

입찰 사양서

10kW급 풍력발전기 H/W 시뮬레이터
시스템 제작

한국기계연구원

제 1 장 기술적 요구사항

1. 시스템 개요

1.1. 시스템 제작 목적

10kW급 풍력발전기 H/W 시뮬레이터 시스템'은 풍력발전기와 상사성을 갖는 10kW급 풍력발전기로 모사한 시스템이다. '10kW급 풍력발전기 H/W 시뮬레이터 시스템'은 실제 풍력발전기의 구성, 동작 개념 및 특성을 분석을 위한 목적으로 제작한다.

1.2. 시스템 필요성

풍력발전기는 바람이 가진 운동에너지를 이용하여 전기에너지를 생산하는 시스템으로 풍력발전기의 블레이드를 이용하여 바람의 운동에너지를 기계적 회전력으로 변환하고, 동력전달장치를 통해 입력된 에너지를 증폭하여 기계적 회전력을 발전기를 통해 전기 에너지로 변환한다.

풍력발전기 시뮬레이터는 실제 풍력발전기의 동력전달부, 발전기를 축소형으로 제작하고 풍력발전기의 로터를 대신하여 전동기가 토크를 발전기에 공급하는 시스템이다.

본 제품에서 제작될 풍력발전기 시뮬레이터는 10kW 전력이 생산되는 풍력발전기 모의시험 장치로서 풍향 풍속 등의 인자들을 입력받아 회전자 블레이드의 토크를 전동기가 대신해서 발전기에 전달하고 이에 의해 발전기에서 생산된 교류 전력은 인버터를 통하여 전력 계통에 연계되는 시스템으로 구성된다. 본 제품은 풍력발전기 시뮬레이터를 이용하여 실제 풍력발전기의 구성, 동작 개념 및 특성을 분석하기 위해 사용된다.

2. 시스템 구성

풍력발전기 시뮬레이터는 실제 풍력발전기에서 작용하는 바람을 모사하는 구동부 (Servo Motor, Motor Controller), 메인베어링, 감속기로 구성되어 회전에너지를 발전기로 전달하는 기계부, 전력 생산 및 생산전력을 제어하는 전기부, 풍력발전기 시뮬레이터의 운전 데이터 수집, 구동부 모터 및 전기부 인버터를 제어하는 통합 제어기, 개발된 통합 제어기의 성능 및 기능 검증을 위한 가상 모델 기반 시뮬레이션 시스템으로 구성한다.

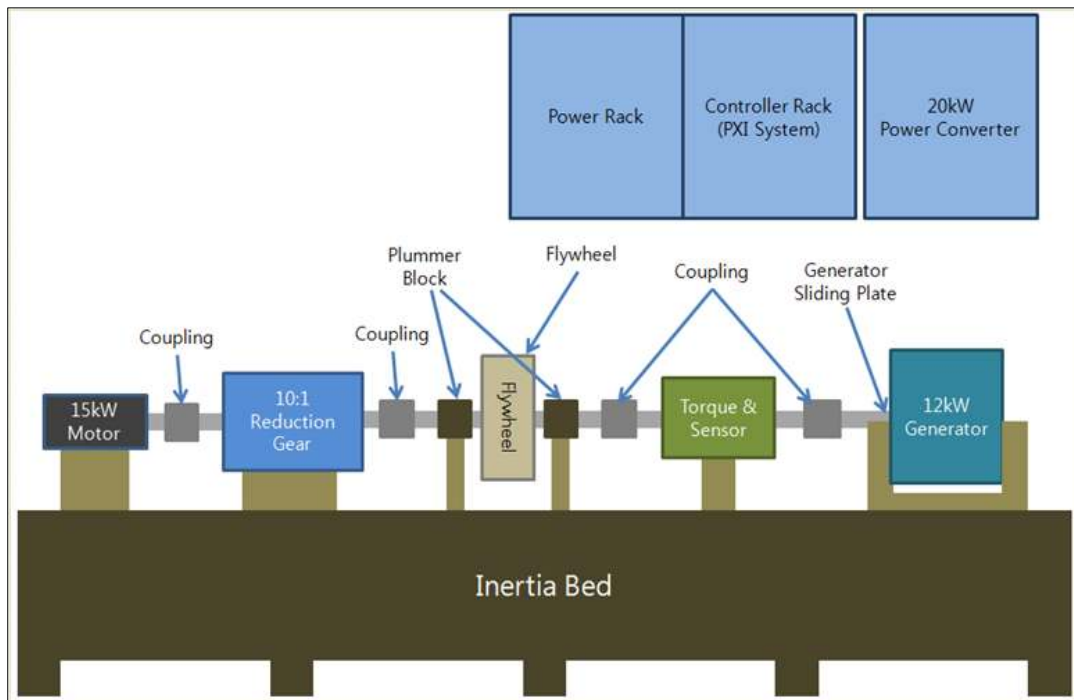


그림 1. 10kW급 풍력발전기 H/W 시뮬레이터 시스템 구성 예

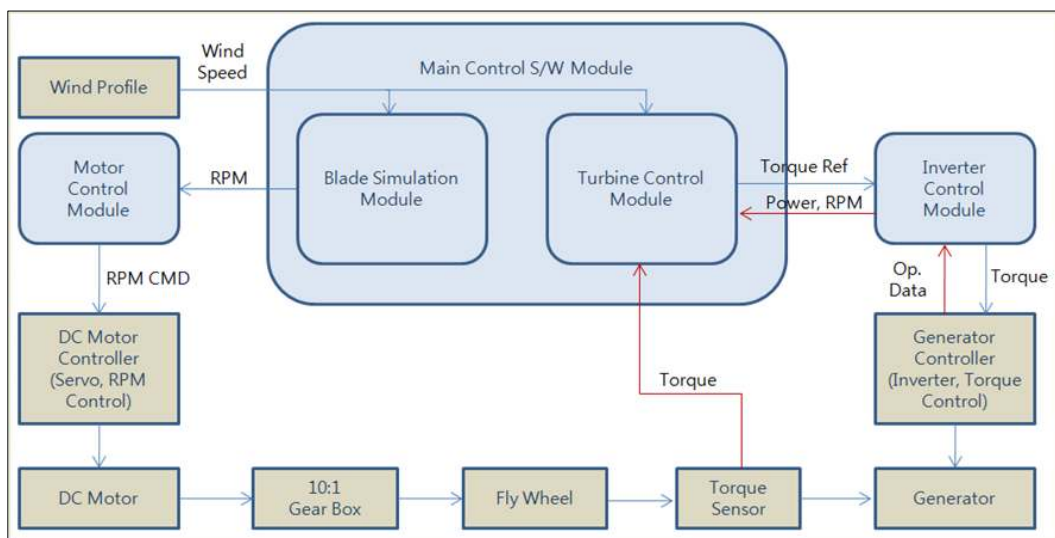


그림 2. 10kW급 풍력발전기 H/W 시뮬레이터를 구동하기 위한 소프트웨어 구성도

3. 납품 물품 구성

본 제작 구매를 통하여 1기의 ‘10kW급 풍력발전기 H/W 시뮬레이터 시스템 제작’ 이 납품 되어져야 하며 각각 기기의 구성 내역은 표 1과 같다.

표 1. 주요 납품물품 내역

구분	분류	납품 항목	주요 사양	수량	비고
하드웨어	기구부	Inertia Bed	정격 출력 : 15kW 정격 토크 : 95.4Nm	1ea	사급
		플라이휠	직경 : 600mm 두께 : 40mm	1ea	
		베어링 하우징	Material : SS41, SM45C	1ea	
		커플링	Material : SM45C	4set	
		Fixture	Material : AL6061, SM45C	4set	
	구동부	서보 모터	정격 출력 : 15kW 정격 토크 : 95.4Nm	1ea	사급
		모터 드라이브	제어모드 : 속도/토크 제어	1ea	사급
		감속기	Gear Ratio : 10:1	1ea	사급
	전기부	발전기	Output Power : 12kW Rated Speed : 135rpm	1ea	
		인버터	20kW Power Converter 제어방식 : 토크 or 전력제어	1ea	사급
	센서부	토크센서	정격 용량 : 1kNm 정격 출력 : 5V or 8mA	1ea	사급
		엔코더	Resolution : 5000P/R 출력상 : A, B, Z, A, B, Z 상	1ea	
	제어부	PXI Controller	2.26 GHz Intel Core 2 Quad 250G HDD, 2GB Memory	1ea	
		PXI Chassis	8-Slot 3U PXI Chassis	1ea	
		CAN Module	1CH CAN Interface	1ea	
		Digital I/O Module	32CH Digital Input ($\pm 30V$) 32CH Digital Output ($\pm 30V$)	1ea	
		Analog Input Module	16CH AI, 16-bit, 250kS/s	1ea	
		Analog Output Module	8CH AO, 13-bit Static & Waveform Output	1ea	
		전원시스템 랙		1ea	사급
		계측시스템 랙		1ea	사급
소프트웨어	개발 소프트웨어	Main Control Module	소스코드 포함	1 copy	
		Motor Control Module	소스코드 포함	1 copy	

		Inverter Control Module	소스코드 포함	1 copy	
문서	하드웨어	하드웨어 부품 인증서, 하드웨어 부품 설명서, 하드웨어 부품 리스트, 하드웨어 상세 도면,		2 copy	
	사용자 매뉴얼	하드웨어 사용설명서, 소프트웨어 사용 설명서		2 copy	

4. 하드웨어 상세 규격

공급되어야 하는 ‘10kW급 풍력발전기 H/W 시뮬레이터 시스템’은 하기에 기술된 상세 규격을 만족하거나 혹은 동등 이상의 제품으로 구성되어져야 한다.

4.1. 기구부

공급되어야 할 기구부는 Inertia Bed, 플라이휠, 베어링 하우스, 커플링 및 Fixture로 구성된다. 각 기구부 시스템은 한국기계연구원이 지정한 장소에 장착되어 한다. 상세 기구부 사양은 표 2를 만족해야 한다.

표 2. 공급되는 제품의 최소 사양

구 분 항 목	세 부 사 양	수량
Inertia Bed	<ul style="list-style-type: none"> ● 시뮬레이터 구성 부품을 조립하기위한 충분한 강성을 가져야한다. ● 기구특성상 발생할 수 있는 공진 및 기타 외부진동에 대응 할 수 있는 구조로 제작한다. ● 조정 및 상부 기구물 변경을 쉽게 할 수 있는 구조로 제작한다. ● 녹 발생 방지를 위한 Oil Paint 처리 및 피막처리를 하여제작한다. ● 조립면 및 구성품 고정을 위한 정밀가공부분은 크롬도금이 적용되어야하며 유해한 Burr나 Crack 등은 없도록 제작한다. ● 충분한 강성을 가질 수 있도록 Rib Plate 또는 Branching, Strut bar를 적용하여야하며 모든 용접구조물은 시효변형을 위한 소둔 열처리를 하여 제작한다. ● 기타사항으로 상부 구동 시 진동 및 소음을 방지하기 위하여 적절한 Dummy Weight를 장착한다. ● 휨이 발생하지 않도록 중심점에서 2ton 하중 시 휨량은 0.1mm 미만이 되도록 제작한다. 	1ea

구 분 항 목	세 부 사 양	수 량
플라이휠	<ul style="list-style-type: none"> ● 외형도 : D 600mm, t 40mm ● Material : SS41, SM45C ● 후처리 : 열처리, 경질 크롬도금 ● 구동 중 진동 및 소음이 발생하지 않도록 Balancing 작업을 실시한다. 	1ea
베어링 하우징	<ul style="list-style-type: none"> ● 베어링은 유격 조정 시에 Torque가 변동되지 않는 것으로 선정한다. ● 스핀들축의 동심도는 1/100mm이내에 가공되어야하며 KS제도통칙의 형상공차를 적용한다. ● 스핀들축은 balancing 작업을 하여 자체 검사 시 진동이 없어야한다. ● 감속시의 토크변화 및 단속운전 토크의 변화로 인한 교번, 비틀림 하중을 충분히 견딜 수 있는 구조여야 한다. ● 필요부분은 경질 크롬도금을 실시하며 조립부 특히 베어링 조립부 및 연결부는 연삭하여 정도 및 형상공차를 준수한다. 	1ea
커플링	<ul style="list-style-type: none"> ● 구동부 회전시 충분한 토크 및 회전력을 전달할 수 있도록 설계 및 제작이 되어야 한다. 	4set
Fixture	<ul style="list-style-type: none"> ● Material : AL6061, SM45C ● 후처리 : Anodizing, 열처리, 흑착색 ● 구동시 진동이 발생하지 않도록 충분한 강성을 가져야 한다. 	4set

4.2. 구동부

풍력발전기 시뮬레이터 구동부는 시뮬레이터의 드라이브 트레인에 기계적인 토크를 인가하기 위한 부분으로써 Servo Motor와 Servo Motor Drive 및 감속기로 구성된다. 풍력발전기 블레이드에 가해지는 바람에너지를 모사하기 위한 부분으로써 발전기의 회전속도 및 관성을 고려하여 산출된 회전수로 구동부를 제어하도록 설계한다.

Servo Motor & Drive는 시뮬레이터 발전기에서 정격출력인 10kW 전력이 생산 가능하도록 발전기에 토크를 인가 가능하여야 하며 안전계수 및 각 부품들의 효율을 고려하여 모터의 사양을 선정한다.

가. Servo Motor & Drive

- Servo Motor & Drive 는 시뮬레이터 전체 시스템을 구동하는데 사용된다.
- 10kW급 발전기에서 계산에 의해 예측된 용량 이상의 출력을 내보낼 수 있다.

- Servo Motor & Drive의 최대 출력은 15kW 이다.
- Servo Motor & Drive의 상세 사양은 다음과 같다.

표 3. Servo Motor & Drive 사양

구 분 항 목	세 부 사 양	수량
Servo Motor	<ul style="list-style-type: none"> ● 정력 출력 : 15 kW ● 정격 전류 : 73.7 A(rms) ● 정력 토크 : 95.4 N.m ● 순시최대토크 : 229 N.m ● 정격회전속도 : 1500 rpm ● 최대회전속도 : 2000 rpm ● 회전자관성 : $308 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot 10^{-4}$ ● 중량 : 84 kg 	1ea
Drive	<ul style="list-style-type: none"> ● 전원 전압 : 3상 AC 380V 50/60Hz ● 전원용량 : 24 kVA ● 구동방식 : 3상 전압형 PWM 구동 ● 속도지령입력 : DC -10~+10V 	1ea

나. 감속기

- 감속기는 실제 풍력발전기에서 사용되는 유성 기어열로 구성한다.
- 감속기는 구동부에서 전달된 회전 속도를 발전기의 회전 속도로 줄여주는 기어비를 채택한다.
- 감속기는 기어 열처리 및 후처리 수행한 고강도 제품으로 구성한다.
- 감속기의 상세 사양은 다음과 같다

표 4. 감속기 사양

구 분 항 목	세 부 사 양	수량
감속기	<ul style="list-style-type: none"> ● 정격 출력 토크 : 1779 N.m ● 정격 입력 회전수 : 2,000 rpm ● 정격 수명 : 30,000 시간 ● 최대 반경 하중 : 51,000 N ● 최대 축 하중 : 25,500 N ● 효율 : 97% 이상 ● 사용 온도 : -25 ~ +90℃ ● 노이즈 레벨 : 70 dB 이하 	1ea

4.3. 전기부

풍력발전기 시뮬레이터의 발전기 및 인버터는 실제 풍력발전기의 전력을 생산하고 가공하여 계통연계 시키는 기능들의 역할을 모사하기 위한 장치들이다.

가. 발전기

- 풍력발전기 시뮬레이터의 발전기는 실제 풍력발전기와 같은 PMG 타입을 사용한다.
- 발전기 수명은 20년으로 설계한다.
- 발전기의 상세 사양은 다음과 같다.

표 5. 발전기 사양

구 분 항 목	세 부 사 양	수 량
발전기	<ul style="list-style-type: none"> ● Type : Permanent Magnetic Generator ● 정격 출력 : 12 kW ● 정격 회전수 : 135 rpm ● 정격 출력 전류 : 12 A ● 정격 출력 토크 : 947 N.m ● 설계 수명 : 20년 ● Rotor Inertia : 1.59 Kg.m² 	1ea

나. 인버터

풍력발전기 시뮬레이터 인버터는 PMSG용 계통연계형 전력변환장치 (Power converter)이다. 인버터는 풍력발전기 시뮬레이터에 적용된 발전기에서 발생된 전력을 상용계통의 운전을 위한 삼상 Back-to-back 컨버터로써 안정성 및 향후 확장성을 고려하여 20kW 용량을 사용한다. 계통 전원은 3상 380V, 50/60 Hz이며, 계통과 절연을 위하여 상용 트랜스를 내부에 포함해야 한다. 풍력발전기 시뮬레이터의 운용을 위한 추가적인 Application Software의 지원이 가능해야 한다. 또한 풍력발전기 시뮬레이터에서 생산된 전기는 구동부에서 재사용 가능하도록 설계되어야 한다.

또한 풍력발전기 시뮬레이터 인버터는 풍력발전기 운용환경을 모사하기 위해 통신 (TCP/IP or CAN)을 이용한 토크 제어 및 인버터의 파라미터 값 전송이 가능해야 한다. 풍력발전기 시뮬레이터 인버터는 아래 요구 조건을 만족해야 한다.

표 6. 인버터 사양

항목	사양	비고
정격 입력 전압	AC 660V	
정격 입력 전력	65kVA	
허용 입력 최대전압	~ 420Vrms	

축 Synchronous Reactance	0.7pu	
Power factor	0.95이상	
정격출력	55kVA	
정격출력전압	AC 380V	
운전 계통 전원 전압 범위	$\pm 10\%$	
운전 전원 주파수 범위	$60\text{Hz} \pm 3\%$	
출력전류 THD	종합 $\leq 5\%$, 각 다음 $\leq 3\%$	정격출력, 전원 정현파시
출력 역률	≥ 0.95 이상	
과부하 내량	110% 30sec	
출력 제어 방식	출력전류 제어	
입력 제어 방식	토크 또는 전력제어	
주회로 방식	Four-quadrant IGBT Converter	
발전기출력 제어방식	토크 또는 전력제어방식	
운전 제어	자동기동 가능	
Communication	CAN Open, etc	
전력 변환 효율	96%이상(정격 출력 시)	
고조파 출력 전류	종합전류 왜율 5%이하 각차전류 왜율 3%이하	
단독 운전 검출	전압 및 주파수 이상 검출 방식	
연계 보호 계전기	교류과전압검출, 주파수이상 검출, 교류저전압검출, 순시전압이상 검출	
절연 저항	DC 500V Megger로, 전기회로일괄과 외함간 10MW이상	
내전압	1,500V에서 1분간 이상이 없을 것 (상용교류전원에 의한다.)	
주위 온도	$-10 \sim +40^{\circ}\text{C}$	정격운전 가능
습도	25% RH ~ 95% RH	
효율	96%이상	
냉각 방식	강제 공냉	

4.4. 센서부

센서부는 토크 센서, 엔코더로 구성된다. 각 센서 시스템은 한국기계연구원이 지정한 장소에 장착되어 각 요소의 원하는 신호를 수집 할 수 있도록 한다. 각 센서는 Industrial Standard 규격을 만족한 제품을 적용한다.

가. 토크 센서

- 축에 가해지는 Torque 및 회전속도를 측정하며 규격은 다음과 같다.

표 7. 토크센서 사양

구 분 항 목	세 부 사 양	수량	비고
토크센서	<ul style="list-style-type: none"> ● Nominal (rated) torque : 1000 N.m ● Nominal (rated) sensitivity : 5 V ● Output signal at torque(zero) : 0 ± 0.2 V ● Operating temperature range : $0 \sim +60^{\circ}$ C 	1ea	사급

가. 엔코더

- 엔코더는 발전기의 회전 속도를 측정하기 위하여 사용된다.
- 엔코더는 1 회전당 5000개 이상의 펄스를 발생시켜서 회전속도를 정확히 표현할 수 있도록 설치되도록 한다.
- 엔코더를 고정하기 위하여 보조 치구를 제작한다.
- 엔코더의 상세 사양은 다음과 같다.

표 8. 엔코더 사양

구 분 항 목	세 부 사 양	수량	비고
엔코더	<ul style="list-style-type: none"> ● 분해능 : 5000 P/R ● 출력상 : A, \bar{A}, B, \bar{B}, Z, \bar{Z} 상 ● 출력 : Low 일 때 0.5VDC 이하 high 일 때 2.5VDC 이상 ● 응답속도 : $0.5 \mu s$ 이하 ● 최대응답주파수 : 300 kHz ● 전원접압 : 5 VDC 	1ea	

4.5. 제어부

통합제어기(Supervisory Controller)는 운전 시 기구부 및 전기부의 상태를 실시간으로

감시하고 이를 기반으로 모터 및 인버터를 제어하는 시스템이다. 통합제어기는 테스트, 측정 및 컨트롤을 위한 개방된 PC기반의 플랫폼인 PXI 시스템으로 구성한다.

- 데이터 취득/제어 시스템 사양은 다음과 같다.

표 9. 통합제어기 하드웨어 사양

항 목	세 부 사 양	수량
통합제어기 컨트롤러	<ul style="list-style-type: none"> ● CPU : Core 2 Quad-Core Processor 2.26GHz ● Memory : 2GB 800MHz DDR2 RAM ● HDD : 250GB 이상 ● Ethernet : Dual 10/100/1000Base-Tx 1Port ● Peripheral IO : GPIB, Serial, USB Interface ● Operating Temperature : 5 ~ 50℃ @ 10~90%RH 	1ea
통합제어기 샤시	<ul style="list-style-type: none"> ● 8-Slot 3U PXI Chassis ● 43dBA의 낮은 음향 방출 ● Operating Temp : 0 to 55 ° C ● Shock : 30g peak ● Vibration : 0.3grms / 5~500Hz ● EMC Certificate 	1ea
Display	<ul style="list-style-type: none"> ● 19inch 모니터 	1ea
CAN 통신모듈	<ul style="list-style-type: none"> ● Channel : 1CH ● High-speed CAN interface (up to 1 Mbit/s) ● Integrated CAN databases for importing, editing, and using signals from FIBEX, .DBC, and .NCD files ● Synchronization, 1 μs timestamps for integration with NI DAQ, digitizers, switches, large systems 	1ea
디지털 입출력 모듈	<ul style="list-style-type: none"> ● Digital I/O: 32 DI/32 DO ● 32 bank optically isolated sink/source inputs (± 30 VDC) ● High-reliability industrial features:guaranteed industrial 24 V logic thresholds 	1ea
아날로그 입력 모듈	<ul style="list-style-type: none"> ● Analog Inputs: 16 ch ● Sample Rate : 250 kS/s ● Resolution : 16 bits ● Maximum Voltage Range : -10 V , 10 V ● Minimum Voltage Range : 200 mV , 200 mV 	1ea
아날로그 출력 모듈	<ul style="list-style-type: none"> ● Analog Inputs: 8 ch ● Update Rate : 800 kS/s ● Resolution : 13 bits ● Maximum Voltage Range : -10 V , 10 V ● Minimum Voltage Range Accuracy : 10.78 mV 	1ea

5. 소프트웨어 상세 규격

5.1. 소프트웨어 개요

가. 소프트웨어 구성

풍력발전 시스템의 동특성 해석을 위한 풍력발전기 시뮬레이터 시스템 소프트웨어는 메인 컨트롤 모듈, 모터 제어 모듈, 인버터 제어 모듈로 구성된다. 풍력발전기 시뮬레이터 시스템 소프트웨어는 구성은 다음과 같다.

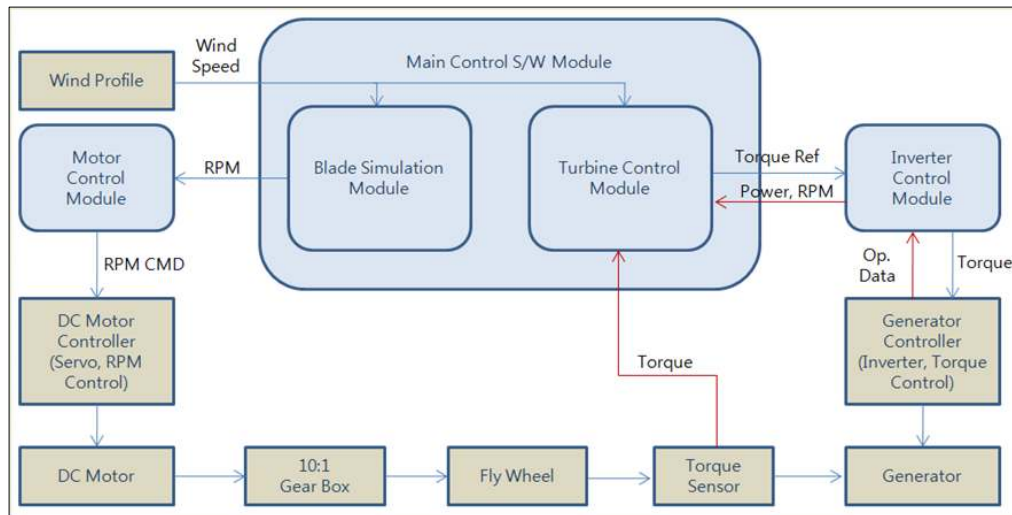


그림 3. 풍력발전기에서 시뮬레이터를 구동하기 위한 소프트웨어 구성도

나. 개발 언어 및 개발 환경

개발 언어는 다음의 요건을 만족하는 언어를 사용하며, 추천 언어는 LabVIEW, C++, C#이다.

- 데이터의 분석 및 처리에 필요한 라이브러리를 다양하게 확보할 수 있는 언어
- 상시적으로 Update가 가능한 언어
- 사용이 간편하고 작성된 코드의 이해가 편리한 언어
- Graphical Code (G-Language)로 작성 가능한 언어

소프트웨어의 운용 환경은 Windows XP 또는 Windows 7을 기본으로 하고, 필요시 Windows Embedded를 사용한다.

5.2 Motor Control Module

Motor Control Module는 풍력발전기 시뮬레이터 시스템에 바람을 모사하여 회전에 필요한 회전을 발생 및 제어하는 기능을 수행한다. 메인 컨트롤 모듈에서 지령을 받아 물리적인 회전을 구현하도록 한다. 제어값은 RS-232 또는 아날로그 신호를 통해 Motor로 전송한다. Motor Control Module의 사양은 다음과 같다.

표 10. Motor Control Module 사양

항 목	주요 기능
Motor Control Module	<ul style="list-style-type: none"> ● 수동 및 자동 Motor Control ● RPM 산출 알고리즘 ● RPM Control Function (Feedback Control) ● RS-232 or Analog (Motor Drive)

5.3 Inverter Control Module

Inverter Control Module는 Generator 회전속도(RPM)에 따른 토크를 설정 가능해야하여 이 신호를 Inverter로 수신하여 Inverter를 제어하고 Inverter의 운전변수를 측정하는 기능을 수행한다. 또한 긴급 상황 발생시 Inverter 비상 정지 기능을 포함한다. Inverter Control Software는 CAN 통신을 이용하여 Inverter와 통신을 수행하며 토크곡선 및 운전변수를 송수신한다.

표 11. Inverter Control Module 사양

항 목	주요 기능
Inverter Control Module	<ul style="list-style-type: none"> ● Generator의 RPM에 따른 토크곡선 입력 <ul style="list-style-type: none"> - 제어 Parameter 운용자 설정 가능 ● CAN 통신 <ul style="list-style-type: none"> - Generator의 RPM에 따른 토크곡선 전송 - Inverter 운전변수 수신

4.2.4 Main Control Module

Main Control Module는 Motor Control Module 및 Inverter Control Module를 통합하여 풍력발전기 시뮬레이터 시스템을 관리하는 기능을 수행한다.

Main Control Module는 각 Software에서 수신되는 운전 데이터를 이용하여 Motor 및 Inverter를 제어하는 명령을 해당 Software에 전송한다. 또한 측정된 풍력발전기 시뮬레이터의 데이터를 분석하는 기능을 수행한다. Main Control Module 사양은 표 12의 내용과 같다.

표 12. Main Control Module 사양

항 목	주요 기능
Main Control Module	<ul style="list-style-type: none"> ● 풍력발전기 시뮬레이터 시스템 통합 제어 ● Motor Control Software 제어 명령 전송 ● Inverter Control Software 제어 명령 전송 ● 수동 운전 모드 ● DAQ Configuration 기능 ● Wind Profile Generation 기능 ● Motor Speed Control Polynomial 기능 ● Generator Control Polynomial 기능 ● Raw Data Trend View 기능 ● Data Logging 기능

6. 입찰 시 요구조건

6.1. 풍력발전기 시뮬레이터 납품 및 조립 실적 제시

6.2. 납품 후 1년간 유지/보수 지원