

PoE(Power Over Ethernet)에서 임펄스성 서지보호 이중화 장치 설계

진중호* · 김영진** · 이영철***

Design on a Dual Impulse Surge Protector for the Power over Ethernet Devices

Jong-Ho Jin* · Young-Jin Kim** · Young-Chul Rhee***

요약

본 논문에서는 산업현장에서 자연현상에 의하여 발생하는 임펄스성 서지(surge)에 의한 PoE(Power Over Ethernet)시스템의 통신 장애를 예방하기 위하여 이중화된 임펄스성 서지 보호회로를 설계하여 PoE 통신설비의 임펄스성 서지의 대책 방안을 제안하였다. PoE에 따른 임펄스성 서지신호의 특성을 분석하기 위하여 국제표준 IEC 61000-4-5에 적합한 서지 발생장치를 개발하였으며 서지 발생장치를 PoE 데이터 전송 라인에 인가하여 설계 제작한 이중화된 PoE 전원공급 보호회로에 의하여 순차적으로 임펄스성 서지 신호가 약화됨을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, in order to prevent impulse surge PoE(Power Over Ethernet) communications error caused by natural phenomenon in industrial sites, countermeasure design of impulse surge of PoE communications equipment is suggested by designing dual impulse surge protection circuit. In order to analyze characteristic of impulse surge noise signal, surge generating device which meet international standard IEC 61000-4-5 is invented. And this device shows that surge signal is weakened by designing dual PoE power supply protection circuit by connecting surge generating device to the PoE data transfer line.

키워드

High Frequency, Lightning, Surge Protector, PoE(Power Over Ethernet), Impulse Generator
고주파, 낙뢰, 서지 보호 장치, 이더넷 전원 장치, 임펄스 발생 장치

1. 서론

시스템 반도체의 설계기술 발달에 따라 각 산업분야에 정보통신 기술을 응용한 융합기술이 급속히 확산되고 있으며 어떠한 환경에서도 지능적인 정보통신 서비스가 이루어지고 있는 현실점에서 가장 고려되어야 할 사항은 신뢰성 있는 전원공급(power supply)이 이루어져야 한다[1]. 이러한 전원 공급은 정보통신시

스템의 안정적인 운영과 연결되며, 곧 정보서비스의 경쟁력을 의미한다. 각종 유·무선통신, 방송 등 첨단 서비스를 위한 고가의 장비를 운용함에 있어 가장 큰 애로 사항은 전원차단으로 인한 서비스의 중단이며, 이는 무정전 전원장치 등의 방법으로 보완은 할 수 있으나, 비용과 그 자체의 유지보수 등 여러 가지 문제점을 안고 있는 상황이다.

전력선통신(Power Line Communication)은 전력선

* 경남대학교 첨단공학과(eb@ebos.co.kr)

** 창원대학교 제어계측공학과(karis870@naver.com)

*** 교신저자 (corresponding author) : 경남대학교 첨단공학과(micropt@kyungnam.ac.kr)

접수일자 : 2015. 06. 30

심사(수정)일자 : 2015. 08. 13

게재확정일자 : 2015. 08. 23

을 이용한 통신 방식으로 전력선을 매체로 하여 신호를 실어 보내는 통신이다. 일반적으로 전력선상으로 흐르는 통신 데이터의 초당 비트수를 기준으로 구분한다[2].

통신 설비의 전원공급 및 설치의 고비용 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 방식은 전력선통신(Power Line Communication)과 PoE(Power over Ethernet)가 있다. 전력선 통신방식은 고압의 전력 케이블을 통해 고압전력과 데이터를 동시에 전송하는 통신기법이며 PoE(Power over Ethernet)는 이더넷 케이블을 통하여 데이터와 비교적 낮은 전압의 안정적인 전원을 통합적으로 전달해 주는 기술이다. PoE설비에서는 통신기기에 이더넷 케이블을 통하여 비교적 원하는 전원을 공급하므로 별도의 전력선 및 전력변환 장치를 필요하지 않으므로 경제적이며 설치가 용이하다.

PoE시스템 구조는 기존 네트워크 하부구조를 활용하여 원거리 이더넷 장치에 대한 전력 공급의 표준은 IEEE 802.3af 와 IEEE 802.3at 이다. 2003년 IEEE 802.3af PoE는 IP전화기, 무선LAN 액세스 포인트(AP), 네트워크 카메라, 원격 네트워크 스위치, 내장형 컴퓨터와 같은 IP 기반 장치 설치가 쉽게 된다.

특히, 별도의 전원 케이블을 통한 전원 공급 없이 이더넷 케이블을 통해 15.4W의 전력 공급이 가능해지면서 기업은 무선 AP 등의 기기를 보다 쉽게 설치할 수 있다. 또한 2010년 IEEE P802.3at는 PoE 용량을 25.5W로 늘려 WiMAX 전송기, PTZ(팬/틸트/줌) 카메라, 화상전화, 썬 클라이언트(Thin client) 등 전력 소모가 보다 많은 기기에 전원을 공급할 수 있다[3].

산업이 발전하고 자동화 관리가 필요하므로 공장 안에서 무선 네트워크가 자동화 관리에 필수 조건이고, PoE 기술은 공장 자동화에 없어서는 안 되는 필수적인 기술이며 무선 PoE 기술은 산업현장에서 사용빈도가 증가하고 있어 산업용 통신시설 중에서 가장 핵심적인 역할을 담당하고 있다. 현재 산업용 PoE 분야에서는 주로 무선 AP, IP 카메라, 지능형 전자제품 등 네트워크가 가능하도록 IEEE802.3af 표준에 부합하는 여러 종류의 산업용 필드버스(Fieldbus) 네트워크에 적용되고 있다.

산업용 PoE 기반에서는 통신기기, PSE 장치, PD 장치로 네트워크 시스템을 구성하고 있으며 산업용 통신에서의 공장 내에서 빈번히 일어나는 현상은 천

둥 번개(lightning)와 같은 현상에 의하여 유도되는 선로에 임펄스성 서지로 매우 큰 임펄스 전압, 전류가 PoE에서 이용되고 있는 전자통신기기에 장애가 발생한다. 이런 원인은 공장 및 산업체 내에서 물리적으로 마찰이나 접촉에 의하여 형성되는 전과환경에 따라 발생하는 임펄스성 서지(Impulse Surge)가 유선통신의 네트워크에 치명적인 손상이 발생된다. 이러한 임펄스성 서지에 대한 네트워크 회로 상에서 임펄스 서지 보호 및 내성 회로(impulse protection and immunity circuits)기능을 제공해야 안정적으로 시스템을 운용 할 수 있다[4].

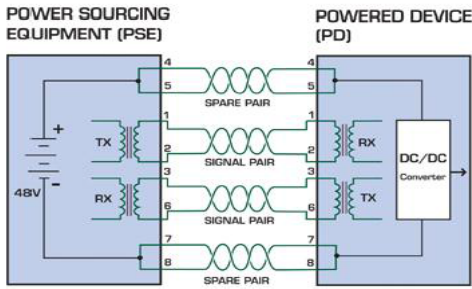
일반적인 기존 방법은 임펄스 내성회로는 전기회로에서 퓨즈(fuse)를 적용하여 기본적인 방법으로 보호하고 있다. 하지만 매우 짧은 시간의 임펄스는 PoE 장치에 과도 과전압의 형성으로 전원공급 차단 및 데이터 전송의 에러 발생을 초래한다. 따라서 PoE 장치에서의 임펄스 서지 보호 및 내성회로는 PoE 시스템의 안전 동작과 신뢰성 있는 통신품질을 위하여 PoE 시스템에 완벽한 임펄스성 서지내성회로의 설계로 솔루션을 제공해야 한다.

본 논문에서는 국제 표준안(IEEE 802.3af 및 IEC 61000-4-5)에 의거하여 임펄스 노이즈를 발생시키는 임펄스 발생기를 설계 제작하여 임펄스 내성 시험에 활용한다. PoE에서 임펄스 과전압, 과전류에 의하여 유도되는 서지잡음(surge noise)을 보호하고 내성을 나타내는 회로를 설계하여 임펄스성 서지잡음에 대한 시험결과를 제시함으로써 PoE에 의한 신뢰성 통신 품질을 높이고, 사무실 및 산업현장에서 발생할 수 있는 임의의 과전압에 의한 서지잡음(surge noise)에 대한 데이터의 오동작 및 PoE 전원 공급 장치의 고장원인 과 대책 방안을 제안하고자 한다.

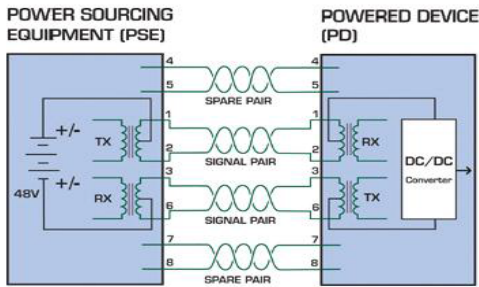
II. PoE 시스템의 원리

PoE란 단일 이더넷 케이블에 DC 전원과 고주파 이더넷 데이터를 함께 전송함으로써 추가적인 전원공급용 케이블이 필요 없는 방식이다. PoE 방식은 별도의 전원선을 필요로 하지 않는 장점과 외부 연결 장치를 최소화함으로써 설치비용 절감과 동시에 효율적인 에너지 통합 관리를 한다.

PoE 시스템은 IEEE 802.3af 표준모드 A 와 IEEE 802.3af 표준모드 B 로 2가지 방식으로 구성된다. 그림 1(a)와 같이 라인 1,2,3,6을 이용하여 데이터를 전송하고 라인 4,5,7,8에 최대DC 80V, 1.5A까지 전력 공급하는 방식과 그림 1(b)와 같이 라인 1,2,3,6에 DC 전력과 데이터 전송을 동시에 사용하는 방식이다[3].



(a) IEEE 802.3af 표준모드 B
(a) IEEE 802.3af Standard mode B



(b) IEEE 802.3af 표준모드 A
(b) IEEE 802.3af Standard mode A

그림 1. Power over Ethernet 방식
Fig. 1 Power over Ethernet method

PoE 시스템 구조는 기존 네트워크 하부구조를 활용하여 원거리 이더넷 장치에 대한 전력을 공급하는 것으로 표준규격은 IEEE 802.3af 와 IEEE 802.3at 에 규정되어 있다. 이 표준은 이더넷 케이블상의 전력 전송 방식을 구체화하여 이더넷 전원 공급 장비와 가동 터미널 고안 방식을 규정하고 있다[3].

PoE 시스템은 Power Sourcing Equipment, Power Device으로 그림 2와 같이 구성 된다. PoE시스템은 지능형 전력 공급과 데이터 관리를 네트워크를 통하여 수행하며 관리자에 의해 전원 차단과 재공급 등의

제어가 용이하다.

PSE(Power Sourcing Equipment)는 어댑터와 이더넷 스위치로 구성되며 PD(: Power Device)로 전원 공급과 네트워크 통신 연결을 지원한다. 무선AP, 보안 카메라, VoIP 전화, 사물인터넷, IP 디지털 장치 등을 PD(: Power Device)이라 한다.

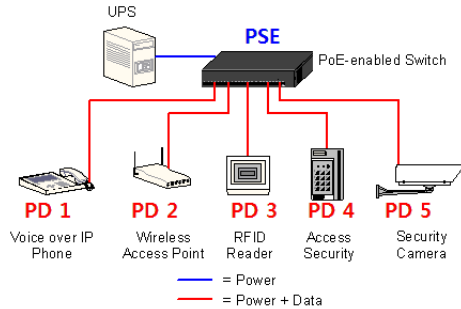


그림 2. Power over Ethernet 시스템
Fig. 2 Power over Ethernet system

III. PoE 임펄스 특성

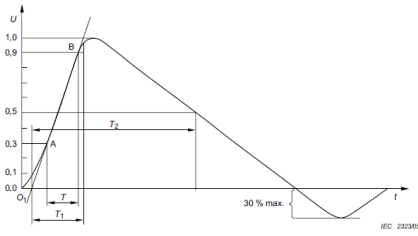
IT기술의 진보로 인해 사회 전반에 걸쳐 첨단 전자 통신기계시스템이 광범위하게 구축되어 있다. 이러한 설비 시스템을 구성하는 각종 디지털 전자 장비들은 점점 더 소형화, 고집적화 되는 추세이며 상대적으로 낙뢰나 순간적인 개폐 등에 의해 발생하는 고전압 임펄스에 대해서는 절연특성 및 내성이 매우 취약하다.

낙뢰에 의해 발생된 서지가 연결된 PoE 통신기기 사이에 상호 작용하여 오동작 및 손상에 중요한 원인이 된다. 국제 표준 시험 절차 및 규정 준수 요구되고 있다. 그 규격은 자연적인 낙뢰 및 서지 관련 국제 기술표준은 미국규격인 ANSI/IEEE 규격과 유럽에서 적용하고 있는 IEC 규격이 대표적이다. 최근 국내에서는 IEC 규격을 KS화하여 국내에 도입하였으며 IEC62305를 비롯한 기술표준에 피뢰대책 관련 기술 및 시험 방법 등이 명시되어 있다. 본 논문에서는 IEC 61000-4-5에 명시된 표준 뇌임펄스 파형을 발생하기 위한 제너레이터를 설계 제작하고자 하였으며 파형의 정의를 표 1과 그림 3에 나타내었다.

표 1. 표준 뇌임펄스 파형 정의

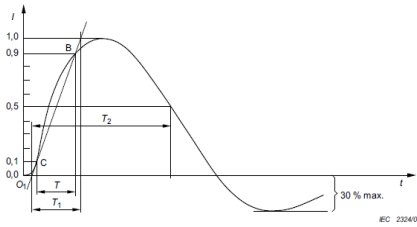
Table 1. Standard lightning impulse waveform definition

Waveform	Front Time	Time to half-value	Max. Voltage Current,
1.2/50 μ s	1.2 μ s \pm 30 %	50 μ s \pm 20 %	6 kV
8/20 μ s	8 μ s \pm 20 %	20 μ s \pm 20 %	3 kA



Front time: $T_1 = 1.67 \times T = 1.2 \mu s \pm 30 \%$
 Time to half-value: $T_2 = 50 \mu s \pm 20 \%$

(a) 개방회로 전압(1.2/50 μ s)
 (a) Open circuit voltage(1.2/50 μ s)



Front time: $T_1 = 1.25 \times T = 8 \mu s \pm 20 \%$
 Time to half-value: $T_2 = 20 \mu s \pm 20 \%$

(b) 단락회로 방전전류 (8/20 μ s)
 (b) Short circuit discharge current(8/20 μ s)

그림 3. 조합 임펄스 시험 파형(IEC61000-4-5)

Fig. 3 Combination impulse test waveform

임펄스 발생 시스템은 크게 그림 4와 같이 고압 충전 회로부, 펄스 성형부, 커플러/디커플러로 구성되며 임베디드 컨트롤러에서 충전전압 및 스위치 등의 제어를 수행한다.

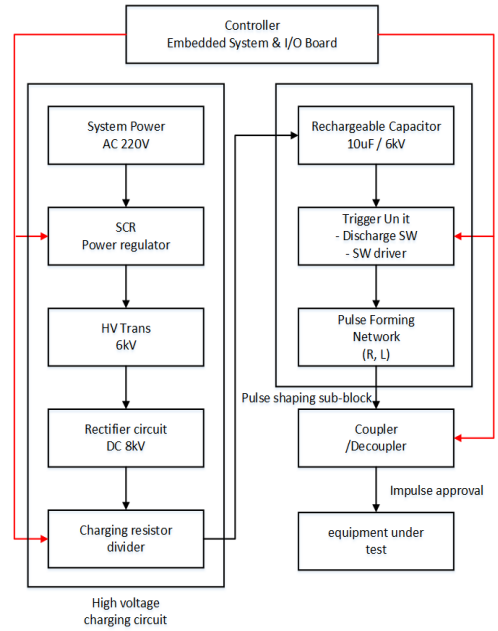


그림 4. 임펄스 발생기의 구성
 Fig. 4 Consist of impulse generator

고압충전 회로부는 220V의 교류 전압을 고압변압기로 승압하고 정류하여 방전용 커패시터에 충전하기 위한 직류 고전압을 발생한다. 이 전압으로 충전된 커패시터는 저항과 인덕터로 구성되는 펄스성형부에서 R-L-C 회로 정수에 따라 임펄스 파형을 피시험품에 인가하게 된다. 그림 5에 임펄스 발생회로의 구성을 나타내었다.

트리거 유니트는 커패시터에 충전된 전하를 방전시키기 위한 장치로 방전스위치 및 스위치 구동회로로 구성된다. 방전 스위치는 커패시터에 충전된 전하를 방전시키기 위한 스위치로써 최대 10 kV의 절연내력이 요구되며 특정한 교류 위상에 중첩시켜 펄스를 인가하기 위해 동작시간의 오차범위가 일정하게 유지되며, 스위치 구동회로는 제어부의 트리거 신호에 의해 스위치를 구동시키기 위한 릴레이 드라이버 회로와 교류 위상에 중첩시키기 위한 위상 검출 회로로 구성된다.

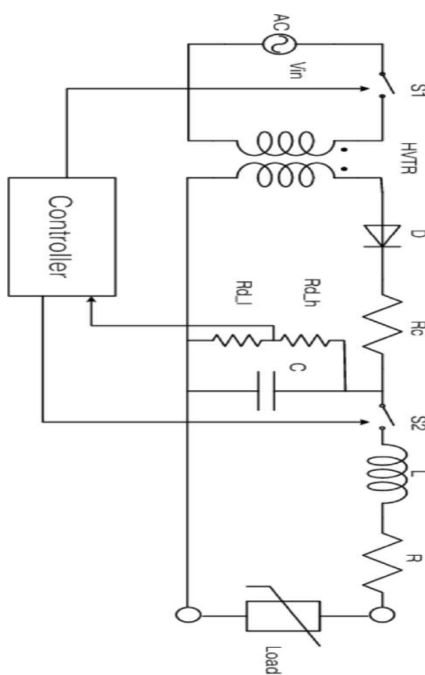
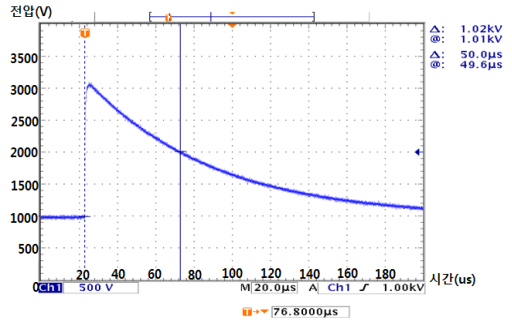


그림 5. 임펄스 발생 회로 구성
Fig. 5 Consist of impulse generator circuit

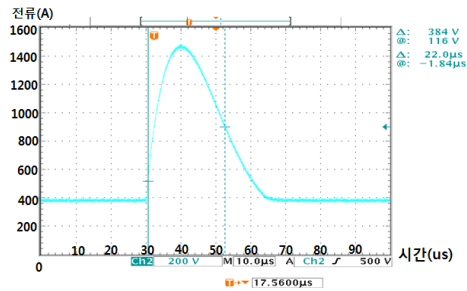
피시험품에 교류 전원을 인가한 상태에서 스위칭 임펄스를 인가하기 위해서는 커플러/디커플러 회로가 필요하다. 커플러는 생성된 펄스를 피시험품에 교류전원을 공급한 상태에서 중첩하여 인가하기 위해서 필요한 것으로 교류전원으로부터 파형의 왜란을 방지하고 펄스 발생부를 보호하는 역할을 한다. 디커플러는 발생된 펄스전압이 피시험품으로 인가될 때 같은 전원선로에 연결된 시스템을 보호하기 위한 것으로 절연변압기와 인덕터, 커패시터 등으로 구성된다.

제어회로는 출력전압, 인가회수, 출력모드 등의 각종 초기 설정 및 방전스위치를 비롯한 각종 제어용 스위치를 제어하기 위한 것으로 임베디드 시스템 및 I/O 보드 등으로 구성하였다.

이와 같이 구성하여 임펄스 발생기를 설계 제작하였으며 그림 6과 같이 출력파형 예를 나타내었다. 본 임펄스 발생기는 출력단 개방시 1.2/50 μ s 전압파형이 발생되고 단락시에는 8/20 μ s 전류파형이 발생하는 조합과 발생기로 동일 전압 충전시 출력 전압 피크값 대 전류 피크값의 비가 2 : 1 로 IEC 61000-4-5 규정을 만족한다.



(a) 전압 출력파형
(a) Voltage output waveform



(b) 전류 출력파형
(b) Current output waveform

그림 6. 전압 및 전류 출력파형
Fig. 6 The voltage and current output waveform

IV. PoE에 대한 임펄스 시험 분석

Local Area Network 케이블은 근거리 통신망을 구성하고 무선랜이 도입되면서 활용 범위가 확장되고 있으며 PoE 서비스의 적용이 증가하고 있다. 이와 더불어 구조물 내부에서 옥외 시설로 선로가 복잡하게 연계되어 있어 낙뢰에 노출되기 쉬운 환경에서 사용되므로 시스템의 오동작 및 소손사고 등을 예방하기 위해 적절한 보호대책의 수립이 필요하다.

IEC 61643-21 규격에서는 통신 및 신호 네트워크에 연결하는 임펄스 보호 장치에 성능 및 시험평가를 보면 표 2과 같이 통신 및 신호 네트워크에 연결된 임펄스 보호 장치에 대한 성능 표준에 정의되고 있다. 핵심적인 내용으로 보면 임펄스 용량은 접지와 통신라인 사이에는 2kA(8/20 μ s)이고, 통신라인과 통신라인 사이에는 100A(8/20 μ s)이다. 또한 제한 전압은 접

지와 통신라인 사이에는 700V이고, 통신라인과 통신라인 사이에는 9V이다.

PoE 장치가 건물 내부보다 옥외에 설치되는 경우가 많아서 낙뢰 및 임펄스가 유도나 접지를 통하여 유입되어 PoE 장치가 오동작이나 파손이 발생 최소화하기 위해서는 IEC 61643-21규격의 성능 기준 보다 우수한 임펄스 내성 보호 장치를 설계하여야 네트워크 장치의 손상을 방지할 수 있다.

표 2. 임펄스 내성 기준
Table 2. Impulse immunity reference
(L-L: Line-Line, L-G: line-Ground)

PoE system impulse resistance	Rating	note
Rated voltage	60V	
Nominal current	1.5A	
Nominal surge current	100A	L-L
Nominal surge current	2kA	L-G
Voltage protection level	9V	L-L
Voltage protection level	700V	L-G
Total discharge current	10kA	
Capacitance	12pF	L-L
Capacitance	2pF	L-G

임펄스 시험 평가 방법으로 임펄스 발생기를 사용하여 기존의 일반적인 PoE용 서지 보호기에 너격전류를 주입하고 제한전압 특성을 측정 한다. Line-Ground(L-G)단자에 6kV/3kA의 조합파(부하 개방시 1.2/50 μ s 전압 발생, 단락시 8/20 μ s 전류 발생, 내부임피던스 2 Ω)를 인가하여 보호기 출력단에 나타나는 제한전압을 측정하였다. 임펄스 내성은 700V 이하로 볼 수 있으며 PoE 임펄스 보호기의 제한 전압은 200V 이하로 유지되어야 데이터 전송과 전력 공급을 원활히 한다. 그러므로 제한 전압이 기준치보다 높아서 오동작 및 오손이 발생하는 경우가 있다.

그림 7은 일반적인 PoE용 임펄스 보호기의 설계 예이다. 이는 신호가 전송되는 1,2,3,6라인에는 GDT(Gas Discharge Tube)와 TVS(Transient Voltage Suppressor) 다이오드를 배치하고 4,5,7,8 선로에는 DC 전원공급선로에 해당하는 MOV(Metal Oxide Varistor) 소자를 적용한 방식이다.

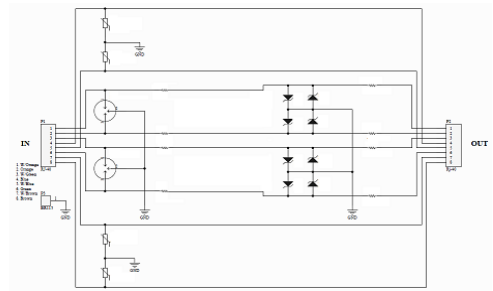


그림 7. 일반적인 PoE용 임펄스 보호기 설계 예
Fig. 7 Design example of general PoE impulse protection

이러한 방식은 매우 오래전부터 RS232/485 통신기기 등을 보호하기 위해 사용되어 지던 설계 기법이다. 그러나 PoE 시스템에서는 기존의 통신 기기에 비해 사용되는 신호의 주파수가 100MHz 정도로 매우 높으므로 사용 가능한 보호소자의 선정에 제약이 있다. 일반적으로 GDT와 TVS 다이오드 조합의 보호방식에서는 에너지 내량이 큰 GDT가 먼저 동작하도록 선로에 인덕터나 저항 등의 블로킹 소자가 필요하나 고속 신호 선로의 특성상 이러한 부가회로의 적용은 신호의 감쇄를 초래하여 정상적인 동작상태를 유지시키기 어렵다. 또한 TVS의 내부 캐패시턴스 성분도 신호의 감쇄를 초래하는 요인으로 에너지 내량이 큰 소자의 적용이 어려운 실정이다. 이와 같은 상황에서 내부 캐패시턴스가 수 pF인 GDT 소자만이 적용 가능 하지만 이는 상대적으로 높은 제한 전압을 나타내고 있어 단독 적용 시 내전압 특성이 약한 피보호기에 대해서는 보호효과를 기대하기 어렵다. 그림 8에 일반적인 보호기의 제한전압 측정결과를 나타내었다.

주파수 대역은 이더넷 통신용으로 적합하였지만 6kV인가 시 측정전압이 300 V 이상으로 민감한 PoE 시스템의 보호용으로는 불충분하다. 이를 개선하기 위한 회로 구성도를 그림 9에 나타내었다. 100MHz 대역의 고주파 신호와 이에 중첩되는 DC 선로를 분리하기 위해 그림 9과 같이 고주파 선로 분리회로와 DC 전원 분리회로를 설계하였다.

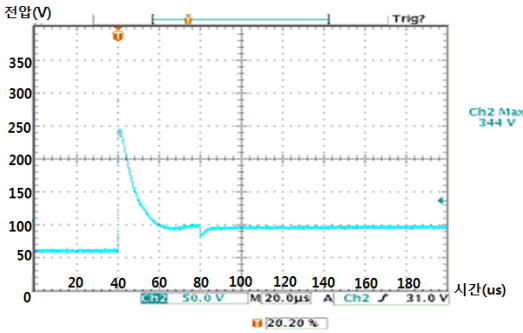


그림 8. 일반형 PoE용 보호기 제한전압 파형
Fig. 8 Protection limit voltage waveform for general PoE

고주파 신호 분리회로는 직렬 커패시터와 고주파 절연변압기로 구성되어 직류성분은 블러킹되고 특정 주파수 이상의 정상상태 고주파 신호만 2차측으로 전달한다. 고주파 신호에 포함된 DC 전원은 LC 저역통과 필터로 구성된 DC전원 분리회로를 통해 별도의 경로로 통해 2차측으로 전달되는 구조이다. 낙뢰시 발생하는 신호는 수십 kHz~수 MHz 대역의 노이즈로 본 설계에 따르면 정상적인 고주파 신호 회로로 전달되기 전에 DC 전원 분리회로를 통해 흐르고 이에 병렬 접속된 서지 보호 소자를 통해 제한전압을 더 낮게 유지할 수 있다. 맨 앞단에 설치된 과전압 방지 소자는 GDT로 구성되며 1차적으로 유입된 과전압을 차단하는 역할을 한다.

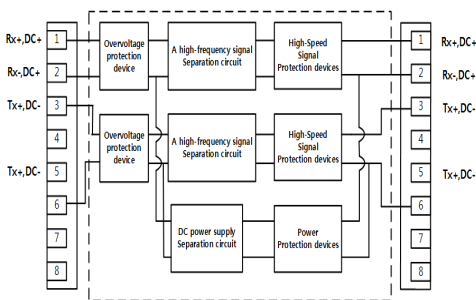


그림 9. 제안된 PoE용 보호기 회로
Fig. 9 Proposal protection circuit for PoE

기존의 고주파 신호용 보호기에는 MOV와 같은 대용량 서지보호소자가 보호 효과가 양호함에도 불구하고

고 자체적인 커패시턴스 성분 때문에 사용이 제한적이었으나 이와 같은 방법에 의해 고주파 신호 선로와 직류전원 선로를 분리함으로써 사용에 제약이 없어졌으며 보다 효과 좋은 보호성능을 기대할 수 있다.

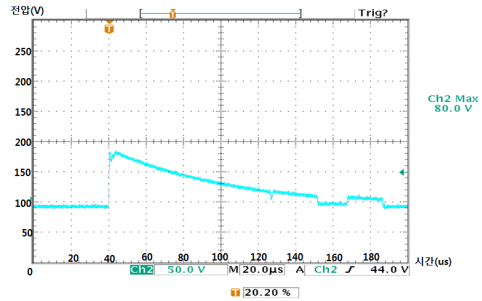


그림 10. 이중화 PoE 임펄스 내성 파형
Fig. 10 Dual PoE impulse protection waveform

그림 10는 임펄스 발생기를 이용하여 제안된 PoE용 보호기의 제한전압을 측정할 예이다. 그림 8의 일반적인 보호기와 비교해 제한 전압이 80V 정도로 낮아짐을 확인하였으며 개선된 특성을 얻었다.

V. 결 론

스마트 그리드용 전력망이 구축시범사업이 진행됨에 따라 스마트 디지털발전 AV기술, 냉난방 습도 공기 자동관리를 위한 복합에너지 관리기능을 담당하는 스마트 홈 에너지관리기술, 노약자와 장애인을 위한 주거설계와 가족 구성원에 대한 개인별 바이오정보 측정을 담당하게 될 헬스케어 기술, 생체인식 보안과 동작감지센서 등을 다루는 스마트 홈 시큐리티 기술, IT 융합기기, 보안기기, 사물인터넷 등 연구가 진행되고 있다[5].

낙뢰에 의한 임펄스 노이즈가 PoE 시스템에 유입되어 정보통신 설비오동작, 기기의 소손, 데이터 손실 등 여러 가지 장애가 발생하고 있다. 이에 대한 효과적인 보호대책 대책 수립을 위해 기존의 일반적인 신호용 보호기의 제한전압 성능을 측정하고 개선된 PoE용 임펄스 보호기를 제안하였다. 본 논문의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 신호용 보호기의 제한전압 성능을 평가하기 위

해 6 kV/3 kA급 조합과 임펄스 발생기를 설계 제작하였다.

- 2) 기존의 신호용 임펄스 보호기는 100 MHz급의 고주파 PoE 시스템을 보호하기에는 소자 선정에 있어 제한이 있으며 임펄스 시험시 제한전압 300 V 이상으로 부적합함을 확인하였다.
- 3) 고주파 신호와 직류 전원 선로를 분리할 수 있도록 PoE용 임펄스 보호기를 설계 제작하였으며 직류전원선로를 분리함으로써 MOV와 같은 보호소자의 적용이 가능하다.
- 4) 제안된 PoE용 임펄스 보호기의 임펄스 실험시 제한전압이 기존의 보호기에 비해 매우 낮게 유지되었으며 피보호기기의 안정성 확보가 가능하고 판단된다. PoE 시스템의 사용이 다방면에서 증가하고 있는 추세에서 정상적인 동작확보를 위한 보호기 설계방안을 제안하였으며 이를 통해 산업체의 안전한 설비운용 및 신뢰성 향상이 기대된다.

References

- [1] H. Lee, "A Study on Ubiquitous Sensor Network Technologies," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 4, no. 1, 2009, pp.70-77 .
- [2] K. Park, "Implement of a Watt-Hour Meter Monitoring System using Powerline Communication," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 8, 2013, pp. 1143-1148.
- [3] IEE802.23af., "Power over Ethernet," PoE Standard, 2007, pp. 02-50.
- [4] E. M. Bazelyan and Y. P. Raizer, *Lightning Physics and Lightning Protection*, London, Taylor & Francis: 2000, pp. 325.
- [5] C. Yoon, G. Kim, and C. Jang, "Embedded-based Power Monitoring Security Module Design," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 10, 2013, pp. 1485-1490.

저자 소개



진종호 (Jong-Ho Jin)

2013년 2월 경남대학교 첨단공학과 (공학석사)

2013년~현재 경남대학교 첨단공학과(박사과정)

2007년~현재 (주)이비

※ 관심분야 : 서지, 전자파, 임펄스, IT융합



김영진 (Young-Jin Kim)

2008년 2월 창원대학교 제어계측공학과(공학사)

2009년~현재 창원대학교 제어공학과(박사과정)

2013년~현재 (주)오은씨엔아이

※ 관심분야 : 제어, 원격 모니터링, 서지, 접지



이영철(Young-Chul Rhee)

1981년 ~현재 경남대학교 정보통신공학과 교수

※ 관심분야 : 마이크로파 능동회로 응용, RF power amplifier, 무선통신시스템