대형 건축물과 주거 친화형 저 풍속 연곡형 적층 풍력발전 시스템에 관한 연구

논 문

60-4-18

A Sturdy on the Sleep Twist Round type Stacked Wind Power System for Applimg Environment-Friendly Building and High Rise Housing

정 자 춘* · 장 미 혜†
(Ja-Choon Jung · Mi-Hye Jang)

Abstract - As the increasing integrity of VLSI, the BIST(Built-In Self Test) is used as an effective method to test chips. Generally the pseudo-random test pattern generation is used for BIST. But it requires too many test patterns when there exist random resistant faults. Therefore we propose a mixed test scheme which applies to the circuit under test, a deterministic test sequence followed by a pseudo-random one. This scheme allows the maximum fault coverage detection to be achieved, furthermore the silicon area overhead of the mixed hardware generator can be reduced.

Key Words : Magnetic levitation, Sleep twist round, Vertical axis wind turbine, Magnetic field, CFD

1. 서 론

최근 화석 연료의 고갈로 인한 각국의 안정적인 에너지 자원의 확보를 위한 치열한 싸움 및 탄소배출권 확보 문제로 인하여 정부에서는 ‘저탄소 녹색성장’ 정책을 적극적으로 추진하고 있는 바, 신·재생에너지에 대한 요구가 그 어느 때 보다 시급한 실정이다. 풍력발전은 재생에너지원 중에서도 가장 경제적, 효율적, 친환경적 에너지원으로 판정되고[1], 국내에 보급되는 프로펠러형 풍력발전기의 대부분은 다음과 같은 근본적인 문제점을 내포하고 있다[2]-[6]. 첫 번째, 해외 기술 종속 문제를 해결하기 위하여 해외에서는 바람이 강한 환경을 이용해 대형 블레이드를 개발하고 있는데, 국내에서 유통되는 프로펠러형 풍력발전기의 대부분은 해외 기술 및 수입에 의존하고 있어서 이에 기술적으로 종속될 수밖에 없는 열악한 실정이다. 두 번째, 풍속 문제로는 대형 프로펠러 형은 평균풍속 6 m/s 이상의 고속 풍속을 요하고 70 % 이상 풍향이 일정하게 유지되어야 만 적정 효율을 낼 수 있다. 세 번째, 풍향 문제로는 프로펠러의 블레이드에 부딪히는 수평으로 부는 앞바람에 대해서는 동체가 방향 전환(요잉 제어)해서 동력을 받을 수 있으나, 바람 방향이 계속해서 바뀌는 환경에서는 동체가 자주 회전해야하기 때문에 많은 손실이 발생하고, 수직 또는 수평을 조금 벗어난 각도에서 부는 바람에 대해서는 효율이 현저히 떨어지고, 바람의 운동에너지를 날개의 회전력으로 전달하지 못하기 때문에 손실되는 압력에 의해 진동이 심해지고, 소음이 증가하는 요인으로 작용한다. 네 번째, 소음 문제로는 기존의 프로

펠러 형은 바람을 수직으로 자르면서 회전하기 때문에 소음이 심해 도심 지역 등 사람이 많이 통행하는 지역에 오히려 불쾌감을 주고, 20 Hz 이하의 저주파 소음은 인체 및 동식물에 심각한 피해를 일으키는 것으로 보고되고 있다[4]-[7]. 다섯 번째, 환경파괴 문제로는 프로펠러형의 도로 건설, 산림 훼손 및 해상 풍력단지 구축하기 위해 근해의 어장을 파괴하는 환경파괴 문제가 심각하게 대두되고 있다. 여섯 번째, 진동 문제로는 수평방향으로 회전하면서 움직이기 때문에 진동이 심해서 지지대의 타워가 견고해져야 하고 설치 시 단가가 비싸지고 건물의 옥상에는 설치하지 못하는 단점이 있다. 일곱 번째, 유지보수 문제를 해결하기 위하여 진동이 심하기 때문에 기구물이 쉽게 파손되어 자주 유지보수를 해야 하고 비용이 증가하는 단점이 있다.

이러한 단점을 극복하고 국내 환경처럼 저 풍속이면서 바람의 방향이 수시로 변하는 지역에 경제적인 효율을 낼 수 있는 풍력발전시스템이 필요하지만, 이러한 한국형 풍속에 적합한 풍력발전 시스템은 아직까지 개발이 미미한 실정이다. 따라서 평균풍속이 5 m/s 이하인 지역이 80 % 이상이고 풍향이 수시로 변하는 국내 풍속 및 풍향 특성을 극대화 시켜서 효율을 증대시킬 수 있는 신개념의 풍력발전시스템 개발이 절실히 필요하다. 본 연구는 우리나라 국토의 거의 20 %를 차지하고 있는 평균풍속이 5 m/s 에서 6 m/s인 지역에서 경제적인 효율을 낼 수 있고, 풍력발전에 필요한 핵심기술인 블레이드, 풍력발전 전용 AFPD 발전기, MPPT 기능이 탑재된 컨버터/인버터 및 원격제어 시스템 개발을 통하여 저 풍속/고효율, SSTR(Stack Sleep Twist Round)형 풍력발전시스템 장비의 100 % 국산화 연구를 하였다.

* 비 회 원 : 비손에너지, 에너지기술연구소

† 교신저자, 정회원 : 전북대학교, 에너지공학과,
차세대풍력발전연구센터

E-mail : jangmi@chonbuk.ac.kr

접수일자 : 2010년 5월 24일

최종완료 : 2011년 2월 21일

2. 본 론

기존의 국내외에서 개발된 대부분의 소형 풍력발전기는 단독형으로 설계되고 고집적화가 어려워 대용량 풍력발전 단지를 구축하기에 부적합하여 대형 프로펠러형 풍력발전기

를 대체하기에 현재까지는 불가능한 실정이었다. 본 연구에서는 기존 프로펠러형 풍력발전기를 대체할 새로운 저 풍속, 저 소음 및 고 효율 풍력발전 시스템을 개발하여 수입을 대체하고, 보급 단가를 줄이면서 더 나아가 친환경 풍력발전 시스템의 보급 확대를 도모하고자 하였다. 본 연구를 통해서 개발될 신개념의 풍력발전기는 주속비와 상관없이 항상 최대 전력 점을 추측할 수 있는 모듈화된 소형풍력발전기로 저 풍속 지역에서 효율을 증대시킬 수 있는 기술을 개발하여 풍향이 수시로 변화하는 조건에서 효율을 극대화시킬 수 있는 시스템으로, 다음과 같은 5가지의 풍력발전 요소 기술(State-of-the-Art Wind Turbine Technology)을 복합 융합시켜 성능을 유지함을 목표로 하였다. 2.0 m/s의 시동(Cut-in)풍속 : 기존의 풍력발전기는 기동풍속(Cut-in)이 3~6 m/s로써 저 풍속에서 효율이 극히 미미하여, 본 연구에서는 ①STR(Sleep Twist Round) 블레이드, ② AFPM(Axial Flux Permanent Magnet)동기발전기, ③ 자기부상(Magnetic Levitation)기술을 복합 융합시켜 기동풍속을 2.0 m/s로 줄일 예정이다. 10.7 m/s의 정격(Rated)풍속 : 기존의 풍력발전기는 정격풍속이 12~14 m/s로써 평균풍속 5 m/s에서의 기기 이용률이 10 % 이하이나, 본 연구에서 개발될 풍력발전시스템은 ④ 최대전력점(MPPT) 추출 알고리즘이 내장된 인버터 기술을 도입하여 10.7 m/s에서 정격출력을 유지시킴으로써 평균풍속 5 m/s에서 풍력발전의 경제적 기준점인 기기 이용률을 20 %로 끌어올리는 것을 목표로 하였다. ⑤ 그리고 인버터에서는 저전압과 고전압의 범위가 4배 이상을 초과하면 저전압에서는 대부분이 인버팅 회로의 손실로 되므로 효율이 50 %도 되지 않는바, 95 % 이상의 고효율을 산출하기 위하여 부스트(Boost) 회로를 도입하였다. 또한, 과풍속 시 안전 운전 시스템 구현을 40 V의 전압까지 못하기 때문에 손실되는 압력에 의해 진동이 심해지고 또한 소음이 증가하는 요인으로 작용한다.

그림 1 적층화 구현 방법을 흐름도 a) 단일 적층화 구현방법 (b) 적층 구현1 (c) 적층 구현 2 (d) 대형건축물 및 해양 대형풍력발전기 구현

Fig. 1 Flow chart of States methods of wind turbine (a) Single states methods (b) States realization(1) (c) States realization(2)(d)A Large bulid and ocean wind turbine realization

또한, ⑥ 과풍속 시 안전 운전 시스템 구현을 위하여 역기전력 및 전자식 브레이크를 사용하여 정격풍속 이상의 과 풍속에서 기기를 안전하게 운전하고 차단풍속(Cut-in)의 범위

를 기존의 25 m/s에서 50 m/s까지 끌어 올리는 ⑦ 2단 브레이크 시스템 제어 기술을 적용하였다. 본 연구는 이와 같은 7가지 기술을 복합 융합시켜 저 풍속/고효율 풍력발전 시스템에 필요한 핵심기술인 STR형 블레이드, AFPM 발전기, 컨버터/인버터 및 원격제어 시스템 개발을 통하여 풍력발전시스템 장비의 100 % 국산화 개발을 목표로 하였다.

2.1 적층화 구현

그림 1은 적층화 구현방법을 나타내었고, 그림 1(a)는 단일을 적층화 구현 방법이고, (b)는 유저요구에 맞는 다양한 모양의 적층구현과 (c)와 (d)는 대형 건축물 및 해양대형풍력발전기 구현 나타내는 모형도이다. 소형풍력발전기의 소형에서 발생하는 단점을 보완하기 위해 적층이 가능한 STR(Sleep Twist Round)형 블레이드를 개발하였고, 또한, 특히 출원된 적층화 기술을 이용하여 소형이면서 대용량화를 실현하였다. 최소 이격 거리를 구하기 위한 CFD(Computer Fluid Dynamics, 전산유체해석) 시뮬레이션 : 위와 같이 적층구조를 만들기 위해 그림 2와 같이 단위셀을 구축할 경우 블레이드가 325 rpm으로 회전하고 있을 경우 셀의 격자 구조가 공기 흐름에 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다. 그림 2는 유닛 셀 내의 유체흐름과 3개 블레이드 회전 모델 그림 3은 블레이드 사이의 이격 거리가 6 m 일 경우 속도분포(등고선), 속도분포(유선) 및 압력분포 등고선)를 나타내는데 상호간섭이 거의 없는 것을 볼 수 있다. 특히 옆에서 바람이 불 경우 제일 앞에 있는 블레이드가 후방에 있는 블레이드를 가속시키는 영향을 끼침을 확인할 수 있다.

그림 2 유닛 셀 내의 유체흐름과 3개 블레이드 회전 모델
Fig. 2 Rotation model of the number of S blade of unit inside set (a) Rotation model (b) Flow diagram of space fluid

그림 3 3개 블레이드 회전 시 CFD 시뮬레이션 결과 조건 (a) 이격거리 6m (b) 풍속 10.7m/s, (c) 325rpm

Fig. 3 CFD Simulation results when 3 blades is rotating, condition; (a) distance; 6m, (b) wind speed; 10.7m/s, (c) rpm; 325rpm

2.2 STR형 블레이드

바람의 힘은 항력(Drag Force)과 양력(Lift Force)으로 나눌 수 있는데, 익형의 경우 정해진 입사각(Angle of Attack, α)범위에서 양력이 항력에 비해 수십 배 크기 때문에 풍력발전기의 기본 원리는 바람의 양력을 활용하는 것으로, 블레이드를 비행기 날개 모양과 같은 익형(Airfoil)으로 만들면 특히 양력을 많이 활용할 수 있는 장점이 있다. 그리고 본 연구에서는 양력형 이면서, 블레이드가 회전함에 따라 항상 최적의 입사각(α)이 유지된다는 장점이 있다. STR형 블레이드는 그림 4(c)에 보인 바와 같이 수직축 블레이드로 기존의 직선형 블레이드에 누임 각(Sleep Angle, Θ), 비틀림 각(Twist Angle, γ) 및 휨 각(Round Angle, δ)을 주어 설계하였고, 다음과 같은 7가지의 장점이 있다.

STR형 블레이드는 누임 각에 의해 바람이 블레이드에 전달하는 풍력에너지의 접촉면적 및 접촉시간을 $E = W + H \cdot \tan\theta$ 의 식에 의해서 증가시키기 때문에 폭이 비교적 좁은 블레이드를 활용하여 많은 에너지의 전달 효과를 도모하여 누임 각에 의해 블레이드가 에너지를 전달받는 영역이 넓어지기 때문에 3개의 블레이드만 사용해도 전체 체적의 바람에너지를 활용하는 효과가 있고, 비틀림 각 및 휨 각의 곡면에 의한 영향으로 바람이 위에서 아래(또는 아래에서 위), 좌에서 우(또는 우에서 좌)로 자연스럽게 흐르게 하여 풍속 가속효과를 꾀할 수 있으며 실제로 다음 그림 4(a) 정면도, b 윗면도, c는 CFD 시뮬레이션 결과를 보면 비틀림 각에 의해 발생하는 와류가 블레이드 윗 단의 풍속 방향이 인접한 블레이드의 회전력을 가속시키는 효과가 있다는 것을 알 수 있다. 또한, STR 블레이드는 고속 rpm구조로서 풍력발전기에서는 상대적으로 고속인 300 rpm(예를 들어, 프로펠러형의 경우 30rpm)에서 정격출력으로 동작함으로써 발전기 구조를 단순화시켜 효율을 향상시키고 가격 경쟁력을 높일 수 있다. 그리고 풍속의 3제곱에 비례하고 블레이드가 회전하면서 블레이드는 바람을 수직으로 자르지 않고 자연스럽게 흘려보내기 때문에 소음을 획기적으로 감소시키고자 하였다. 또한, 블레이드가 회전하면서 STR 각을 조절하여 최대 출력점을 찾고자 하였다. 아래의 1식에서 보는 바와 같이 출력 P는 출력 계수, 풍차의 회전면적, 풍속의 세제곱에 공기밀도를 곱한 값이 된다.

$$P = \frac{1}{2} \rho C_P A v^3 \quad (1)$$

(ρ = 공기밀도, C_P = 출력계수, A = 풍차의 회전면적, v = 풍속)

그림 4 STR 블레이드 도면 (a) 정면도, (b) 윗면도 (c) 누임 각, 비틀림 각 및 휨 각의 관계

Fig. 4 Diagram of STR Blade (a) A front view (b) A top view (c) A lay view & twisted

그림 5 풍력발전기 블레이드를 위한 ANSYS 시뮬레이션을 위한 모델링 (a) 격자형성, (b) 입구 유체속도, (c) 회전가동에 의한 블레이드

Fig. 5 ANSYS simulation modeling for wind turbine blade (a) matrix (b) input fluid speed (c) blade of applied rotation

그림 5는 ANSYS의 초기화를 위해 블레이드 주변의 유체틀을 모델링한 것으로, (a)는 격자형성, (b)는 입구 유체속도 및 (c)는 회전가동에 의한 블레이드 윗 단의 속도 분포를 나타내고 있다.

2.3 Airfoil 형상 최적 설계

이와 같이 구성된 모델링 과정을 통하여 익형 형상 최적 설계를 통한 STR 블레이드의 풍향 및 풍속조건을 고려한 복합적인 공력특성 분석, 형상에 따른 최적 설계인자를 도출하고, 풍력발전 안전설계 국제규격(IEC 61400-2) 분석 및 설계 개념을 수립하였다. 블레이드의 형상은 미 항공 우주국(NASA)에서 정한 상하 대칭익형인 NACA0015의 규격을 따랐고, NACA0015 익형의 공력 특성은 이미 잘 알려져 있다. 다음 그림 6은 STR 블레이드의 윗면에서 (a) 풍압 분포, (b) 풍속 분포 및 (c) 풍속 벡터(풍향) 분포도를 나타내 주고 있다. 이와 같은 시뮬레이션 결과를 통하여 획득된 5 kW급 풍력발전기 블레이드 길이(L)은 3,600 mm, 최대직경은 2,200 mm, 블레이드의 폭(W)은 220 mm, 누임 각(Θ)은 12.8° , 비틀림 각(γ)은 60° 및 보조블레이드 각은 115.37° 를 얻을 수 있었다. 다음 그림 7(a)는 1개의 블레이드 및 (b)는 3개의 블레이드가 정지해 있을 때 풍속 70 m/s에 받는 힘의 분포를 보여주고 있다. 블레이드가 정지하고 있을 때 5 kW 블레이드에 70m/s 바람을 가한 결과 STR 블레이드가 받는 최대 응력이 2.1 Mpa(21kgf/cm²)이기 때문에 견딜 수 있는 힘은 최소 2.1 Mpa(21kgf/cm²)이상이어야 함을 알 수 있었다.

그림 6 Airfoil 형상 최적 설계

(a) 풍압 분포, (b) 풍속 분포 및 (c) 풍속 벡터

Fig. 6 Airfoil form of a optimal design (a) wind pressure (b) wind speed distribution vector (a) Wind press distribution (b) wind speed distribution (c) wind speed vector

그림 7 풍속 70 m/s인 경우 블레이드가 받는 응력 시뮬레이션 (a) 1개 블레이드 (b) 3개 블레이드 정지해 있을 때

Fig. 7 In case of wind speed 70 m/s, internal stress simulation at a blade (a) 1 blade (2) 3 blade

2.4 자기부상 시스템 구현

수직축의 또 다른 장점은 회전부의 무게 중심이 지축으로 고정된다는 점을 활용하여, 발전기의 회전자에 고정되어 회전하는 부분과 고정자와 지축으로 지지된 부분으로 분리하였다. 같은 극끼리 서로 반발하는 자석의 특성을 이용하여 이 두 개의 부분을 분리하여 영구자석을 이용하여 자기부상을 실현시켰다. 자기부상은 회전부의 무게가 거의 0 kg에 가깝기 때문에 다른 부품과 접촉이 없고, 저소음, 무저항, 무중력으로 동작하기 때문에 풍속 1 m/s 정도의 아주 낮은 바람에도 동작이 가능하고, 또한 저 토크 고속 회전으로 동작하기 때문에 풍속 1 m/s 정도의 아주 낮은 바람에도 동작이 가능하고, 또한 저 토크 고속 회전으로 기기의 마모를 최소화 하여 반영구적으로 사용할 수 있고 전체 시스템의 효율을 획기적으로 증가시킨다. 그리고 회전축의 무게를 계산한 뒤 자력의 쿨롱(Coulomb) 법칙을 이용하여 적절한 공극을 계산해서 회전축과 고정하고 축을 분리하는 자기부상 풍력발전기를 네오디움(NdFeB) 영구자석을 사용하여 구현할 수 있었다. 그림 8은 도너츠형 네오디움계 영구자석을 사용하여 자기부상을 구현할 가상도를 보여주고 있다. 그림 8은 도너츠형 네오디움계 영구자석을 사용하여 자기부상을 구현할 가상도이다.

그림 8 도너츠형 네오디움계 영구자석을 사용하여 자기부상 가상도

Fig. 8 Imaginary diagram of Magnetic levitation with permanent magnet of typed doughnut Nd system

3. 결 과

본 연구에 의해서 개발된 제품은 그림 12에서 나타나 있고, 본 연구에 의해서 개발된 풍력발전기를 방조제 구간을 활용한 풍력단지 구축 예로써 그림 9(a)의 위는 위성사진은 시화방조제 부근의 위성사진으로 빨간색으로 표시된 구간(약 13 km)에 적층식(5층으로 200개) 200 MW급 풍력단지를 구축할 수 있고, 그림 9(b)의 아래에 나타난 새만금방조제(군산에서 부안까지 방조제 길이 총 33 km, 평균풍속 5.8 m/s)에서 풍력 발전단지 조성을 위한 사업을 계속해서 전개할 예정이다. 이 지역은 평균풍속이 약 4.8 m/s로 적층 연곡형 풍력발전시스템이 20 %의 효율을 발생한다고 가정했을 경우 탄소배출권을 포함하여 연간 약 450억의 매출을 기대할 수 있다.

그림 9 적층형 풍력발전기 설치 사업추진 예정 지역 (a) 시화방조제 (b)군산에서 부안까지 방조제

Fig. 9 expected area stacked wind turbine for installing plan for a business expected area (a) cjwha (b) of kunsan to baun

그림 10 방조제 구간을 활용한 풍력단지 구축 예

Fig. 10 Example of applied tide embankment space wind farm.

그림 11 개발된 적층형 풍력발전기의 실증 설치 (a) 25kW 적층형풍력발전기 (b) 5kW풍력발전기 (c) 풍력발전 실험

Fig. 11 Installed test of developed stacked wind turbine (a) 25kw stated type wind turbine (b) 5kw wind turbine (c) wind turbine test.

그림 10은 본 연구에서 제시한 모듈화 방법에 의해 방조제 구간에 풍력발전단지를 구성한 예를 보여주고 있다. 그림 11(a)는 풍력발전기 5kw용 3개를 적층하여 풍력발전기 25kw 실증하고 있는 사진이고, b는 5kweks일 풍력발전기 실증사진이다. 또한, c는 5kw 용 풍력발전기를 실내에서 테스트하는 사진이다.

4. 결 론

본 연구 결과 얻어진 적층 연곡형 풍력발전기로 저 풍속에도 경제적으로 발전 가능한 STR형 풍력발전 시스템을 개발하여 보급할 수 있도록 개발함으로써, 수입대체 효과는 물론 풍력발전기 산업이 수출 산업으로 탈바꿈하여 신 성장동력 산업으로 키우는 계기를 만들 수 있고, 재생에너지원으로 태양전지에 비해서 상대적으로 취약한 국내의 풍력발전 사업을 활성화 시킬 수 있다. 또한, 전량 해외 수입에 의존하고 있는 프로펠러의 블레이드 시장을 STR형 블레이드로 대체함으로써 연간 약 3,000억 원 이상의 수입대체 효과를 기대 2007년부터 형성된 탄소배출권 시장(2007년 약 300억불, 2010년 약 1,500억불 예상)에 대응하여 탄소배출권 매매를 통한 추가 수익 기대(풍력발전 1 kWh 당 0.863 kg의 이산화탄소 감소) 해안에 위치한 불모지 방조제(시화방조제, 새만금방조제등)에 수백 MW급의 대규모 풍력발전 단지 조성이 신개념의 풍력발전시스템의 국산화를 통해 가능케 한다고 사료된다. 본 연구에 결과물인 STR형 시스템을 도입하여 시화방조제 및 새만금방조제에 대단위 풍력 단지를 구축할 수 있으며 이 결과물로 기존 풍력발전기의 효율을 10% 이상 올릴 수 있었다. 또한, 향후 본 개발품의 실증 데이터를 분석하고 신뢰성 확보와 최적 풍력발전기가 되도록 연구하여 대형건축물, 주거용 풍력단지개발에 설치할 수 있도록 박차를 가하고 에너지절약을 위한 스마트 그리드 및 에너지저장시스템과 연계하여 전력계통 안정도에 기여하는 시스템 구성을 하고 지속가능한 신재생에너지원으로 고효율 풍력발전기 개발하여 전 세계에 수출할 수 있는 성능확보를 하는 연구를 하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 지경부 신재생에너지의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Aerodynamic performance of a 5-metre-diameter Darrieus turbine with extruded NACA-0015 blades, R.E. Sheldahl, P.C. Klimas, L.V. Feltz, Sandia Laboratories, 1980.
- [2] The Darrieus turbine: A performance prediction model using multiple streamtubes, J.H. Strickland Sandia Laboratories, 1975.
- [3] Power prediction of Darrieus type wind turbine considering real air velocity on the wind turbine blade, D. Lian, J.H. Lee, Y.C. Kim, EWEC, Kunsan National University, Korea, 2008.
- [4] 2D CFD simulation of dynamic stall on a vertical axis wind turbine: verification and validation with PIV, C.S. Ferreira, G. V. Bussel, G.V. Kuik Delft University of Technology,
- [5] Effects of turbulence model and computational grid on the calculation accuracy of the aerodynamic performance of S814 airfoil based on RANS, Lu Congming, Li Yuhong, Guilin, China, International Conference on Energy and Environment Technology, 2009.
- [6] CFD Calculations of S809 Aerodynamic Characteristics, W.P Wolfe, S.S Ochs, Sandia Laboratories and Iowa State University Ames, 1997.
- [7] Usage of CFX for Aeronautical Simulations, F, Menter, International ANSYS Conference, 2006.

저 자 소 개

장 미 혜 (張 美 惠)

2000년 : Ohio State University, USA, 객원연구원

2001.2 : 연세대학교, 공학박사

2001~2006년: NIST(National Institut of Standards and Technology), USA 연구원, 포닥

2006~2009년 : 연세대학교, 연구 교수

2008 ~ 현재 : 전북대학교, 초빙 교수, 대체에너지공학과, 풍력발전연구센터

2008 ~ 현재 : 한국 신재생에너지연구원, 연구위원장

2010 ~ 현재 : 한국해외기술공사, 연구소장

정 자 춘 (鄭 子 春)

- 1983.2 : 고려대학교 전기공학과 졸업, 공학사

- 1986.2 : 한국과학기술원 전기 및 전자과 졸업, 공학석사

- 1994.8 : 한국과학기술원 전기 및 전자과 박사과정 졸업, 공학박사

- 1986.2 ~ 1989.8 : 전자통신연구원(ETRI), 연구원

- 1986.7 ~ 1987.6 : 일본 와세다 대학교, 초청연구원

- 1990.3 ~ 1996.4 : 현대전자, 책임연구원

- 1996.4 ~ 2006.1 : 아라리온(주), 대표이사

- 1999.2 ~ 2001.2 : (사)에이직설계회사협회, 회장

- 2007.1 ~ 2008.4 : (주)마스타테크론 사장

- 2006.10~ 현재 : 비손에너지(주) 대표이사