

풍력-태양광 복합발전 시스템의 인터넷 모니터링

(Internet Monitoring of Wind-Photovoltaic Hybrid Generation System)

양시창* · 문채주 · 장영학 · 소순열 · 정지현 · 김의선

(Si-Chang Yang · Chae-Joo Moon · Young-Hak Chang · Soon-Yeol Soh · Ji-Hyun Chung · Eui-Sun Kim)

요 약

풍력 발전 시스템과 태양광 발전 시스템을 상호 보완함으로써 안정적인 전력 공급과 에너지 이용 효율의 향상을 꾀할 수 있는 풍력-태양광 복합발전 시스템에 대한 관심이 고조되고 있다. 본 연구에서는 이러한 복합 발전 시스템을 효율적이고 안정적으로 운용하기 위하여 시스템의 각종 데이터들을 수집, 분석하고 파일로 저장하며 이를 인터넷을 이용하여 원격지에서도 모니터링 할 수 있는 시스템을 구축한다. 교류와 직류의 각종 전압, 전류들을 비롯한 풍속, 조도, 온도 등의 물리량을 측정하기 위하여 여러 형태의 변환기를 사용하였고 신호 조절 회로를 구성하였다. 데이터 수집 보드를 이용하여 컴퓨터로 데이터들을 읽어 들였으며, 시스템 운용을 위한 서버 프로그램과 이를 원격지에서 실시간 모니터링 및 저장된 데이터들을 다운로드 할 수 있는 클라이언트 프로그램을 개발하였다. 측정된 데이터를 시간, 기상 등의 여러 조건과 연관하여 분석하였다.

Abstract

Recently, many researchers have shown great interest in wind-photovoltaic hybrid generation system which promotes electric power supply safely and progress of energy usage efficiently with complementary cooperation of a wind generation system and photovoltaic generation system. To use this hybrid generation system stably and effectively, we established a system which can acquire, analyse and save data, and monitored remotely using internet. We constructed the signal conditioning circuit and used many kinds of converters to measure physical quantities such as wind velocity, intensity of illumination and temperature as well as many kinds of voltage and current for AC and DC. we acquired data from computer with data acquisition board, developed server program and client program which can download data that is monitored and saved in realtime at remote place. We analysed the measured data in relation to many conditions such as time and weather conditions.

Key Words : Internet monitoring, Hybrid generation system, Monitoring, Transducer

* 주저자 : 목포대학교 전기공학과 석사과정
Tel : 061-450-6451, Fax : 061-450-6451
E-mail : metus111@empal.com
접수일자 : 2005년 12월 20일
1차심사 : 2005년 12월 22일
심사완료 : 2006년 1월 13일

1. 서 론

석유나 석탄을 이용한 화력 발전, 강물을 이용한 수력 발전, 그리고 원자력을 이용한 원자력 발전 등 여러 가지 에너지원이 있다. 하지만 이러한

풍력-태양광 복합발전 시스템의 인터넷 모니터링

발전 방식에 의한 에너지원으로 이용되고 있는 물질의 고갈 문제와 공해 문제 등으로 인해 인류는 공해가 없는 다른 에너지를 찾게 되었다. 이러한 에너지원들을 대체에너지라 하는데 대체 에너지의 종류에는 조력, 지열, 소수력, 태양에너지, 풍력 등이 있다. 이 에너지원 중 우리나라에 비교적 적합한 것으로는 풍력과 태양에너지가 있는데, 풍력과 태양에너지를 이용한 발전은 기상 변화에 따라 발전량이 심하게 변하기 때문에 수요자에게 안정적인 전력을 공급하기 어렵다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서 이 두 에너지원을 상호 보완할 수 있는 복합발전 시스템이라는 개념을 도입하게 되었다.

복합발전 시스템을 구성하는 주된 목적은 단일 시스템을 각각 따로 구성하는 것보다 두 시스템을 적절히 조합함으로써 좀 더 효율적인 자연의 에너지를 이용하려는 데 있다. 에너지의 성질상 풍력 에너지는 하루 24시간 이용할 수 있기는 하나 출력의 변동이 심하고, 태양에너지는 낮 동안만 이용할 수 있으므로 이를 상호 보완하게 되면 좀 더 효율적인 에너지 이용을 할 수 있을 것이다. 또한 계절적으로 보면 우리나라의 경우 풍속은 여름에는 낮고 겨울에는 높은 반면, 태양 일사량은 여름에 많고 겨울에는 적은 경향을 보인다. 따라서 이 두 에너지원인 태양과 풍력을 함께 사용하면 두 에너지의 상호 보완에 의해 안정적인 에너지원을 확보할 수 있게 된다.

본 연구에서는 효율적인 시스템 운영 및 안정적이고 정상적인 운전 상태를 항상 유지·관리할 수 있게 도와주는 인터넷 모니터링 시스템을 설계한다. 이 모니터링 시스템은 복합발전 시스템의 동작 상태를 수시 점검하여 이상 현상 발생 시 신속하게 조치할 수 있도록 시스템의 상황을 한눈에 파악할 수 있어야 한다. 실험 및 고찰 부분에서는 설계된 모니터링 프로그램을 통해 서버 프로그램에서 실시간 모니터링 및 파일을 저장시켰다. 클라이언트 프로그램에서는 저장된 파일을 다운로드 하고 저장된 데이터를 분석하였다.

2. 시스템 구성

2.1 풍력-태양광 복합발전시스템

본 연구에 사용된 풍력-태양광 복합발전 시스템은 그림 1과 같이 구성되어 있다. 풍력발전기로부터 나오는 3상의 교류 전력은 풍력발전기 컨트롤러를 통해 직류로 변환되고, 태양광 전지로부터 나오는 직류 전력은 DC-DC 컨버터를 통해 일정 전압으로 조정되어 축전지에 저장된다. 저장된 DC전압을 DC-AC 인버터를 통하여 AC220[V]-60[Hz]로 변환하여 부하를 연결해 사용하도록 구성되었다.

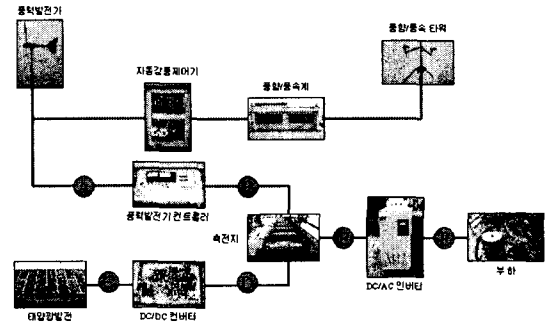


그림 1. 풍력-태양광 복합발전 시스템의 구성도
Fig. 1. Configuration of the Wind-Photovoltaic hybrid generation system

2.2 계측장치

그림 1의 풍력-태양광 복합발전 시스템에서 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣, ㉤, ㉥ 각 구간에서의 전압-전류 값을 측정하기 위하여 각각 4개씩의 교류전류 변환기, 교류전압 변환기, 직류절연 변환기, 분류기, 원형변류기를 사용하여 구성하였다. 실험에 사용된 센서들을 간략히 설명하면 다음과 같다.

- 교류전류 변환기 - 0~5[A]의 교류 전류를 4~20[mA]의 직류 전류로 바꾸어준다(㉠, ㉥).
- 교류전압 변환기 - 0~300[V]의 교류 전압을 4~20[mA]의 직류 전류로 바꾸어준다(㉠, ㉥).
- 직류절연 변환기 - 0~50[mV]의 직류 전압을 4~20[mA]의 직류 전류로 바꾸어준다(㉡, ㉢, ㉣, ㉤).
- 분류기(SHUNT) - 0~10[A]의 직류 전류를

- 0~50[mV]의 직류 전압으로 바꾸어준다(㉓, ㉔, ㉕, ㉖).
- 원형변류기 - 150[AT]의 변류기로 0~30[A]의 교류 전류를 0~5[A]의 교류 전류로 바꾸어준다(㉗, ㉘).

㉗, ㉘ 구간에서는 교류 전압 측정을 위해 교류전압 변환기를 사용하였고, 교류 전류 측정을 위해 교류전류 변환기 및 원형 변류기가 사용되었다. ㉓, ㉔, ㉕, ㉖ 구간에서는 DC 전압 측정을 위해 2개의 저항을 이용한 분압회로, DC 전류 측정을 위해 분류기(SHUNT)와 직류절연 변환기가 사용되었다. 그림 2는 ㉗, ㉘, ㉓, ㉔, ㉕, ㉖ 구간에서의 전압-전류를 측정하기 위해 연결된 센서들을 나타내고 있다.

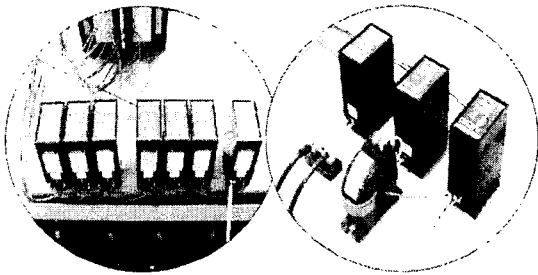


그림 2. 실험에 사용된 센서들
Fig. 2. The sensors used in experiment

각종 센서들을 이용하여 측정된 교류 전압·전류와 직류 전압 신호들은 4~20[mA]의 전류로 변환되고, 다시 500[Ω]의 정밀저항을 이용하여 2~10[V]의 전압으로 변환된다. 직류 고전압은 분압회로를 거쳐 0~10[V]의 전압으로 조절된다. 10[V]이하의 직류전압으로 조절된 신호들은, National Instruments사의 DAQ 보드(PCI-6014)를 통하여 PC에 연결이 되고, 서버 프로그램에서는 캘리브레이션 과정을 거쳐 실제 전압-전류 값을 화면상에 표시하고, 저장하며 필요시 데이터를 클라이언트로 전송하게 된다.

2.3 서버-클라이언트 프로그램

서버-클라이언트 프로그램은 National Instruments의 Measurement Studio와 Microsoft Visual Basic .NET 을 사용하여 작성하였고, 서버와 클라이언트

엔트간의 통신은 그림 3에 보인 DataSocket Server 를 이용하여 데이터를 클라이언트 프로그램에 전송한다.

그림 4는 서버 프로그램과 클라이언트 프로그램의 실시간 데이터들을 화면에 보여주는 폼으로, 실시간으로 변화하는 데이터들을 통해 풍력-태양광 복합발전 시스템의 각 구간별 현재의 전압-전류 값을 관찰할 수 있도록 구성하였다. 그리고 이 데이터들은 서버 프로그램에서 파일로 저장이 되고, 클라이언트 프로그램에서 다운받을 수 있도록 하였다.

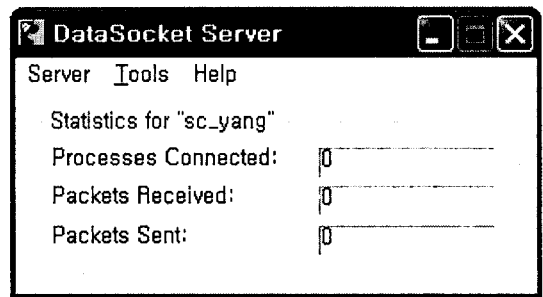


그림 3. DataSocket Server
Fig. 3. DataSocket Server

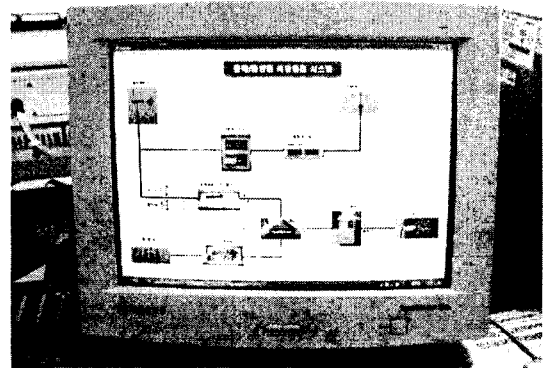


그림 4. 서버-클라이언트 프로그램
Fig. 4. Server-Client Program

풍력-태양광 복합발전 모니터링 시스템은 그림 5와 같이 풍력-태양광 발전기 및 계측장치, 서버-클라이언트 프로그램으로 구성되어 있다. 서버프로그램에서는 풍력 발전기와 태양광 발전으로부터 발생된 전력을 AC220[V]-60[Hz]로 변환하는 과정에서 측정된 전압-전류 데이터 값을 변환 및 저장을 하고,

풍력-태양광 복합발전 시스템의 인터넷 모니터링

클라이언트 프로그램에서는 실시간 원격 모니터링, 그리고 저장되어진 데이터를 다운로드 및 분석할 수 있는 시스템이다.

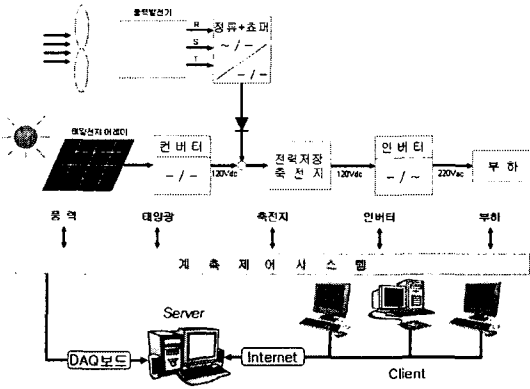


그림 5. 모니터링 시스템의 구성도
Fig. 5. The configuration of monitoring system

3. 실험 및 고찰

본 연구에서 사용한 풍력-태양광 복합발전 시스템은 목포대학교 공대 건물 옥상에 설치된 3[kW]의 풍력 발전기와 1[kW]의 태양광 발전시설을 이용하였다. 풍력 발전기와 태양광 발전시설로부터 발전된 전력을 200[V]의 교류 전압, 전류로 변환하는 과정에서의 컨트롤러와 인버터 등 각 구간에서의 전압, 전류 데이터를 계측하여 그 데이터들을 NI-DAQ 보드를 통해 서버 프로그램에 전송하게 된다. 전송된 데이터들은 실제의 전압-전류 데이터 값에 맞도록 환산이 되어 화면에 출력이 되고, Microsoft Office Access 파일 포맷으로 1분 간격으로 파일에 저장된다. 파일명은 2000-01-01.mdb와 같은 형식으로 날짜별로 저장이 되고, 0시가 되면 자동으로 다른 파일명으로 저장이 된다.

그림 6은 날짜별로 저장된 파일들 중의 하나를 엑셀 프로그램으로 불러들인 것이다. 17가지의 데이터들이 1분 동안의 데이터를 수집하여 평균내어진 값들이 각 항목별로 1분 단위로 1일에 1440개의 데이터가 저장된 것을 볼 수 있다.

클라이언트 측에서는 서버 프로그램에서 실시간으로 추출하여 변환 후 보낸 데이터들을 전송받아

화면에 실시간으로 출력하도록 하고, 서버 측에 접속하여 날짜별로 저장된 데이터 파일을 그림 7과 같이 DataGrid에 각 데이터들을 나열하고 저장할 수 있도록 구성하였다. 아래의 그래프는 1일 동안의 전압, 전류 값을 표시하여 분석할 수 있도록 구성된 것이다.

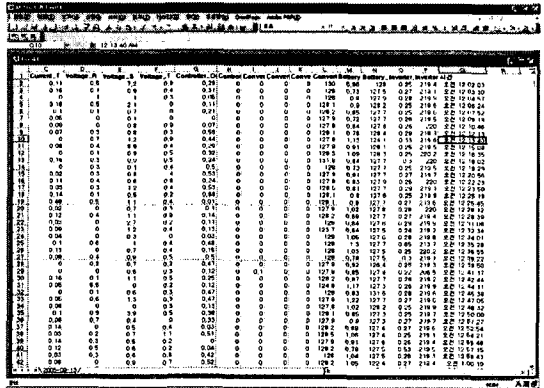


그림 6. 1일 동안 저장된 데이터
Fig. 6. The data saved for one day

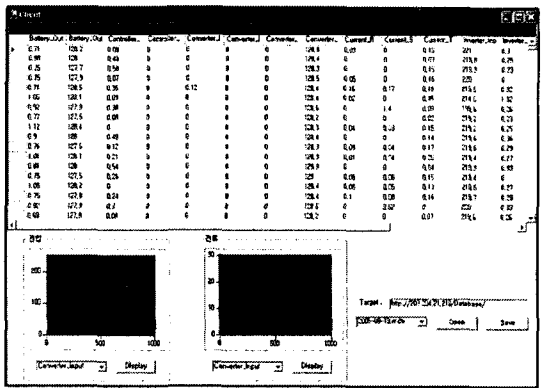


그림 7. 데이터 파일 출력 및 분석
Fig. 7. Data file output and analysis

그림 8에는 모니터링 하는 모든 데이터의 하루 분량(2005. 9.13. 0시~24시)을 여러 개의 그래프에 나타낸 것이다. 그림 8 (a), 8 (b)는 풍력발전기의 각상 출력 전압과 출력 전류를 차례로 나타낸 것이다. 측정일은 태풍이 불어 낮 시간에 많은 전력이 생산된 것을 볼 수 있다. 그림 8 (c)는 직류로 변환된 풍력 발전기의 생산 전력이다. 그림 8 (d)는 태양광의 출력 전압전류를 보였는데 일출 시간부터 출력 전압은

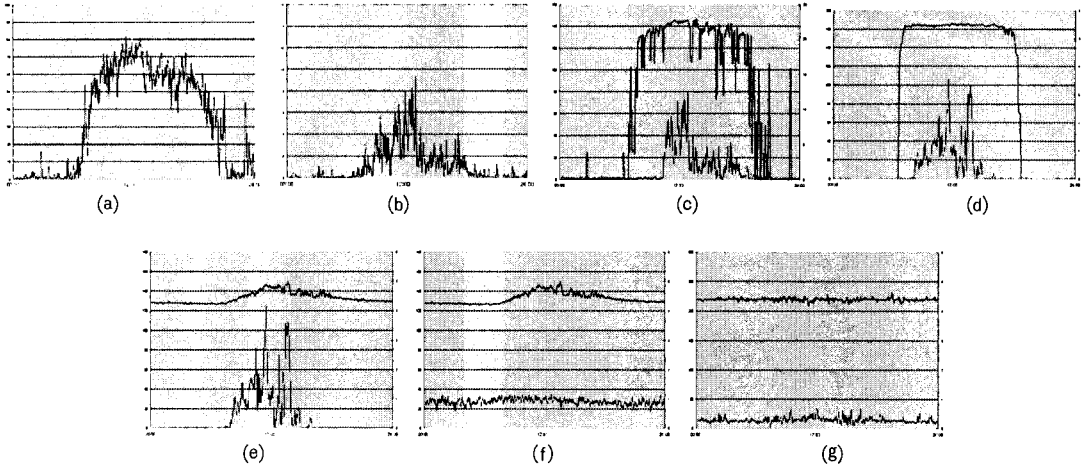


그림 8. 1일동안 저장된 전압-전류 데이터값

- (a) 풍력발전기 출력 전압, (b) 풍력발전기 출력 전류, (c) 컨트롤러 출력 전압-전류, (d) 태양광 출력 전압-전류
 (e) 컨버터 출력 전압-전류, (f) 축전지 출력 전압-전류, (g) 인버터 출력 전압-전류

Fig. 8. Voltage-Current Data saved for one day

- (a) Wind Turbine output voltage, (b) Wind Turbine output current
 (c) Controller output voltage-current, (d) Photovoltaic output voltage-current
 (e) Converter output voltage-current, (f) Battery output voltage-current,
 (g) Inverter output voltage-current

상승하여 일정 전압을 보이다가 일몰시간에 다시 하강하는 곡선을 볼 수 있다. 그러나 태양전지의 특성상 전류는 일출 이후 얼마의 시간이 흐른 후에 상승하는 것을 알 수 있고 일몰 전에 감소한 것을 볼 수 있다. 또한 태풍의 영향으로 흐린 날씨 때문에 한 낮에도 전력 생산이 많지 않음을 알 수 있다. 그림 8 (e)는 DC/DC 컨버터를 통과한 태양광 발전 전력을 보여준다.

풍력발전으로 생산된 전력(그림 8 (c))과 태양광 발전으로 생산된 전력(그림 8 (e))이 축전지에 연결되어 충전된다. 그림 8 (f)와 8 (g)에 인버터의 입력과 출력 전압·전류를 나타냈다.

4. 결 론

본 연구에서 설계 구성한 인터넷 모니터링 시스템은 원격지에서의 시스템을 원활하게 유지하고, 문제 발생시 신속한 조치를 할 수 있도록 하기 위하여 원격 감시 시스템을 설계 하는데 주안점을 두었으며,

원격지의 과도한 출장해소 및 정기적인 데이터 수집의 번거로움을 해소하기 위하여 데이터 전송 시스템을 구성하였다. 다른 모니터링 프로그램과는 달리 1대1 접속이 아닌 1대N 방식의 클라이언트 프로그램을 통하여 여러 곳에서 동시 접속이 가능하고, 원격지에서 시스템의 현재 상태를 실시간으로 감시가 가능하도록 하였다. 풍력-태양광 복합발전 시스템에 직접 연결된 서버 프로그램에서는 풍향-풍속과 같은 대기상태와 각종 센서로부터 출력되는 전압, 전류 값들을 날짜별로 저장을 하였고, 클라이언트 프로그램에서는 실시간 모니터링 및 서버 프로그램에서 저장된 파일을 다운로드 및 분석할 수 있게 하였다. 본 연구에서 설계하여 구성한 시스템은 원격지에서 상시 감시하고 데이터 분석을 하는데 상당한 효과를 얻을 수 있었다.

본 연구는 산업자원부의 출연금 등으로 수행한 지역전략산업 석·박사 연구인력 양성사업의 연구결과입니다.

References

[1] 김병욱, 강신일, 박장훈, 송승호, 노도환, 김동용, "인터넷을 이용한 풍력발전기 원격 감시제어시스템 개발", 대한전기학회 춘계학술대회 논문집, pp. 335-337, 2003.
 [2] 김지인, 동경민, 송승호, 오영진, 최석우, 신찬, 노도환, "한국형 풍력발전기 감시제어 시스템 개발", 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, pp. 1355-1357, 2002.
 [3] 심현승, 허경우, 김장기, "인터넷을 통한 원격제어기의 임의 시간지연의 예측가능성에 대한 연구", 제어·자동화 시스템 공학 논문지, 제7권 10호, pp. 849-858, 2001.
 [4] 박홍성, 정명순, 김봉선, "웹 기반 실시간 모니터링 시스템의 구조", 제어·자동화 시스템공학 논문지, 제7권 7호, pp. 613-639, 2001.
 [5] 이세, 오병주, "인터넷을 통한 원격 측감제어", 한국자동제어학회논문지, pp. 235-238, 2000.
 [6] 이재훈, 차인혁, 이병주, 한창수, "그래픽 모니터링 시스템을 활용한 원격제어 시스템 개발", 한국자동제어학회회의논문집, pp. 1822-1826, 1998.
 [7] 옥진삼, 강근택, 이원창, "웹을 이용한 이동로봇의 원격 제어", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 2723-2813, 2000.
 [8] K. Brady and T.-J. Tarn, "Internet-based Remote Teleoperation", in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Automat., pp. 65-70, 1998.
 [9] Amahal W, Overstreet and Anthony Tzes, "An internet based real-time control engineering laboratory", IEEE Control Systems Magazine, pp. 19-34, 1999.

◆ 저자소개 ◆

양시창 (梁時昌)

1979년 2월 9일생. 2004년 목포대학교 전기공학과 졸업. 2006년 목포대학교 전기공학과 석사졸업.

문채주 (文彩柱)

1959년 12월 26일생. 1981년 전남대학교 계측공학과 졸업. 1983년 전남대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 전남대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1986~1997년 한국전력기술 부설 전력기술개발연구소 책임연구원. 1997~1999년 목포대학교 공과대학 전기 제어공학부 전임강사. 1999년~현재 목포대학교 공과대학 전기공학과 부교수. 2004년~현재 목포대학교 신재생에너지기술연구센터장.

장영학 (張永學)

1960년 3월 1일생. 1981년 전남대학교 계측공학과 졸업. 1984년 전남대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 전남대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1991년~현재 목포대학교 전기제어신소계공학부 제어시스템공학전공 교수.

소순열 (蘇淳烈)

1970년 10월 8일생. 1996년 전남대학교 전기공학과 졸업. 1998년 전남대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 일본 홋카이도 대학교 대학원 전자정보공학전공 졸업(박사). 2005년 9월~현재 목포대학교 전기공학과 전임강사.

정지현 (鄭智現)

1978년 11월 23일생. 2001년 목포대학교 전기공학과 졸업. 현재 목포대학교 전기공학과 석사졸업.

김의선 (金義善)

1959년 9월 2일생. 1981년 전남대학교 계측공학과 졸업. 1987년 전남대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 전남대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 신경대학교 인터넷정보통신학과 교수.