하는 WALM, 기상정보를 표시하는 WMET, 유효 및 무효전력 제어 정보를 표시하는 WAPC, WRPC, Rotor 정보를 표시하는 WROTOR, 발전기 정보를 표시하는 WGEN, Transmission 정보를 표시하는 WTRM, Yawing 시스템 정보를 나타내는 WYAW, 전력변환장치 정보를 나타내는 WCNV,

Nacelle 정보를 나타내는 WNAAC, 상태 및 알람로그 로그, 리포트 정보를 표시하는 WSLG, WALG, WREP 등으로 구성된다.

4.2 DFIG 타입 WTS LN 설계

당사에서 개발한 750kW급 DFIG 타입 풍력 발전 시스템을 위한 Logical Node를 설계하기 위해 IEC61400-25에서 정의한 18개의 LN을 고려하였으며, 각 그룹의 감시항목을 정리하고 데이터가 중복되지 않도록 적절한 CDC를 적용하였다. 750kW급 풍력 발전 시스템 운영 및 제어에 필요한 WTUR, WGEN 등 10개의 LN과 기상 및 일반적인 정보를 위해 2개의 LN을 설계 하였다.

Table 1 Logical Node: WGEN

WGEN Class			
Attribute Name	Attribute type	Explanation	M/O
LNNName		shall be inherited from Logical Node Class	
Data			
Common Information			
OpTmRs	TMS	Turbine availability time	O
Status Information			
GenOpMode	STV	Operation Mode of generator	M
Analogue Information			
Spd	MV	Generator speed	M
W	MYE	Generator active power	O
VAr	MYE	Generator reactive power	O
GnTmpSta	MV	Generator Temperature	O
GnTmpRtr	MV	Generator U, V, W Temperature	O
GnBerVib	MV	Generator Bearing Vibration	O
GenBerTmp	MV	Generator Bearing Temperature	O

표 1은 Wind Turbine Generator Information을 나타내는 LN이며, 발전기의 온도, 진동 발전량 등에 관한 사항을 포함한다. 다른 LN들의 설명은 논문 페이지를 많이 차지함으로 생략한다.

4.3 표준화 적용을 위한 통신 Architecture

IEC61400-25를 적용하기 위한 통신 구성은 그림 4와 같이 기존의 I/O Server에 풍력발전시스템을 위한 표준 Information 및 Exchange 기능을 탑재하여 상위 Client와의 MMS 통신이 가능하도록 구성하였으며, Event 발생시 긴급한 제어를 위해 GOOSE 지원한다.

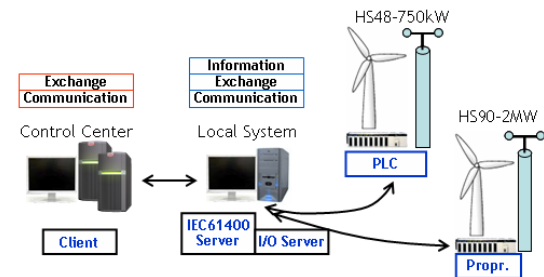


Fig.4 -25 통신 인터페이스 Overview

그림 5는 IEC61400 서버의 내부 기능 블록도이다. I/O 서버의 각 데이터 정보를 LN의 각 Instance에 Mapping 하여 논리 정보 및 서비스를 제공할 수 있도록 구성하였다.

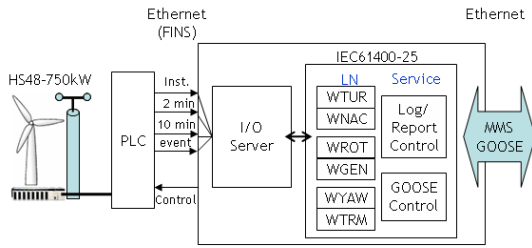


Fig.5 IEC61400 서버 기능 블록

5. 사례 연구

제안한 시스템의 성능을 검증하기 위하여 강원도 왕산면 대기리에 있는 750kW/2MW급 풍력 발전기 실증시험장에 시스템을 설치하여 감시·제어 기능을 수행하고 있으며, 풍력발전 시스템의 성능 평가 및 향상을 위해 누적데이터를 이용하여 다양한 분석 기능을 수행하고 있다.



Fig.6 풍력 모니터링 시스템 Main

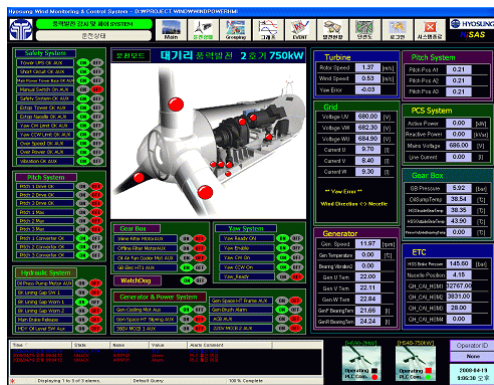


Fig.7 운전 감시 화면

그림 6은 대기리 실증 시험장을 메인 화면으로 구성하여 발전 현황을 나타내고 있으며, 그림 2는 750kW의 시스템의 각 아날로그 값 및 상태 정보를 나타낸다. 그림 8은 풍속, 풍향, 발전정보 등 발전 시스템의 주요 정보를 실시간 및 Historical 검색을 통해 트렌드를 확인할 수 있는 창이며, 그림 9는 취득된 이력 데이터를 이용하여 설정기간 동안 풍속대비 출력을 분석한 화면이다. 본 논문에서 제안한 시스템은 풍력 발전 시스템의 평가에 필요한 다양한 분석 화면을 제

공한다. 이를 이용하여 풍력 발전 시스템의 성능 개선에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.



Fig.8 실시간 및 Historical 화면

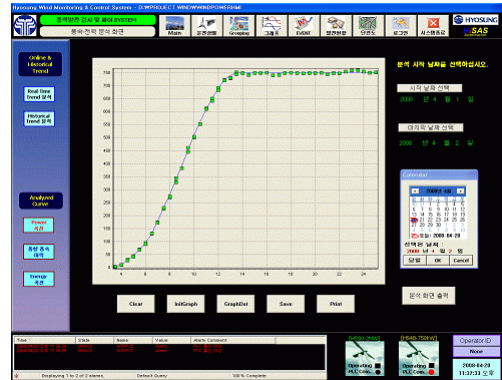


Fig.9 풍속대비 풍력 분석 화면

6. 결론

본 연구에서 750kW급 풍력 발전기 모니터링 시스템 및 표준화 적용방안에 관하여 논하였다. 현재 강원도 실증 시험장에 설치하여 제안한 시스템을 검증하고 있으며, 향후 IEC 61400-25 등 표준 통신 프로토콜을 적용하여 시스템을 구현하는 연구가 진행될 것이다.

후 기

본 연구는 (주)효성의 “차체개발 풍력시스템 (2MW급, 750kW급) 실증연구” 개발 과제의 일환으로 수행되었습니다.

Reference

- [1] 한 상열 외, “DFIG 풍력발전시스템에 관한 연구”, 한국신·재생에너지학회 2006년 춘계 학술대회 논문집, pp.253-256
- [2] 최 대희 외, “변압기 Local Unit의 IEC61850 Logical Lode 설계”, 2007년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.511-512
- [3] IEC 61400-25 : International Standard of Wind Turbines, IEC 61850