

전원계통의 접지방식에 따른 서지보호기의 보호효과

(Protection Effects of Surge Protective Devices According to Types of system Groundings)

이복희* · 이동문 · 강성만 · 이수봉

(Bok - Hee Lee · Dong - Moon Lee · Sung - Man Kang · Su - Bong Lee)

요 약

소형의 반도체와 회로로 구성되어진 전자기기는 뇌과전압으로부터 ZnO 바리스터, 지너다이오드, 가스방전관과 같은 서지보호장치(SPDs)에 의해 보호되고 있다. 그러나 SPD의 제한전압은 SPD의 설치방법에 따라 커다란 영향을 받는다. 본 논문에서는 전원계통의 접지방식에 따른 SPD의 보호효과에 대하여 실험적으로 검토하였다. 독립접지는 SPD의 설치방법에 있어서 그다지 바람직하지 않다. 또한 가스방전관보다 ZnO 바리스터의 한 점을 공통접지하는 것이 더 효과적이다. SPD의 단자에 공통접지하는 것이 SPD의 설치방법에 있어서 가장 효과적임을 제안하였다.

Abstract

Electronic equipments made from integrated circuits and small-sized semiconductors is protected by surge protective devices(SPDs) such as ZnO varistors, Zener diode and gas discharge tube from lightning overvoltages. However the clamping voltage of SPDs is greatly influenced by the method of installing the SPDs. In this paper, the protective effects of SPDs according to types of system groundings were experimentally investigated. The separate grounding is a particularly undesirable way to install SPDs. The effectiveness of the common grounding point for ZnO varistors is more pronounced than that for gas discharge tubes. The common grounding at the terminal of SPDs is recommended as a best method of installing SPDs.

Key Words : Lightning overvoltage, SPD, Installation method of SPD

1. 서 론

최근 고도 정보화사회로 발전함에 따라 전자기기는 소형화, 저전력으로 동작하게 되었다. 반면에 이

들 기기들은 뇌서지, 개폐서지 등과 같은 과도적이고 비정상적인 과전압에 대해 매우 취약한 특성을 가지게 되었다. 특히 컴퓨터를 비롯하여 초고속 정보 통신 장치와 고성능 신호/제어기기는 내전압이 대단히 낮은 VLSI와 반도체로 구성되어 있기 때문에 뇌서지전압과 같은 이상전압에 매우 취약하며, 고장의 파급효과도 대단히 커서 정확하고 정밀한 뇌서지보호에 대한 적절한 대책이 요구된다. 전자기기는 AC전원선과 더불어 PC, FAX, 전화 등과 같은

* 주저자 : 인하대학교 전자전기공학부 교수
차세대 고전압전력기술 연구센터 교수
Tel : 032-860-7398, Fax : 032-863-5822
E-mail : bhlee@inha.ac.kr
접수일자 : 2003년 4월 22일
1차심사 : 2003년 5월 6일
심사완료 : 2003년 5월 29일

통신선을 포함하는 신호선이 망상화되어 있으며, 다양한 경로를 통해 입사하는 뇌서지에 대해 전자기기를 보호하기 위해서 일반적으로 방전갑, 바리스터등 비선형 소자를 이용한 뇌서지 보호장치(surge protection device: SPD)를 피보호기기의 근처에 설치하지만 그 설치방법이 적절치 못하여 보호특성이 효과적이지 못할 경우가 많다[1]~[5].

따라서 뇌서지 보호장치가 그 효과를 충분히 발휘하기 위해서는 피보호기기와의 배선이나 배치상태, 접지와와의 접속, 접지극의 특성 등과 관련이 있으며, 이에 대한 상관성 평가를 위한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 효과적인 SPD의 설치방법을 제안하기 위하여 임펄스전압 및 전류를 발생할 수 있는 조합형 임펄스전압 및 전류발생장치를 이용하여 전자기기의 전원선 또는 통신/신호선에 뇌서지가 입사하였을 때를 모의하여 SPD와 전자기기의 접지방식이 뇌서지 보호장치의 보호효과에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

본 연구에서 이용한 임펄스전압 및 전류발생장치는 IEC 60664/IEEE C62.41 서지시험에 요구되는 시험 전압과 전류파형으로 1.2/50 [μs] 임펄스전압과 8/20 [μs] 임펄스전류를 발생할 수 있는 조합형 임펄스전압 및 전류발생장치로서 이의 등가회로를 그림 1에 나타내었다.

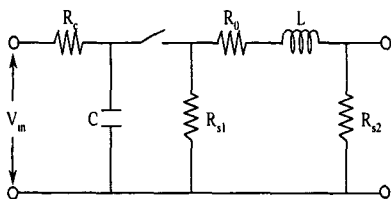


그림 1. 조합형 임펄스전압 및 전류발생장치의 회로도
Fig. 1. Circuit diagram of the combination type impulse voltage and current generator

조합형 임펄스전압 및 전류발생장치에서 발생한 1.2/50 [μs]의 임펄스전압을 피보호기기에 인가하여 절연파괴 또는 SPD가 동작하게 되면 이 때 흐르는 임펄스전류는 8/20 [μs]의 파형으로 된다. 즉, 뇌

서지전압이 입사하여 전자기기의 절연이 파괴되어 손상되거나 SPD가 동작하게 되면 뇌서지전류로 변환됨으로써 실제의 뇌서지현상과 매우 흡사한 효과를 얻을 수 있어 본 논문에 대한 평가가 가능하다. 피보호기기의 앞단에 설치한 SPD의 접지방식에 따라 피보호기기의 입력단에 나타나는 제한전압을 측정하였다. SPD로서는 ZnO 바리스터와 가스방전관을 사용하였고 임펄스전압 및 전류의 측정에는 고전압 프로브와 대전류 측정용 전류프로브를 각각 적용하여 디지털 오실로스코프를 통해 데이터를 취득하였다.

3. 실험결과 및 고찰

최근에 사용되고 있는 대부분의 전자기기는 저압 전원을 공급받아 동작되도록 설계되어 있다. 전자기기의 전원선에 뇌서지가 입사하였을 때 전원선에 설치된 SPD가 전자기기와 비교적 근거리에서 설치되어 있는 경우와 원거리에서 설치되어 있는 경우에 SPD의 접지와 전자기기의 접지방식이 뇌서지 보호장치의 보호효과에 미치는 영향을 조사하였고 실험회로를 그림 2에 나타내었다.

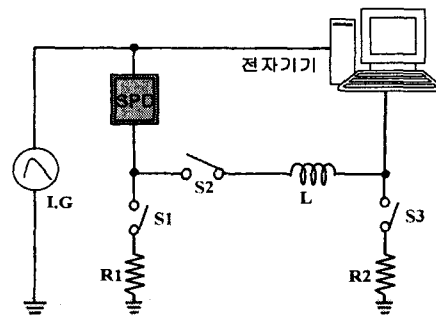
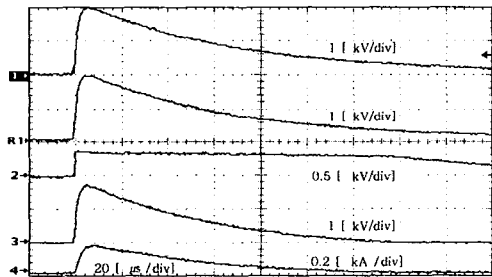


그림 2. SPD의 성능 평가를 위한 실험회로
Fig. 2. Experimental circuit for evaluating performance of SPD

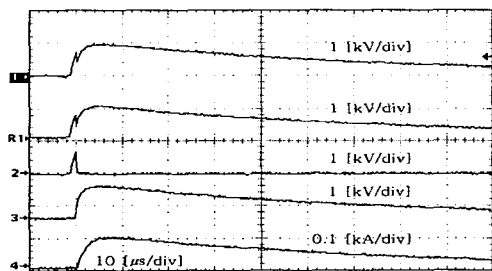
접지의 형태는 크게 독립접지와 공통접지로 나눌 수 있다. 독립접지는 개별적으로 접지공사를 하는 방식이고 공통접지는 1개소 혹은 여러 개소에 시공한 공통의 접지극에 개개의 설비기기를 모아서 접속하는 것이다[6]~[7]. 본 논문에서는 SPD와 전자기기가 독립접지 된 경우와 공통으로 접지 된 경우에

전원계통의 접지방식에 따른 서지보호기의 보호요과

대하여 모의하였고 공통접지는 SPD와 전자기기측에 각각 공통으로 접지된 경우에 대하여 실험하였다. SPD와 전자기기의 접지방식에 따라 독립접지인 경우는 S1, S3를 닫고 S2를 열었을 때, SPD측에 공통접지의 경우는 S1, S2를 닫고 S3를 열었을 때이고, 피보호기측에 공통접지된 경우는 S2, S3를 닫고 S1을 열었을 때에 대하여 실험을 모의하였다. SPD는 일반적으로 전원보호용으로 사용되어지고 있는 동작개시전압이 360[V]인 ZnO 바리스터와 동작개시전압이 680[V]인 가스방전관을 사용하였으며, SPD의 접지저항과 전자기기의 접지저항은 각각 10[Ω]으로 적용하였다. 또한 SPD측 공통접지와 피보호기측 공통접지의 경우에 접지리드선의 길이가 보호효과에 미치는 영향을 평가하기 위해 접지리드선의 길이가 짧은 경우는 인덕턴스를 10[μH]로 모의하였고 접지리드선의 길이가 긴 경우는 인덕턴스를 40[μH]로 각각 모의하였다.



(a) 바리스터

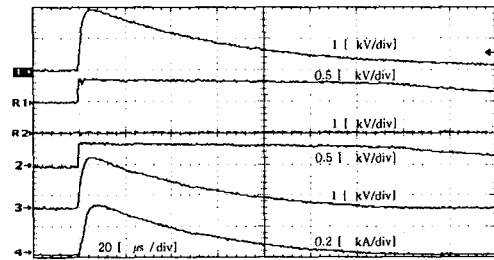


(b) 가스방전관

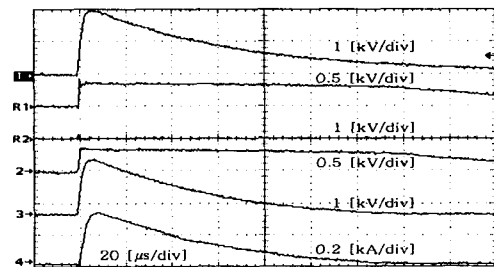
- 1: 인가전압 R1: 전자기기전압 2: SPD의 전압
- 3: 접지극의 전위상승 4: 방전전류

그림 3. SPD와 전자기기가 독립접지인 경우
Fig. 3. In case that SPD and electronic devices were installed with separate grounding

SPD와 전자기기가 독립접지된 경우 전원선 또는 통신/신호선에 입사하는 뇌서지가 전자기기에 미치는 영향을 나타내는 인가전압, 전자기기의 단자전압, 방전전류, SPD의 제한전압 등에 대한 실험 파형을 그림 3에 나타내었다. 전원선에 뇌서지가 입사하였을 때 SPD와 전자기기가 독립접지된 경우 대부분의 뇌서지전류가 그림 2에서 SPD의 접지극 R1으로 흐르고 이로 인해 접지극의 전위상승을 일으켜 실제 전자기기에 이행되는 전압은 SPD에 유도되는 전압과 접지극의 전위상승을 합한 전압이 나타났다. 즉, SPD가 동작하였음에도 불구하고 피보호기기의 양단에는 입사전압과 거의 동일한 전압이 인가되었다. 또한 ZnO 바리스터와 가스방전관에서 나타나는 뇌서지의 이행특성은 소자의 특성에 따른 차이 외에는 거의 동일한 이행 특성을 보였다.



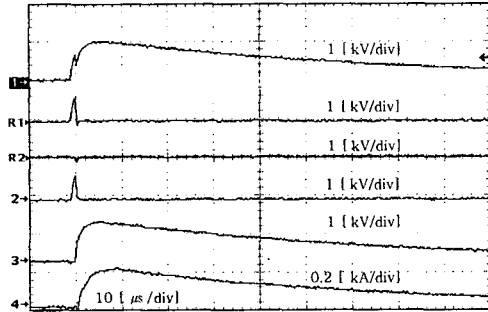
(a) 10[μH]



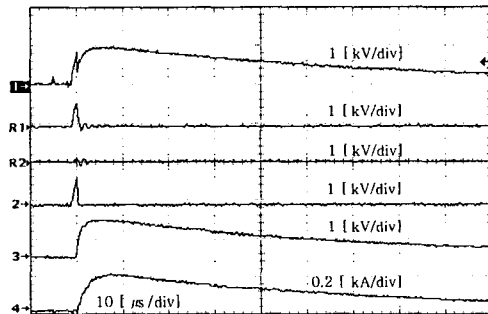
(b) 40[μH]

- 1: 인가전압 R1: SPD의 전압
- R2: 리드선의 유도전압 2: 전자기기전압
- 3: 접지극의 전위상승 4: 방전전류

그림 4. SPD측 공통접지의 경우 ZnO 바리스터의 동작 특성에 따른 전압과 전류의 파형
Fig. 4. Waveforms of the voltage and current associated with the operation of ZnO varistor when the common grounding is installed at the terminal of SPD



(a) 10[μ H]



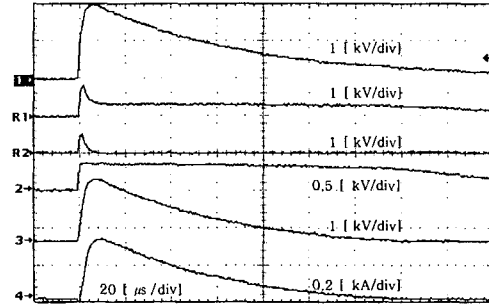
(b) 40[μ H]

- 1 : 인가전압
- R1 : SPD의 전압
- R2 : 리드선의 유도전압
- 2 : 전자기기전압
- 3 : 접지극의 전위상승
- 4 : 방전전류

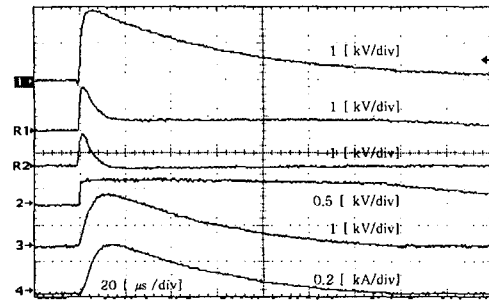
그림 5. SPD측 공통접지의 경우 가스방전관의 동작특성에 따른 전압과 전류의 파형
 Fig. 5. Waveforms of the voltage and current associated with the operation of gas discharge tube when the common grounding is installed at the terminal of SPD

SPD측에 공통접지 된 경우 전원선 또는 통신/신호선에 뇌서지가 입사하였을 때 SPD가 전자기기와 비교적 근거리에서 설치되어 있는 경우와 원거리에서 설치되어 있는 경우에 뇌서지가 전자기기에 미치는 영향을 나타내는 전압과 전류 파형을 그림 4와 그림 5에 나타내었다. SPD측에 공통접지를 한 경우 뇌서지전류는 SPD의 접지극 R1으로 흐르며, SPD의 제한전압과 접지극 R1의 전위상승의 합으로 분압된다. 따라서 실제로 전자기기에 연결된 접지리드선에는 전류가 흐르지 않으므로 전자기기에 이행되는 전압은 SPD의 제한전압이 그대로 나타났다.

조명 · 전기설비학의논문지 제17권 제6호, 2003년 11월



(a) 10[μ H]



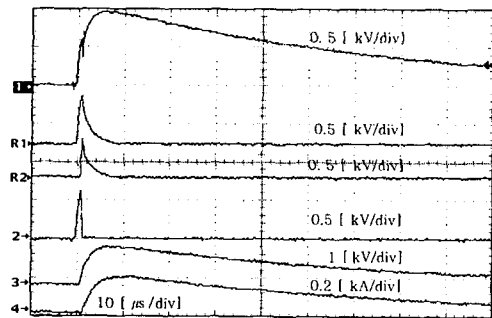
(b) 40[μ H]

- 1 : 인가전압
- R1 : 전자기기전압
- R2 : 리드선의 유도전압
- 2 : SPD의 전압
- 3 : 접지극의 전위상승
- 4 : 방전전류

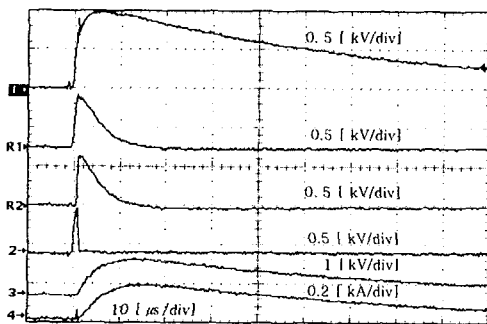
그림 6. 전자기기측 공통접지의 경우 ZnO 바리스터의 동작특성에 따른 전압과 전류의 파형
 Fig. 6. Waveforms of the voltage and current associated with the operation of ZnO varistor when the common grounding is installed at the terminal of electronic equipments to be protected

전자기기측에 공통접지 된 경우 전원선 또는 통신/신호선을 통하여 입사하는 뇌서지가 전자기기에 미치는 영향을 나타내는 전압과 전류 파형을 그림 6과 그림 7에 나타내었다. 전자기기측에 공통접지 된 경우 뇌서지전류가 전자기기의 접지극 R2로 흐르게 되고 SPD에 연결된 접지리드선에 전압이 유도된다. 따라서 실제로 전자기기에 나타나는 전압은 SPD의 제한전압과 접지리드선에 유도되는 전압을 합한 전압이 나타났으며, 접지리드선의 길이가 긴 경우가 짧은 경우에 비해 전자기기에 이행되는 전압이 높게 나타났다.

전원계통의 접지방식에 따른 서지보호기의 보호효과



(a) 10[μH]



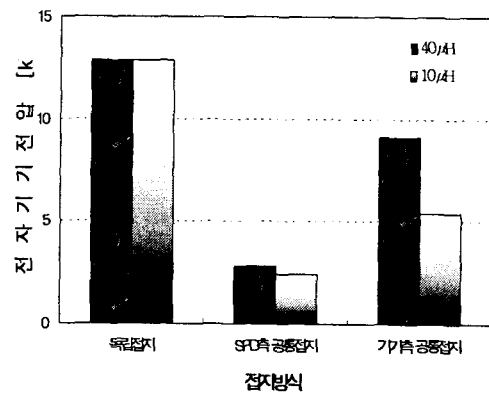
(b) 40[μH]

- 1 : 인가전압
- R1 : 전자기기전압
- R2 : 리드선의 유도전압
- 2 : SPD의 전압
- 3 : 접지극의 전위상승
- 4 : 방전전류

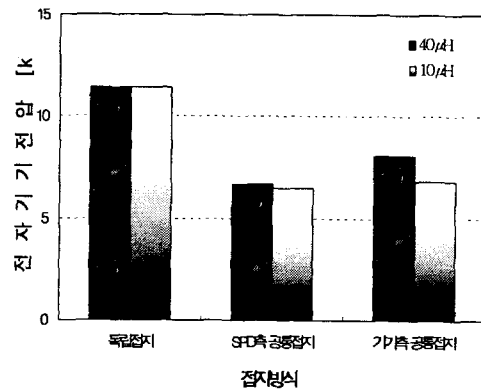
그림 7. 전자기기측 공통접지의 경우 가스방전관의 동작특성에 따른 전압과 전류의 파형
 Fig. 7. Waveforms of the voltage and current associated with the operation characteristics of gas discharge tube when the common grounding is installed at the terminal of electronic equipments to be protected

SPD와 전자기기의 접지방식에 따라 전자기기에 나타나는 뇌서지전압의 특성을 그림 8에 나타내었다. 전자기기에 나타나는 전압은 SPD가 ZnO 바리스터와 가스방전관 모두 독립접지인 경우가 가장 높게 나타났다. 또한 전자기기에 이행되는 전압은 전자기기측에 공통접지 한 경우에 접지리드선의 길이가 짧은 경우가 긴 경우보다 낮게 나타났고 SPD측에 공통접지한 경우가 독립접지나 기기측에 공통접지 한 경우보다 이행되는 전압이 가장 낮게 나타났다. SPD측에서의 공통접지의 효과는 ZnO 바리스터

의 경우가 가장 크게 나타났다. 이에 비하여 가스방전관에서는 공통접지의 위치에 따른 피보호기기에 인가되는 제한전압의 차이는 그다지 크게 나타나지 않았다. 이와같은 결과는 ZnO바리스터의 경우 전자기기측으로 이행되는 제한전압은 리드선에 유도되는 유도전압과 ZnO바리스터의 제한전압이 중첩되어 나타나지만 가스방전관의 경우에는 가스방전관이 동작된 후에 리드선에 유도전압이 나타나는 보호소자의 동작특성에 기인한 것으로 사료된다[8].



(a) 바리스터



(b) 가스방전관

그림 8. 전원계통의 접지방식에 따른 SPD의 보호효과
 Fig. 8. Effectiveness of surge protective devices according to types of system grounding

4. 결 론

본 논문은 전자기기의 전원선 또는 통신/신호선

에 뇌서지가 입사하였을 때 SPD의 접지와 전자기기의 접지방식이 뇌서지보호장치의 효과에 미치는 영향을 분석한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

전자기기에 인가되는 뇌서지전압은 SPD가 ZnO 바리스터와 가스방전관 모두 독립접지인 경우가 가장 높게 나타났다. 또한 전자기기로 이행되는 전압은 전자기기측에 공통접지를 한 경우에는 접지리드선의 길이가 짧은 경우가 긴 경우보다 낮게 나타났고 SPD측에 공통접지 한 경우가 가장 낮게 나타났다. 따라서 SPD로서 가스방전관보다는 바리스터를 사용하되 접지리드선의 길이는 가능한 짧게 하여 전자기기와 근접하게 시설하고 SPD측에 공통접지를 하는 것이 서지보호에 가장 효과적이다. 본 연구의 결과는 배전 및 수변전설비에 있어 피뢰기의 접지시공에도 그대로 적용되므로 이 분야에 대한 활용도 기대된다.

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라우축지원 사업의 지원에 의하여 수행된 연구결과입니다.

References

- (1) B. Richter, "Surge Protective Devices for Low-Voltage Power Distribution Systems, -The New IEC-Standard and First Experience with It", Proc. 23rd ICLP, Paper No.7C-1, pp.764~767, 1998.
- (2) R. B. Standler, "Protection of Electronic Circuits from Overvoltages", John Wiley & Sons, Inc., First edition, New York, pp.3~33, 1989.
- (3) 이복희, 이동문, 강성만, 임주홍, 이승철, "정보통신용 뇌서지 보호장치의 효과적인 설치기법", 한국조명·설비학회 논문지, Vol.16, No.5, pp.90~96, 2002.
- (4) M. B. Marz, S. R. Mendis, "Protecting load devices from the effects of low-side surges", IEEE Trans., Vol. 29, No. 6, November/December 1993.
- (5) Task Force Report, "Secondary(low-side) surge in distribution transformers", IEEE Trans., Vol. 7, No 2, April 1992.
- (6) IEC 61643-1, "Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems- Part 1 : Performance requirements and testing methods", First edition, pp.3~37, 1998-02.
- (7) IEC 61643-12, "Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems- Part 12 : Selection and application principles", First edition, pp.113~117, 2002-02.
- (8) T. Otsuka, K. Maezaki, "Experimental study of lightning surge current condition of low-voltage distribution line

and house wire", 電氣學會電力·エネルギー部門大會, 電氣設備學會, pp.21~27, 1998.

◇ 저자소개 ◇

이복희 (李福熙)

1954년 6월 29일생. 1980년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1988~89년 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1995년 호주 Queensland대학 방문교수. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 현재 인하대 공대 전자전기 컴퓨터공학부 교수. Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822, e-mail : bhlee@inha.ac.kr

이동문 (李東汶)

1958년 4월 20일생. 1987년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822, e-mail : lidm7@hanmail.net.

강성만 (姜成萬)

1973년 4월 6일생. 1998년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 2002년 현재 인하대 대학원 전기공학과 박사과정. Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822, e-mail : webmaster@smilepia.com

이수봉 (李守偉)

1979년 4월 13일생. 2002년 2월 경남대 공대 전기공학과 졸업. 현재 인하대 대학원 전기공학과 석사과정. Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822, e-mail : g2021074@inhavision.inha.ac.kr.