

압력 변화에 따른 SF₆ 가스의 주파수 스펙트럼 특성 분석

(Characteristics Analysis of Frequency Spectrum with Pressure Variation of SF₆ Gas)

윤대희* · 도영희 · 송현직 · 김기채 · 박원주 · 이광식**

(Dae-Hee Yoon · Young-Hoe Do · Hyun-Jik Song · Ki-Chae Kim · Won-Ju Park · Kwang-Sik Lee)

요 약

산업현장에서 많이 사용되고 있는 전력기기에 결함이 발생하면 치명적인 사고로 진전되어 경제적, 인적 손실이 발생할 수가 있다. 본 논문은 GIS에 사용되는 절연가스인 SF₆의 압력 변화에 따른 부분방전을 모의하고, 발생하는 부분방전 신호를 절연 진단 방법 중 하나인 UHF법을 이용하여 부분방전 시 방사되는 방사전자파의 스펙트럼을 분석해 금속 이물질이 SF₆ 가스 부분방전에 미치는 영향을 측정하였다. 이러한 연구는 현장 GIS 및 SF₆ 가스절연 전력설비에서 내부압력 변화 시 금속 이물질에 의해 발생하는 절연파괴 사고의 방지에 중요한 역할을 할 것으로 사료된다.

Abstract

The disastrous accident happens and the economic loss comes into being at the power facilities that used a industry site, if the fault comes into being. This paper experiments the partial discharge in the GIS used a SF₆ insulation gas by the pressure change. We studied the influence of particles at the partial discharge in a SF₆ gas. We use UHF method and measure the partial discharge signal radiation electromagnetic waves and to be happened at the SF₆. And we analyzed the influence on the SF₆ gas to have the particles which the partial discharge analyzes a spectrum of the radiated electromagnetic waves and comes out. The paper results aided the prevention of breakdown accident that happened by particles when an inside pressure changes at the GIS & the power facilities used SF₆ gas.

Key Words : partial discharge, SF₆ gas, radiated electromagnetic wave, breakdown

1. 서 론

전원 및 전력수송설비의 대도시 근교로의 입지가 제한되어 발·변전소용 부지의 효율적 사용 및 환경 조화를 위해 설비의 축소화, 밀폐화가 불가피하므로 축소화된(compact) 초고압·대용량 전력기기의 사용이 확대되고 있다. 이들 기기는 종래의 대기절연 방식을 탈피하여 절연성능이 우수하고 불활성을 갖

* 주저자 : 영남대학교 대학원 전기공학과 박사과정

** 교신저자 : 영남대학교 전기공학과 교수

Tel : 053-810-3953, Fax : 053-810-4767

E-mail : sagmak@ynu.ac.kr

접수일자 : 2006년 4월 24일

1차심사 : 2006년 4월 27일

심사완료 : 2005년 5월 16일

압력 변화에 따른 SF₆ 가스의 주파수 스펙트럼 특성 분석

는 안정한 SF₆ 가스를 절연매체로하여, 활선부를 밀폐하여 외기 및 환경에 영향을 받지 않도록 함으로써 높은 신뢰성을 가지게 되었다. 그 대표적인 전력 기기인 가스절연개폐장치(Gas Insulated Switchgear: GIS)는 40여년 전부터 상업화가 시작되어 현재 765[kV]급까지 광범위하게 사용되고 있다[1].

산업의 발달로 인하여 전력의 수요가 증가하고, 특히 정보산업의 발달로 인해 보다 안정적인 전력 공급이 필요하게 되었다. 전력설비의 고장에 따른 전력공급에 장애가 발생하면 사회적인 영향이 크고, 또한 복구에 많은 시간과 경비가 소요된다. 따라서 보다 안정적이고 신뢰도 높은 전력을 공급하기 위해 전력설비 및 기기의 유지와 보수를 통해 전기적 사고를 미연에 방지할 수 있는 진단기술을 필요로 하게 되었다.

이러한 상황에서 GIS를 포함한 전력설비의 안정성 확보를 위한 절연진단 기술이 개발되고 있다. 그 예로 X선 조사에 의한 감도의 대폭적인 향상, UHF 대역의 방사전자파 측정에 의한 S/N비(Signal/Noise Rate) 향상 등의 기술이 GIS 및 전력설비의 부분방전 측정에 이용되고 있다[2].

본 논문에서는 모의 GIS 챔버내에 금속 이물질을 인위적으로 만들어 넣고 챔버내부의 압력변화에 따라 발생하는 부분방전 신호를 안테나를 이용하여 측정함으로써 인가전압 상승에 따라 발생하는 방사전자파 특성을 연구하였다. 특히 광범위한 대역에서 발생하는 방사전자파 중에서 부분방전 발생 초기부터 변화가 나타나는 30~80[MHz] 대역의 방사전자파 측정에 의해 SF₆ 가스의 방전 특성을 측정 분석하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험장치

GIS 내부에 금속 이물질이 존재할 경우, GIS 내부에서 발생하는 부분방전을 탐지하기 위해서 모의 GIS 챔버를 그림 1과 같이 제작하였다. 챔버의 한쪽은 방사전자파를 잘 통과시키는 테프론 재질로 창을 만들어 전자파의 감쇄를 최소로 하여 안테나에서 방

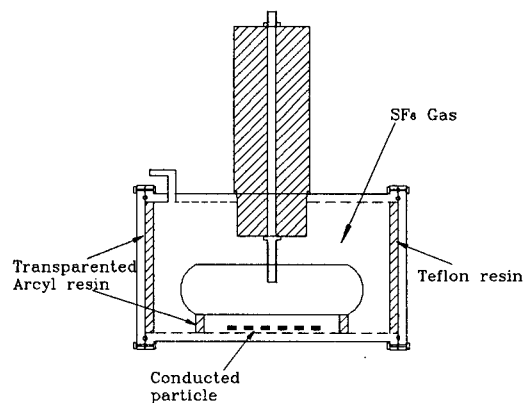
사전자파를 측정하기 용이하도록 하였다. 챔버 내부 직경은 200[mm]이며, 내부 깊이는 340[mm]로 된 원통형이고, 고전압 인가 전극은 스테인레스 재질로 길이 270[mm], 직경 50[mm]의 원통형이다. 인가 가능한 최대 전압은 200[kV]이고, 전극간 거리는 3~50[mm]까지 변화가 가능하다.

또한 다른 쪽은 챔버 내부의 금속 이물질 거동을 관찰할 수 있도록 하기 위하여 투명한 아크릴로 창을 만들었다. 그리고 길이 1[mm], 지름 0.75[mm]의 금속 이물질(스테인레스 재질) 10개를 챔버 내에 인위적으로 만들어 넣고, 챔버 내의 SF₆ 가스 압력은 3, 4, 5기압으로 하였다. 원통전극과 바닥면과의 거리는 20[mm]이다. 금속 이물질이 방전진전에 따라 원통형 전극을 벗어나지 않도록 하기 위해 원통형 전극의 양면에 투명 아크릴로 스페이서를 설치하였다.

모의 GIS에서 방사되는 방사전자파를 측정하기 위한 안테나는 EMI-EMC 측정용 안테나(30[MHz]~2[GHz])를 사용하였고, 전자파 발생원으로부터 1[m] 거리에 안테나를 설치하였다.

2.2 실험방법

그림 1과 같이 모의 GIS 챔버에 SF₆ 가스가 각각 3, 4, 5기압일 때 45[kV]까지 고전압을 인가하여 실



(최대 가압 가능 압력 10기압)

그림 1. 모의 GIS 챔버
Fig. 1. Imitated GIS chamber

협하였다. 전압원은 교류 고전압(Input: AC 200[V] 60[Hz], Output: AC 50[kV] 60[mA])을 사용하였으며 부분방전의 발생에서 방전진전에 따라 방사되는 전자파 스펙트럼을 측정하기 위해 EMI-EMC 측정용인 BiConiLog 안테나(EMCO model 3142) 및 스펙트럼 분석기(Advantest-R3131A)를 이용하여 측정하였다. 스펙트럼 아날라이저로 측정한 데이터는 500개이고 데이터 취득 방법은 신호의 정의값을 sweep time 1초로 30회 측정한 Max Hold 값을 취득하였다.

3. 결과 및 고찰

안테나의 측정 가능한 주파수 대역 중에서 부분방전 발생초기부터 배경잡음(그림 2)과 확연히 구분되는 구간(30~80[MHz])에서의 방사전자파를 측정하였다. 그 결과를 그림 3, 4, 5에 나타냈다.

챔버의 내부기압 3, 4, 5기압에서 동일하게 인가전압이 25[kV]에서 배경잡음과 구분되는 방사전자파가 측정되기 시작했다.

챔버 내에 놓여있는 금속 이물질은 3, 4, 5기압에서 각각의 인가전압에 따라 거의 동일한 움직임을 보여 주었다. 무질서하게 놓여 있던 금속 이물질이 25[kV]전압에서 수직으로 정렬하였고, 30[kV]에서는 1~2개 정도가 직립하였고, 35[kV]에서는 모든 금속 이물질이 직립하였다. 또 40[kV]에서는 미세한 유동이 관찰되었고, 45[kV]에서는 심하게 유동하면서 부상하는 금속 이물질도 관찰되었다.

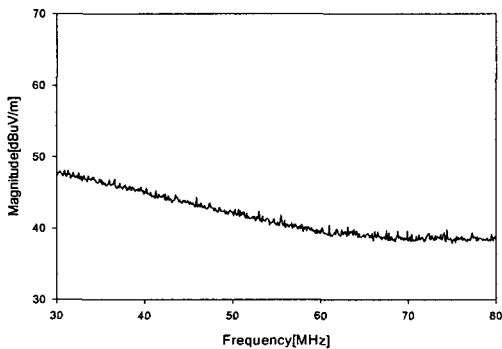
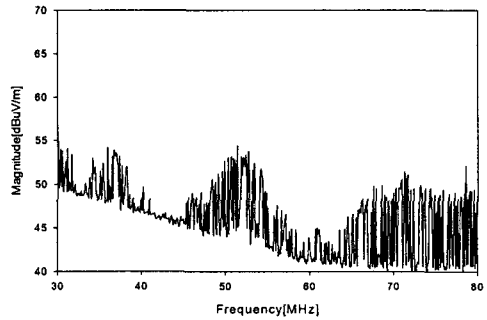
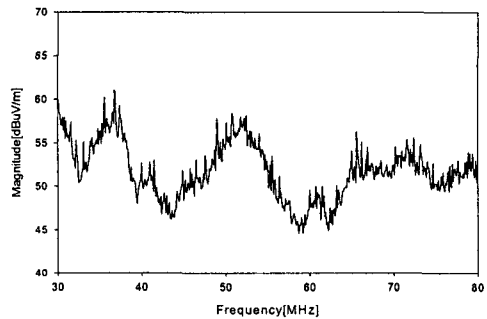


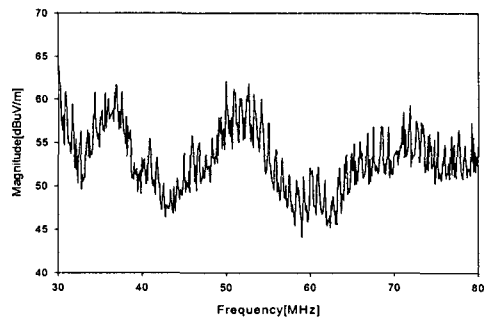
그림 2. 배경잡음
Fig. 2. Background noise



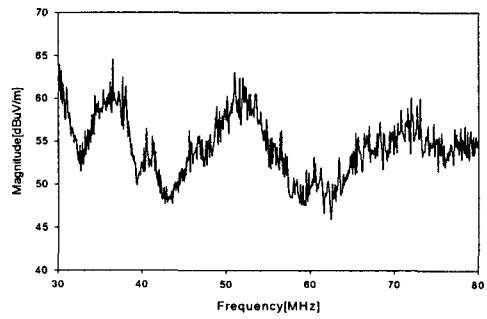
(a) 인가전압 25 (kV)



(b) 인가전압 30 (kV)

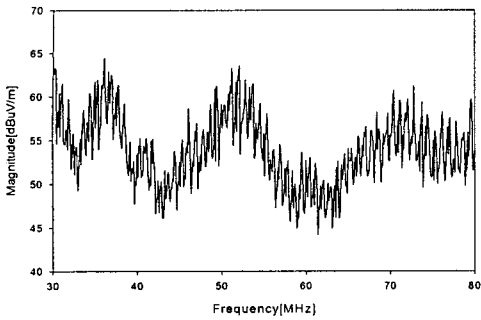


(c) 인가전압 35 (kV)



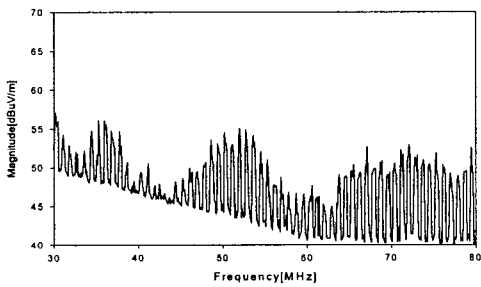
(d) 인가전압 40 (kV)

압력 변화에 따른 SF₆ 가스의 주파수 스펙트럼 특성 분석

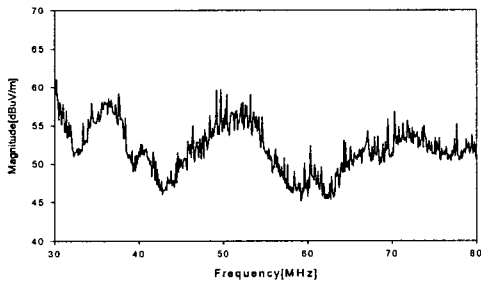


(e) 인가전압 45(kV)

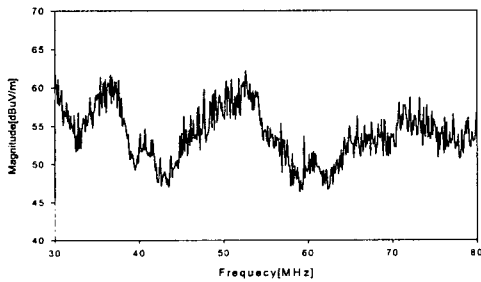
그림 3. 3기압하의 방사전자파 특성
Fig. 3. Characteristics of Radiated Electro-magnetic Wave under 3 atm



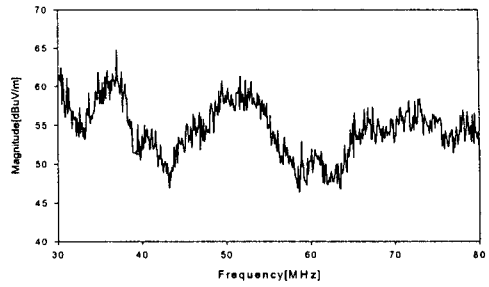
(a) 인가전압 25(kV)



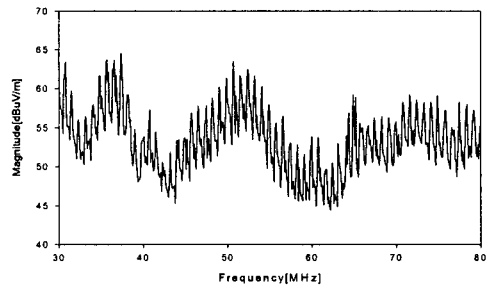
(b) 인가전압 30(kV)



(c) 인가전압 35(kV)

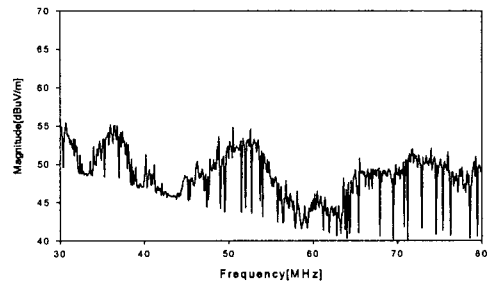


(d) 인가전압 40(kV)

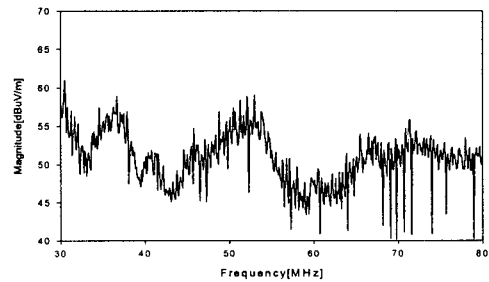


(e) 인가전압 45(kV)

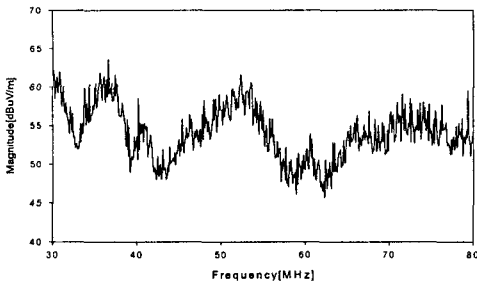
그림 4. 4기압하의 방사전자파 특성
Fig. 4. Characteristics of Radiated Electro-magnetic Wave under 4 atm



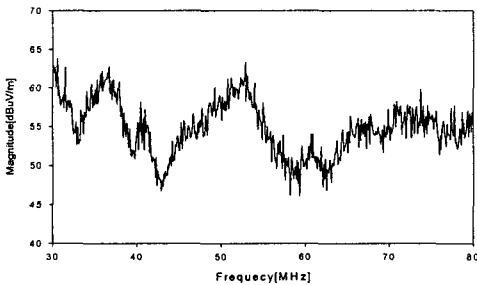
(a) 인가전압 25(kV)



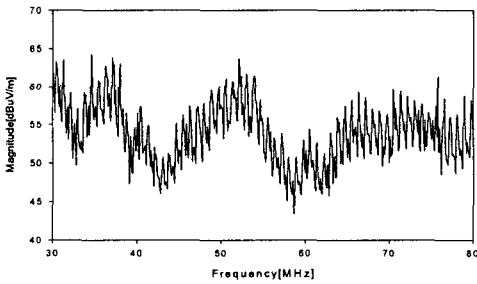
(b) 인가전압 30(kV)



(c) 인가전압 35(kV)



(d) 인가전압 40(kV)



(e) 인가전압 45(kV)

그림 5. 5기압하의 방사전자파 특성
Fig. 5. Characteristics of Radiated Electromagnetic Wave under 5 atm

그림 6은 각 기압별로 인가전압에 따른 평균전계 강도를 나타내고 있다. 챔버 내부의 압력이 증가할수록 전계강도는 커지지만, 거의 유사한 값을 보이고 있다. 이것은 모의 GIS 챔버의 전극 갭이 짧기 때문에 SF₆ 가스의 압력은 크게 영향을 미치지 못하기 때문이라 생각된다.

그림 7은 각각의 기압 하에서 발생하는 방사전자파 중에서 평균전계강도 크기, 52[dBuV/m]이상의 크기를 가지는 갯수를 나타내는 것이다. 그림 6의 평

균전계강도가 40[kV]보다 45[kV]에서 약간 떨어지는 이유가 그림 7에서 보는 바와 같이 45[kV]에서는 큰 방전보다 작은 방전들이 많이 일어나기 때문이라 생각된다. 또한 30[kV] 이상의 인가전압에서 챔버 내의 금속 이물질들이 전계에 의해 직립하여 전극 갭을 줄여주는 역할을 함으로써 전계강도가 급격히 증가함을 볼 수 있다.

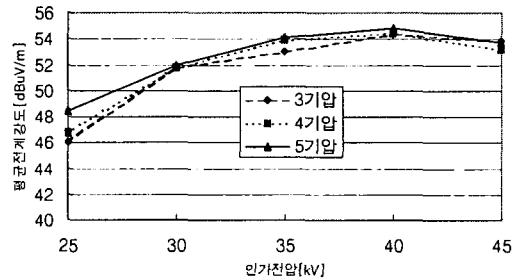


그림 6. 인가전압에 따른 평균전계강도
Fig. 6. Average E-field strength with applied Voltage

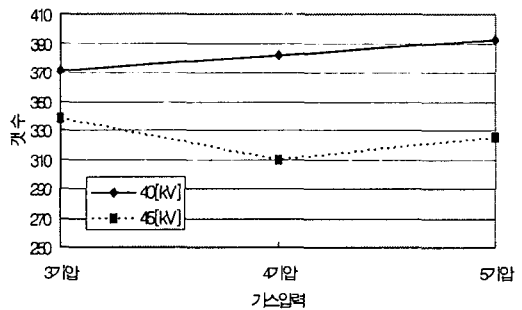


그림 7. 52(dBuV/m)이상 갯수
Fig. 7. The Number over 52(dBuV/m)

이상의 실험 결과로부터 챔버내의 금속 이물질이 인가전압에 따라 전계에 의해 직립하고, 부상하여 갭 간극을 줄이고, 금속 이물질이 전계 집중부가 되어 전극사이에서 미소 방전을 일으켜 SF₆의 절연내력은 현저히 떨어진다고 생각된다. 또한 챔버의 내부 압력을 증가시키면 절연내력은 증가하지만, 전극 갭이 짧은 경우는 가스 압력이 크게 영향을 미치지 않았다.

4. 결 론

본 논문에서는 GIS 내부의 SF₆ 절연가스의 압력 변화에 따른 방사전자파의 주파수 스펙트럼 특성을 연구하기 위하여, GIS의 고장 원인 중 하나인 내부 금속 이물질 존재를 모의하여 SF₆가스의 부분방전 방사전자파 특성을 연구하였다. 그 결과 인가전압이 25[kV] 이상에서 배경잡음 스펙트럼과 확연히 구분되는 부분방전 방사전자파 주파수 스펙트럼 형태를 관측할 수 있었다.

부분방전에 의해 발생하는 방사전자파의 광범위한 대역 중에서 30[MHz]~80[MHz] 대역의 전자파를 측정하여 비교적 방전진전 과정의 초기에 부분방전을 탐지할 수 있다는 것을 확인하였다. 또한 절연가스의 압력이 증가할수록 절연내력은 증가하지만, 갭 간극이 짧은 경우는 그 영향력이 미약함을 확인할 수 있었다. 이후 전원을 보강하여 갭 간극을 길게 하여 압력변화에 따른 영향을 연구할 필요가 있겠다.

본 연구는 (재)기초전력연구원(과제번호 : R-2004-B-203)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

References

- (1) 電氣學會 超傳導 マグネット 調査 専門 委員會 “超傳導 電力機器の 開發 動向”, 電氣學會 技術報告(II部), 第192号(昭 60-7).
- (2) H. Okubo, et “Electromagnetc Spectrum Radiated from Gas Discharge and its Relation to Partial-Discharge Characteristics” IETP Vol.7, No1. 1997.
- (3) 김기채, 이광식, 이동인, “방사전자파에 의한 미소간극 방전원의 방전 전류 파형 추정” 한국전자파학회 논문지, Vol. 11, No. 1, 2002. 2월(2).
- (4) 이상훈 외 6인, “사전자파 특성을 이용한 부분방전 검출의 기초연구” 대한전기학회 논문지 제49권 제7호 pp.412~417, 2000년 7월 30일.
- (5) Hikita, M, Hoshino, T, Kato, K, Hayakawa, N, Ueda, T, Okubo, H, “Discrimination of partial discharge electromagnetic signal in SF₆ gas from external noise using phase gate control method”, IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Vol,1, pp117~120, 1996.

◇ 저자소개 ◇

윤대희 (尹大熙)

1971년 3월 1일생. 1997년 영남대 전기전자공학부 졸업. 2001년 동 대학원 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학 박사과정.

도영희 (都榮喜)

1958년 9월 23일생. 1988년 경일대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 졸업(석사). 현재 영남대학교 전기공학과 박사과정.

송현직 (宋炫直)

1968년 7월 30일생. 1991년 영남대학교 전기공학과 졸업. 1993년 동대학원 졸업(석사). 1997년 동대학원 졸업(박사). 2001~2004년 구미1대학 컴퓨터응용전기과 교수 역임. 본 학회 평의원. 현재 영남이공대 전기자동차과 교수.

김기채 (金基采)

1959년 10월 19일생. 1984년 영남대학교 전자공학과 졸업. 1986년 일본 Keio Univ 대학원 졸업(석사). 1989년 동대학원 졸업(박사). 1989~1993년 한국표준과학연구원 전자파연구실 선임연구원. 1993~1995년 후쿠오카공업대학 조교수. 현재 영남대학교 전기공학과 교수.

박원주 (朴元柱)

1954년 3월 14일생. 1978년 영남대학교 전기공학과 졸업. 1992년 일본 큐우슈대학교 대학원 졸업(박사). 현재 영남대학교 전기공학과 교수. 본 학회 편수위원장.

이광식 (李廣植)

1948년 10월 20일생. 1971년 영남대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 졸업(박사). 1988~1989년 Nagoya Institute of Technology 초빙교수. 대한전기학회 방전고전압연구회 간사장 역임. 본 학회 편수위원장. 부회장 역임. 영남대학교 산업대학원 원장역임. 현재 영남대학교 전기공학과 교수. 본 학회 회장.