

# 군용 VoIP 전화기를 위한 고신뢰성 Rx 전력 시스템 설계

박경화\* · 박현정\*\* · 김현성\*\*\*

## High Reliability Rx Power System Design for Military VoIP Phone

Kyung-Hwa Park\* · Hyun-Jeong Park\*\* · Hyeon-Sung Kim\*\*\*

### 요약

본 논문에서는 전술정보통신체계(TICN)의 구성 부체계 중 하나인 교환접속체계에서 이더넷 프로토콜을 지원하고 VoIP 교환기와 연동하여 보안된 음성통화/영상통화를 제공하고 다자간 통화, 지령기능 등의 차등 서비스를 지원하는 다기능형 VoIP 전화기의 야전에서 전원부 불량률을 저감하기 위해 개선한 방법들을 제안하였다. 다기능형 VoIP 전화기의 전용 어댑터 출력전압 인입부의 TVS 적용, PoE 모듈 입력단 TVS 적용, Blocking Diode 추가 및 폴리스위치 뒷단의 DC/DC 컨버터 추가 적용을 통하여 전원부를 개선하고 성능 및 환경 시험등을 수행하여 제안방법 타당성을 입증하였다.

### ABSTRACT

The multi-functional VoIP phone supports the Ethernet protocol in the TIPS(: Tactical IP Switch), which is one of the sub-systems of the tactical information and communication system (TICN). It provides secured voice / video calls in conjunction with VoIP exchanges and supports differential services such as multi-party calls and command functions. In this paper, improving methods have been proposed to reduce power supply defects in the field of multi-functional VoIP phones. The power supply part was improved by applying TVS of the output voltage inlet of the dedicated adapter of the multi-functional VoIP phone, TVS of the PoE module input, adding blocking diodes, and adding DC / DC converters behind the poly-switch. Also, functional and environmental tests were performed to verify the validity of the proposed methods.

### 키워드

TICN, VoIP phone, Power over Ethernet, adapter, Surge  
전술 정보 통신 체계, VoIP 전화기, PoE, 어댑터, 서지

### 1. 서론

차세대 전술통신 체계인 전술정보통신체계(TICN:Tactical Information and Communication Network)는 실시간적으로 수집한 정보를 바탕으로

전장 상황에 따라 빠른 대응 및 정보 전달을 할 수 있는 대용량 통신기반 체계이다.[1-4] TICN 체계는 그림 1과 같이 망 제어체계, 교환접속체계, 대용량무선전송체계, 소용량무선전송체계, 전술이동통신체계, 전투무선체계 등의 부체계로 구성된다.[5]

\* 교신저자 : 국방기술품질원 (khpark@dtqa.re.kr),

\*\* 국방기술품질원 (hyeonjeong@dtqa.re.kr),

\*\*\* 한화시스템(주) (ih5457.kim@hanwha.com)

• 접수일 : 2020. 07. 28

• 수정완료일 : 2020. 09. 05

• 게재확정일 : 2020. 10. 15

• Received : Jul. 28, 2020, Revised : Sep. 05, 2020, Accepted : Oct. 15, 2020

• Corresponding Author : Kyung-Hwa Park

Defense Agency for Technology and Quality,

Email : khpark@dtqa.re.kr

이중 교환접속체계는 TICN 부체계 내에서 고속 IP 데이터 전달을 위한 전송 라우팅 기능, 다양한 단말 간 VoIP 통화를 위한 호 처리 기능, 타 체계와 연동 기능, 기존 전화기와의 회선통화지원 기능 등을 제공하는 부체계이다.



그림 1. 전술정보통신체계(TICN)의 구성도  
Fig. 1 Structure of TICN system.

다기능형 VoIP 전화기는 교환접속체계 내에서 PoE 기능을 가지는 이더넷 프로토콜을 지원하고 VoIP 교환기와 연동하여 보안된 음성통화/영상통화를 제공하고 다자간 통화, 지령기능 등 부가서비스를 가입자의 서비스등급에 따라 차등하여 지원한다.

본 논문에서는 군에서 활용도가 높은 다기능형 VoIP 전화기의 야전에서 발생한 불량 현상을 기반으로 가장 많은 고장 부분을 차지하는 전원부 불량현상을 줄이기 위해 회로를 개선한 방법을 제안하였다.

## II. 다기능형 VoIP 전화기의 전원부 개선

다기능형 VoIP 전화기는 동일한 장비 형태를 가지고 두가지 방식으로 TICN 체계에 적용된다. 한 가지 형태는 차량에 장착되어 RJ-45 LAN로 스위칭 허브로부터 전원을 공급받는 형태이다.[7] 이는 표 1과 같은 사양을 가지는 IEEE 802.3af 표준의 PoE( Power over Ethernet) 방식으로 전원을 공급 받는다. 그림 2에서 보이는 바와 같이 PoE는 별도의 전원 없이 PDA, IP 전화기, 이더넷 장비, WiFi AP등에 전원을 독립적으로 공급하기 위해 사용되는 전원 공급 방식이다.

표 1. IEEE 802.3af 표준의 PoE 사양

Table 1. PoE specification of IEEE 802.3af standard.

Property	Value(802.3af)
Power available at PD	12.95 W
Maximum power delivered by PD	15.40 W
Voltage range (at PSE)	44.0~57.0 V
Voltage range (at PD)	37.0~57.0 V
Maximum Current	350 mA
Maximum Cable Resistance	20 Ω

PoE는 IEEE 802.3af가 규정하는 PSE( Power Sourcing Equipment) 출력 전압 범위는 DC 44V~57V, PD( Powered Device)는 약 DC 37~57V의 입력 Range를 갖는다. PoE에서 사용하는 Cabling TIA규격은 CAT5/5e 24AWG UTP Cable이며 CAT5/5e 케이블을 통한 전력 전달은 최대 100m로 규정되어 있고 비교적 큰 케이블 저항으로 인해 케이블에서 Drop voltage는 비교적 큰 값을 가지므로 PD 전압이 PSE보다 낮아지게 된다. 이러한 PoE 방식으로 전원을 공급받는 다기능형 VoIP 전화기는 네트워크 장비에 따로 전원을 연결하지 않고 스위칭 허브로부터 48V 전압을 공급받아 단말을 사용하는 것이 가능하다.[6-8]

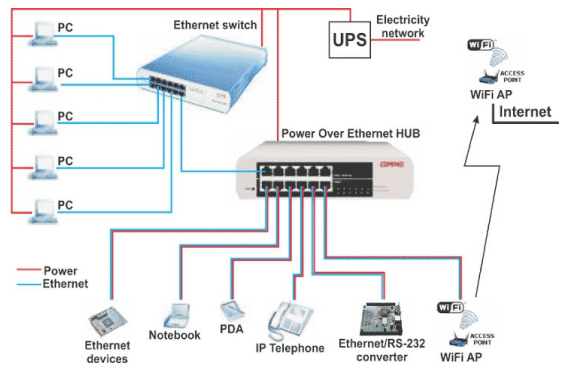


그림 2. PoE 방식의 일반적인 시스템 구현  
Fig. 2 General PoE system implementation.

다기능형 VoIP 전화기의 다른 한 가지 운용 방법은 상전인 AC 220V를 사용하여 전용 어댑터를 통해 직접 전원을 공급받는 것이다. 이러한 방식은 VoIP를 독립적으로 사용할 때 적용하는 전원공급 방식이다. 이렇게 두가지 방식으로 전원을 공급받는 다기능형 VoIP 전화기 전원 입력부분 블록도를 그림 3에 나타내었다.

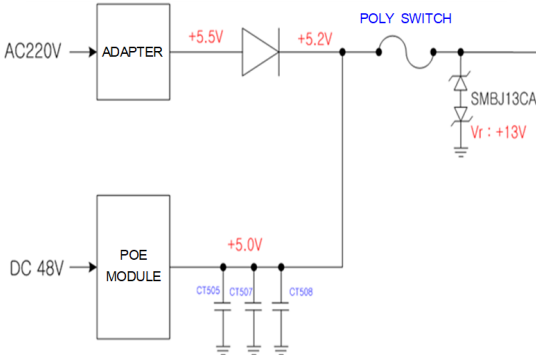


그림 3. 다기능형 VoIP 전화기 전원 입력부의 블록도  
Fig. 3 Block diagram of multi-functional VoIP phone power input.

2016년도 최초로 군에 전력화 된 이후로 군용 다기능형 VoIP 전화기의 시장에서 고장 빈도 수는 타장비에 비해 비교적 많은 것으로 집계되었다. 이러한 고장의 약 90% 정도를 차지하는 주요 현상은 대부분 다음 두 가지 원인에 의한 것으로 상용 장비로 구성되는 스위칭 허브의 서지성 고전압으로 인한 PoE 모듈 소손과 전용 어댑터 연결부에 고전압이 인가되어 PoE 출력부 Capacitor 및 비교적 낮은 전압 Rating을 가지는 다기능형 VoIP 전화기에 전원을 공급하기 위한 레귤레이터 등의 전원부 소손이었다.

A/S 발생 현상 중 VoIP 전용 어댑터 연결부의 고전압 인가는 통신장비 운용 환경상 장비 운용을 제어하고 통제하며 장비 현황을 모니터링 할 수 있는 터미널 장치로 사용되는 상용 Note PC 어댑터를 다기능형 VoIP 전용 어댑터로 인지하여 오사용하는 데에서 기인한 것으로 추정 가능하였다. 다기능형 VoIP 전화기 전용 어댑터는 상전인 AC 220V를 사용하여 5.5 VDC를 출력하는 사양을 지원하고 최대 정격 전류는 5A 정도로 정격용량은 27.5W 정도이다. 그림 4과 같은 형상을 가지는 일반적인 Note PC 어댑터는

AC 220V를 입력전압으로 사용하여 대개 19V DC 전압을 출력한다. 이러한 어댑터는 제조사와 제품마다 2A~3.19A의 각기 다른 정격전류를 가지며 대략 40~60W 정도의 정격용량을 가진다. 이러한 어댑터 전원 출력부 커넥터는 그림 4와 같은 형상을 가지며 이는 다기능형 VoIP 전화기의 전용어댑터 전원 출력부와 형상이 유사하여 사용자가 다기능형 VoIP 전화기 전용 어댑터로 오인하여 사용할 소지가 있다. 또한 Note PC 어댑터가 상전에 연결된 채로 출력 커넥터가 다기능형 VoIP 전화기의 어댑터 연결부에 닿을 경우에도 서지성 과전압 인가로 전원부 소자가 소손되는 현상이 재현되었다.

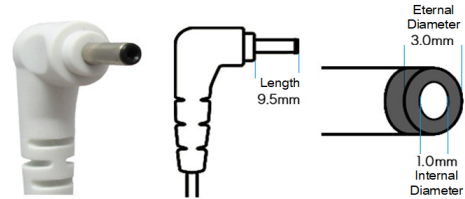


그림 4. 일반적인 Note PC 어댑터의 출력부 커넥터 형상  
Fig. 4 output connector shape of general Note PC adapter.

이러한 다기능형 VoIP 전화기 고장유발을 방지하고자 다기능형 VoIP 전화기의 전원 공급에 사용되는 전용 어댑터 본체 및 케이블과 다기능형 VoIP 전화기의 본체에 스티커 부착을 통해 어댑터 출력전압이 5.5V DC라는 점을 강조하고 꼭 전용 충전기를 사용하도록 주의 문구를 추가하여 보완하였으며 PoE 모듈 소손을 방지하고자 군의 사용자 운용교범에도 PoE를 통해 전원을 공급하기 위한 LAN 케이블 조립체는 안정적인 운용환경을 위하여 쉘드 처리된 LAN 케이블 사용을 권장하고 전원 어댑터 조립체는 다기능형 VoIP 전화기 전용 어댑터(5.5 VDC, 5A)를 사용하도록 주의사항 문구와 해당 장비사용 절차를 추가하였다. 또한 추가적으로 다기능형 VoIP 전화기 보급 시 소요군에 운용자 부주의에 의한 장비 고장이 발생하지 않도록 교육을 실시하고 관련 자료를 배포하는 등 개선활동을 추진하여 시장에서 발생하는 VoIP 전화기 불량을 줄이고자 보완하였다. 하지만 소요군의 다기능형 VoIP 전화의 운용자가 훈련 및 장비운용 시 항상 전용 어댑터를 사용하여 충전하여야 한다는 사실을 인지하기가 어려운 실정이므로 초기 납품 후

고장발생 건수와 스티커부착, 운용자 교범 개선, 교육 실시 이후에도 다기능형 VoIP 전화기의 전원부 고장발생은 지속적으로 계속 발생하였으며 이러한 고장발생 예방 대책에 의한 장비 고장건수에 대한 눈에 띄는 개선효과는 미비한 것으로 파악되어 보다 근본적인 회로개선에 대한 필요성이 대두되었다.

그림 5에 기존의 다기능형 VoIP 전화기 전원부 구조를 나타내었다.

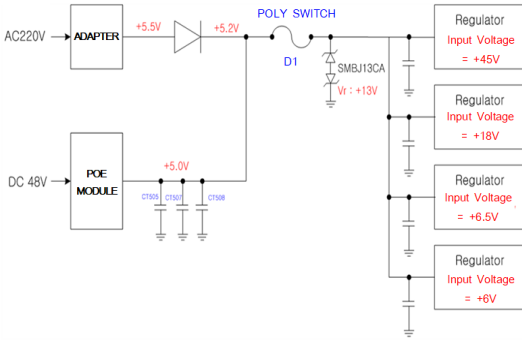


그림 5. 기존의 다기능형 VoIP 전화기 전원부 구조  
Fig. 5 Structure of existing multi-functional VoIP phone power supply.

이전 장에서 설명한 바와 같이 다기능형 VoIP 전화기는 RJ-45 LAN로 스위칭 허브로부터 전원을 공급받거나 상전인 AC 220V를 사용하여 전용 어댑터를 통해 직접 전원을 공급받게 된다. 이러한 방식은 다기능형 VoIP 전화기를 독립적으로 사용할 때 적용하는 전원공급 방식이다. 이렇게 두 가지 방식중 하나를 선택하여 작동 가능하고 1회성 보호소자로 사용되는 퓨즈(fuse) 대신 온도가 올라가면 저항이 함께 상승하는 PTC(Positive Temperature Coefficient) 특성을 가져서 큰 저항 특성을 통해 과전류를 막고 과전류 상황이 해지되면 다시 정상동작 상태로 복구되는 자기 복구형(self- resettable) Polymer 구조로 이루어진 폴리 스위치를 사용하여 과전류로부터 다기능형 VoIP 전화기 전원 공급부를 보호할 수 있도록 설계되었다.[9]

기존의 다기능형 VoIP 전화기 전원단은 폴리 스위치 뒷단에 TVS가 구현되어 있으나 이 소자 내압이 Note PC 출력전압 보다 낮아 어댑터 오사용이나 접촉시 유발 가능한 19V 이상의 서지성 전압에 의한 피해는 방지할 수 없는 구조였다. 또한 PoE 모듈 전

스위칭 허브로부터의 전원인입 부분에는 높은 전압인입 시 장비를 보호할 수 있는 회로구현이 되어 있지 않아 상용장비인 스위칭 허브 PoE 전원 출력부에 의해 인가되는 서지나 갑작스런 스위칭 허브의 부하 변화에 의해 발생하는 급격한 전압변화에 능동적으로 대처할 수 없는 구조였다. 따라서 다음 그림 6과 같이 기존 VoIP 전화기 전원단을 개선하였다.

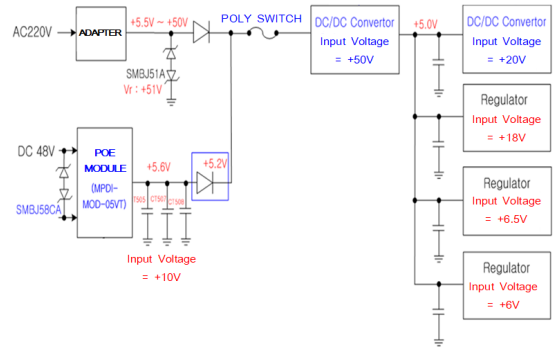


그림 6. 개선된 다기능형 VoIP 전화기 전원부 구조  
Fig. 6 Structure of improved multi-functional VoIP phone power supply.

VoIP 전화기의 전원단 개선을 위한 회로 변경사항을 정리하면 총 4가지로 분류할 수 있으며 각 내용을 아래와 같이 정리하였다.

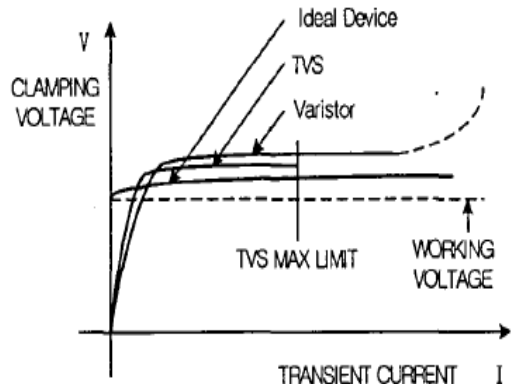


그림 7. TVS diode의 특성 그래프(전압-전류 특성 곡선)  
Fig. 7 Characteristics curve(V-I Curve) of TVS diodes.

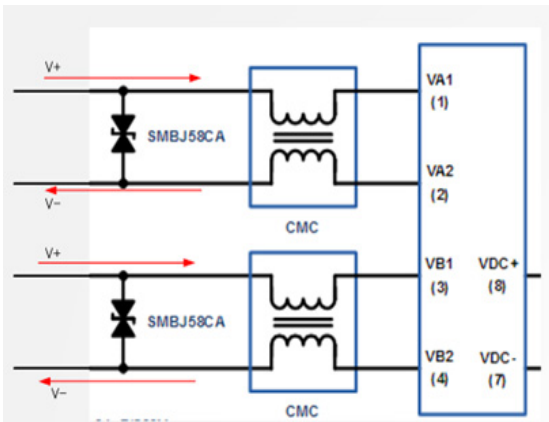
### 2.1 전용 어댑터 출력전압 인입부의 TVS 적용

전용 어댑터의 출력보다 높은 Note PC 출력전압 접촉시 유발 가능한 전원부 회로 내압 이상의 서지성

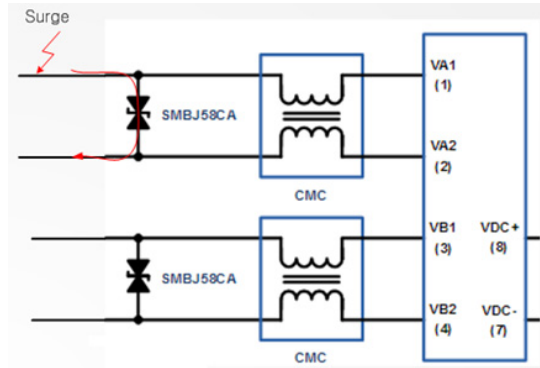
전압에 의한 피해를 최소화하기 위하여 그림 6과 같이 전용 어댑터 출력부에 51V 이하의 서지성 전압이 인가될 경우 인가된 고전압을 수 nSec 이내에 전원부가 견딜수 있는 최대전압에 도달하기 전에 즉시 클램핑 전압으로 제한하거나 차단한다.[10] 이러한 TVS 다이오드 특성을 그림 7에 나타내었다.

### 2.2 PoE 모듈 입력단의 TVS 적용

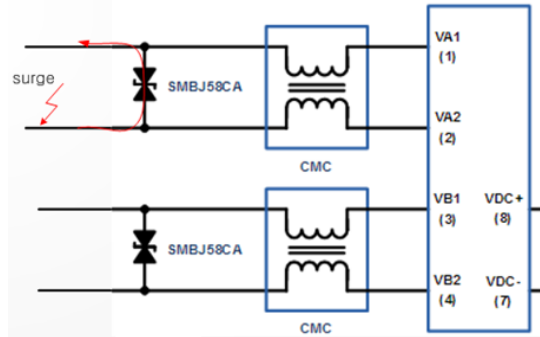
스위칭 허브가 공급하는 PoE 전원 출력부에 의해 인가되는 서지나 갑작스런 스위칭 허브의 부하변화에 의해 발생하는 급격한 전압변화에 의한 PoE 모듈 손상을 방지하기 위해 표 1과 같은 특성을 가지는 IEEE 802.3af 표준의 PoE 모듈에 서지 보호 기능을 추가하여 개선하였다. 기존의 POE 모듈은 입력단에 서지보호회로가 구현되어 있지 않았으나 PoE 모듈 입력단에 TVS를 추가하여 그림 8과 같이 표준에 의한 PoE 모듈의 입력전압을 감안하여 VA1에 정격 전압 이상의 순간전압이 유입되면 TVS가 Turn On하여 높은 레벨의 입력신호를 VA2 선로로 빠져나가게 되고 VA2에 64V 이상 순간전압이 유입되면 TVS가 Turn On하여 높은 레벨의 입력신호를 VA1 선로로 빠져나가도록 Path가 설정되게 된다.



(8-a) 정상동작  
(8-a) Normal Operation



(8-b) VA1 선로에 Surge 유입  
(8-b) Surge inflow to VA1 line



(8-c) VA2 선로에 Surge 유입  
(8-c) Surge inflow to VA2 line

그림 8. PoE Module에서의 TVS diode 작동  
Fig. 8 Operation of TVS diode in the PoE Module

또한 추가적으로 이러한 PoE 모듈에 기존의 회로에 ESD 내성 기능이 향상되고 전압 Rating이 큰 컨버터와 PoE 인터페이스를 복합적으로 제공 가능한 소자(IC)를 사용하여 Full Load 에서의 효율을 5%정도 높일 수 있었다.

### 2.3 Blocking Diode 추가

불량 현상 중 일부는 전용 어댑터 출력 전원 입력단에 전원부 내압 이상의 고전압이 인가되어 그림 5의 D1이 손상되고 그 뒷단에 바로 연결된 PoE 출력부의 Capacitor까지 연쇄적으로 손상되는 것이었다. 이렇게 정상적인 작동시의 전류와 반대방향으로 흐르는 전류의 역류를 막아주기 위해 그림 6과 같이 역류방지 다이오드(Blocking Diode)를 추가하여 이를 방지하였다.

### 2.4 폴리스위치 뒷단의 DC/DC 컨버터 추가 적용

위의 1~3의 개선을 반영한 결과 기존의 방식대로 다기능형 VoIP 전화기의 각부에 다양한 전원을 공급하기 위한 Regulator들의 구조를 그대로 유지할 경우 폴리스위치 output의 전압은 과전압이 어댑터 전압 인입부에 과전압이 인가될 경우 입력전압 Rating이 작으므로 소손의 가능성이 있다. 따라서 다기능형 VoIP 전화기의 각부에 전압을 공급하기 위한 Regulator들의 전단에 추가적인 DC/DC Converter를 사용하여 1차적으로 전압을 Regulation하여 2차 Regulator들에 안정적인 전압이 인가되도록 하였다. 1차 Regulation을 위해 사용된 DC/DC Converter의 특성은 다음과 같다.

- 4-Switch Single Inductor Architecture Allows  $V_{IN}$  Above, Below or Equal to  $V_{OUT}$
- Synchronous Switching: Up to 98% Efficiency
- Proprietary Peak-Buck Peak-Boost Current Mode
- Wide VIN Range: 4V to 60V
- $\pm 1.5\%$  Output Voltage Accuracy  
:  $1V \leq V_{OUT} \leq 60V$
- $\pm 3\%$  Input or Output Current Accuracy with Monitor

이로 인해 2차 Regulator들 중 CPU 및 Flash Memory 등의 Programmable IC에 전원을 공급하기 위해 사용하는 Converter의 입력 전압 Rating을 낮은 것으로 교체하였다. 1차 컨버터의 안정적인 동작을 검증하기 위해 전용 어댑터의 최저전압인 110VAC를 인가하여 검증한 결과 어댑터 전압 인입부의 전압을 5.0V DC 전압으로 변환하기 위한 1차 컨버터는 Buck-Boost로 동작하며 출력전압 5.0V를 안정적으로 출력함을 확인할 수 있었다.

그림 9에 1차 컨버터의 Switch 및 Synchronous Rectifier의 Gate 전압 파형 및 출력전압을 측정된 결과를 나타내었다. 또한, 다기능형 VoIP 전화기의 기능의 작동을 확인하기 위해 Spec 문서에 정의된 통화시험등의 성능 시험, Burn in 시험, KN 22 및 KN 24의 EMC( Electro Magnetic Compatibility) 시험 및 IEC 60068-2-14에 의한 온도변화시험 등의 환경시험을 수행한 결과 장비의 작동성능은 Spec 문서의 요구성능을 만족함을 확인하였다.

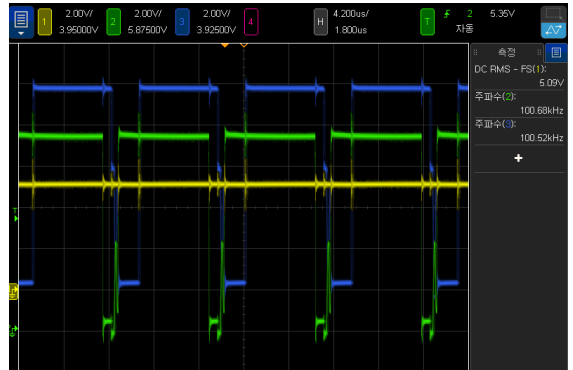


그림 9. Switch, Synchronous Rectifier의 Gate 전압 파형 및 출력전압

Fig. 9 Voltage waveforms of switch, synchronous rectifier gate and output

### III. 결론

본 논문에서는 군용 다기능형 VoIP 전화기의 야전에서의 불량현상을 줄이기 위해서 전원부의 회로 개선 방법 및 구체적인 구현 내용에 대하여 소개하고 실험한 결과를 나타내었다.

이러한 개선을 통해 추후 군에 보급될 다기능형 VoIP의 고장현상이 많이 감소하여 군이 다기능형 VoIP 전화기를 더욱 안정적으로 사용가능 할 것을 예상할 수 있다. 또한 향후 다기능형 VoIP 전화기를 개선하여 군이 보급할 경우, 부가적으로 발생하는 고장 발생에 대한 수리 및 유지에 필요한 순기비용이 감소할 것으로 예상되므로 예산 절감 효과도 기대할 수 있다. 또한 다른 장비의 연구개발 사업에도 이러한 사례를 적용하여 군이 보다 안정적으로 작동하는 장비를 도입할 수 있을 것으로 기대한다.

### References

[1] K. Park and J. Hwang, "TICN System Requirement and Capability for FutureWarfare Environment," *Telecommunications Review*, vol. 20, no. 2, 2010, pp. 1-11.

[2] J. Kim, B. Kim, H. Park, and M. Seo, "Design of the 1.5kVA Class Wireless Power Transfer

Device for Battery Charging of Integrated Power Control System in MSAP," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 3, 2020, pp. 413-420.

- [3] T. Kwon, "Analysis and Design a Optimum Protocol for TICN Tactical Backbone," *The Journal of Korea Institute Of Communication Sciences*, vol. 35, no. 12, Dec. 2011, pp. 1722-1727.
- [4] J. Kim, B. Kim, and B. Kim, "Improvement and Verification of TMFT Power Circuit Design," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 2, 2020, pp. 357-362.
- [5] Y. Son, B. Bae, T. Shon, Y. Ko, K. Lim, and M. Yun, "Mutual Authentication Method between Wireless Mesh Enabled MSAPs in the Next-generation TICN," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 37, no 5, 2012, pp. 385-394.
- [6] J. Jin, Y. Kim, and Y. Lee, "Design on a Dual Impulse Surge Protector for the Power over Ethernet Devices," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 8, 2015, pp. 927-934.
- [7] IEEE Std. 802.3at, *IEEE Standard for Information technology*, IEEE, 2009.
- [8] J. Wu, H. Wu, C. Li, W. Li, X. He, and C. Xia, "Advanced fourpair architecture with input current balance function for power over Ethernet(PoE) system," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 28, no. 5, May 2013, pp. 2343-2355.
- [9] W. Kim, H. Park, M. Choi, and J. Park, "Study on Burn-in Characteristics from Switching on-off of Auto Polyswitch," *Proceedings of Korean Society for Precision Engineering Annual Conference*, Changwon, Korea, 2010, pp. 315-316.
- [10] H. Choi, Y. Song, and W. Lee, "The comparison of ESD prevention characteristic of TVS with a Varistor at low voltage,"

*Proceedings of The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers Annual Conference*, Seoul, Korea, Nov. 2002, pp. 105-109.

## 저자 소개



### 박경화(Kyung-Hwa Park)

2003년 충남대학교 전자공학과 졸업(공학사)

2005년 KAIST 대학원 전기 및 전자공학 졸업(공학석사)

2005-2012 인공위성연구센터 연구원

2012년 ~ 현재 국방기술품질원 선임연구원

※ 관심분야 : 무선통신시스템



### 박현정(Hyun-Jeong Bak)

2011년 경북대학교 전자공학부 졸업(공학사)

2019년 ~ 현재 국방기술품질원 연구원

※ 관심분야 : 전자제어, 통신, 무기체계



### 김현성(Hyun-Seong Kim)

2014년 금오공과대학교 전자공학부 졸업(공학사)

2014년~ 현재 한화시스템 재직 중

※ 관심분야 : 정보통신시스템, 임베디드시스템

