

工學碩士 學位論文

광범위한 입력전압 범위를 가진 RRMS용
전원장치 설계

A Design of Power Supply of the Wide Range of Input
Voltage for Ship's Refer-Container Remote Monitoring
System(RRMS)

指導教授 李 成 根

2007 年 2 月

韓國海洋大學校 大學院

電氣電子工學科

金 健 佑

本 論文을 金健佑의 工學碩士 學位論文으로 認准함

委員長 : 工學博士 金 潤 植 ㉠

委 員 : 工學博士 全 泰 寅 ㉠

委 員 : 工學博士 李 成 根 ㉠

2006年 12月

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

電 氣 電 子 工 學 科

金 健 佑

목 차

Abstract

제 1 장 서 론	1
제 2 장 선박냉동컨테이너 원격 감시장치	3
2.1 개발 배경	3
2.2 RRMS의 특징	4
2.3 RRMS의 구성	5
2.4 RRMS용 전원장치의 개발	10
제 3 장 AC-DC Converter	12
3.1 전압 선택형 전원장치	12
3.2 Flyback Converter	13
3.3 Buck Converter	16
3.4 Buck Converter의 설계식 도출	22
제 4 장 실험 및 고찰	24
4.1 RRMS의 구성	24
4.2 실험장치의 구성	27
4.3 시뮬레이션	30
4.4 실험 및 고찰	32

제 5 장 결 론	39
[참고문헌]	41

A Design of Power Supply on The Wide Range of Input Voltage for
Ship's Refer-container Remote Monitoring System.

by Kim Kun Woo

Department of Electrical and Electronics Engineering
Graduate School, Korea Maritime University
Busan, Republic of Korea

ABSTRACT

This paper describes a design of power supply on the wide range of input voltage for ship's refer-container remote monitoring system(RRMS). Refer-Container manager checked its conditions, like the temperature, humidity & etc. But the refer-container makers didn't using their individualized communication protocol, the manager used several terminal that made by each maker. When the container-ship is at sea, refer-container managers are attended with danger that occurred by weather.

Because these problems, refer-container makers applied Power Line Communication(PLC) to their productions but it shows low rate. So the manager still checks refer-container individually.

RRMS use RF communication and individualized protocol that make communication with most makers refer-container.

RRMS used in container ship's deck, generally, power source on the deck has wide voltage range of 110[V] ~ 440[V]. So the power

supply of RRMS must have 110[V] ~ 440[V] voltage coverage and as small as it could be installed in the slave terminal.

In operating test the RRMS, some loading place had unstable voltage, up to 470[V], and the power supply was broken. So the power supply demand its voltage range up to 470[V].

This paper proposes a design of very small size buck-converter with 110[V] ~ 470[V] voltage range, and it could be installed the slave modem of RRMS.

제 1 장 서 론

현대 사회를 살아가면서 생활의 편리함을 위해 각종 전기 장치들을 사용하며 살아가고 있다. 휴대폰에서 컴퓨터 및 그 주변 기기, TV, 냉장고, 오디오 등 대부분의 전기기기를 동작시키기 위해서 직류 전원을 사용하여 동작하고 있다. 직류 전원은 배터리를 사용하여 공급하거나 일반적으로 공급되는 교류 전원을 어댑터 등을 이용하여 직류로 변환하여 공급하거나 기기 자체적으로 교류를 직류로 바꾸어주는 전원회로를 내장시켜 사용하고 있다.

현재 우리나라에서는 상용전원으로 220[V] 60[Hz]의 전원을 사용하고 있다. 대부분의 가전제품들이 이러한 상용전원에서 사용가능하도록 나오고 있다.

선박에서는 발전기로 전기를 만들어 사용하고 있는데, 크레인 등 큰 기계들이 440[V]의 전압을 사용하기 때문에, 440[V] 발전기를 사용하여 전기를 만들어 내고 있다. 큰 기계가 많이 사용되는 곳에서는 발전기에서 나오는 440[V]의 전압을 그대로 사용하고, 일반적인 가전제품들을 사용하기 위해 440[V]를 변압하여 육상에서 사용되는 220[V]의 전압을 만들어 사용하고 있다. 또한 건조 된지 오래된 선박에서는 예전에 상용 전원으로 사용하였던 110[V]의 전압도 사용되고 있다. 이렇듯 선박에서는 110[V] ~ 440[V]의 다양한 전원을 사용하고 있다.

전 세계 무역활동의 대부분은 선박을 통하여 이루어지고 있다. 각종 음식물 또한 대부분이 선박을 통하여 운송되고 있는데, 쌀과 옥수수 등과 같은 곡류의 경우 벌크(bulk)선을 이용하고 있고, 일반 가공식품의 경우 일반 컨테이너, 육류 및 과일 등의 경우 냉동컨테이너를 이용하여

운송하고 있다.

냉동컨테이너의 경우 제대로 동작하지 않을 경우 속에 든 식품이 운반 도중 상하게 되어 제품으로의 기능을 잃게 된다. 이러한 경우에 대비하여 관리자가 수시로 냉동컨테이너를 점검하고 있는데, 이 과정에서 많은 불편함과 위험이 따르고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 원격으로 냉동컨테이너의 상태를 파악할 수 있는 RRMS(refer-container remote monitoring system)를 개발하였다.

RRMS는 컨테이너선의 데크(deck)에서 사용되므로 RRMS의 전원장치는 선박에서 사용되는 110[V] ~ 440[V] 모든 전압에 사용할 수 있도록 제작이 되어야 하고, RRMS의 Slave Terminal 내에 장착이 가능할 수 있도록 전원장치의 크기 또한 매우 작아야 한다.

이러한 RRMS의 시험 운전 중 일부 컨테이너 하역 부두에서 안정적으로 전압을 공급하지 못하고 전압이 최대 470[V] 까지 올라가는 등의 문제가 발생하여 전원장치가 파괴되어 기존에 사용되던 440[V]의 전원장치로 실험을 할 수 없었다.

따라서, 본 논문에서는 냉동컨테이너의 관리에 따른 많은 문제점들을 개선하고자 원격으로 냉동컨테이너를 관리할 수 있는 시스템을 구축하면서 발생한 전원장치의 문제를 개선하고자 선박 및 하역 부두에서 발생된 문제에도 견딜 수 있도록 100[V] ~ 470[V]의 넓은 범위의 전압에서 사용할 수 있는 전원장치를 제작하였다.

제 2 장 선박냉동컨테이너 원격 모니터링 장치

2.1 개발 배경

컨테이너선 또는 컨테이너 야드에서 냉동컨테이너를 적정온도로 유지하기 위해서 많은 인력과 시간을 들여서 냉동컨테이너의 상태 및 온도를 Visual Check 및 Log를 하고 있으나 관리 인력의 안전 및 관리 비용을 개선할 필요가 있다.



Fig 2.1 Container Ship & Container Yard

컨테이너의 관리는 관리자가 직접 컨테이너를 돌아다니며 상태를 확인하고, 지속적으로 상태의 변화를 파악하기 위해 각 컨테이너별로 상태 데이터를 직접 단말기를 연결하여 다운받아 저장하는 방식으로 관리가 되고 있다. 또한, 컨테이너의 제조사별 데이터 통신시의 프로토콜이 제각각이기 때문에 컨테이너 제조사에 따라 장비가 따로 관리되고 있어 이에 따른 불편함 역시 문제가 되고 있다.

냉동컨테이너의 경우 선적 시 아래쪽 3층까지 적층을 하게 되어있고 지상에서 관리 시 역시 3층으로 쌓아 관리를 하고 있다. 지상에서는 냉동컨테이너를 돌아다니며 관리할 수 있도록 3층으로 된 구조물을 만들어 관리자가 돌아다니며 데이터를 받을 수 있도록 되어 있으나, 컨테이너선의 경우 이러한 구조물이 없어 2, 3층에 쌓인 컨테이너의 경우 관리자가 적층된 컨테이너 위로 줄을 타고 올라가서 확인을 하고 있다. 낮 시간 동안 4시간 마다 1번씩 3회씩 점검을 하고 있는데, 해상의 기후가 나쁠 경우 안전장치의 부재로 인한 인명 사고가 발생하는 경우도 있다. 그렇기 때문에 이러한 불편함과 위험 등을 줄일 수 있는 대책이 필요시 되고 있다.

이러한 위험을 줄이기 위해 국제해사기구(International Maritime Organization : IMO)에서 전력선모뎀(Power Line Communication Modem : PLC)을 사용하는 시스템을 권장하고 있지만, 전체 냉동컨테이너 중 전력선모뎀을 내장한 냉동컨테이너가 20[%] 정도 밖에 되지 않아 여전히 대부분의 냉동컨테이너를 관리자가 직접 관리를 하고 있다.

이러한 컨테이너 제조사별로 다른 장비를 사용하면서 생기는 불편함을 없애고 관리자의 위험이 없는 냉동컨테이너의 관리를 위한 시스템이 필요하다.

2.2 RRMS의 특징

현재 냉동컨테이너의 점검은 Digital Refrigeration Container 및 Digital+PLC Refrigeration Container의 Download Port를 이용하여 컨테이너의 상태 데이터를 받아 점검하고 있다. 각 컨테이너 제조사별 통

신 프로토콜이 각각 다르기 때문에 각 컨테이너별 통신 프로토콜을 분석하여 호환성 문제를 해결하여 80[%]~90[%]의 냉동컨테이너의 원격 감시를 가능하게 하였다. 또 RF 방식의 무선 장비를 사용하여 중앙 컴퓨터로 모든 냉동컨테이너의 상태를 확인할 수 있도록 하였다.

이 시스템으로 관리자가 직접 순찰하지 않아도 냉동컨테이너의 상태를 중앙에서 컴퓨터로 관리가 가능하므로 기존에 발생하던 관리자들의 안전 사고를 미연에 방지하여 관리자들의 안전을 도모할 수 있고, 전력선 모델보다 가격이 싸고 설치가 용이하기 때문에 쉽게 해운선사별로 자동화된 시스템을 구성하거나 공동으로 사용할 수 있다. 또한 각 컨테이너별 프로토콜을 분석하여 80[%]~90[%]의 컨테이너에서 호환이 가능하도록 하여 컨테이너 제조사별 프로그램 및 통신 기기들을 따로 분류하여 사용하지 않고 RRMS(Refer-container Remote Monitoring System, 선박 냉동 컨테이너 원격 모니터링 시스템) 하나로 통합할 수 있도록 하였다.

전체적으로 효율적인 인원 관리 및 선박에서의 사고로 인해 발생하는 직접 및 간접비용을 절약 할 수 있고, 전력선 통신을 사용하지 않는 기존의 컨테이너역시 원격 모니터링이 가능하도록 하여야 한다. 또한, 선박에서 제조사별 다른 장비들과 관리가 필요하던 것 때문에 생기는 많은 인적, 자원적 낭비 등을 줄일 수 있어야 한다.

2.3 RRMS의 구성

모든 냉동 컨테이너의 Download Port와 Data Reader 간의 통신 방식은 RS232C 방식을 사용하고 있다. 제조사별 Download Port의 구성이 다르고 Data Reader에서 데이터를 읽어 들일 때 각 회사에서 개발한

Protocol을 사용하기 때문에 호환성이 떨어져 제조사가 다른 컨테이너를 사용할 경우 각기 다른 단말기를 사용해야 하는 불편을 감수하고 있다.

그러므로, 하나의 통신장비에서 여러 컨테이너 제조사의 Port에 모두 접속이 가능하도록 하고, 각 사의 Data Reader의 역할을 할 수 있도록 프로토콜을 분석하여 모든 기기에서 사용할 수 있는 범용 프로토콜을 만들어 컨테이너 제조사에 관계없이 현재 사용 중인 대부분의 냉동컨테이너를 중앙에서 관리할 수 있는 원격 모니터링 시스템을 구성할 수 있도록 하였다.

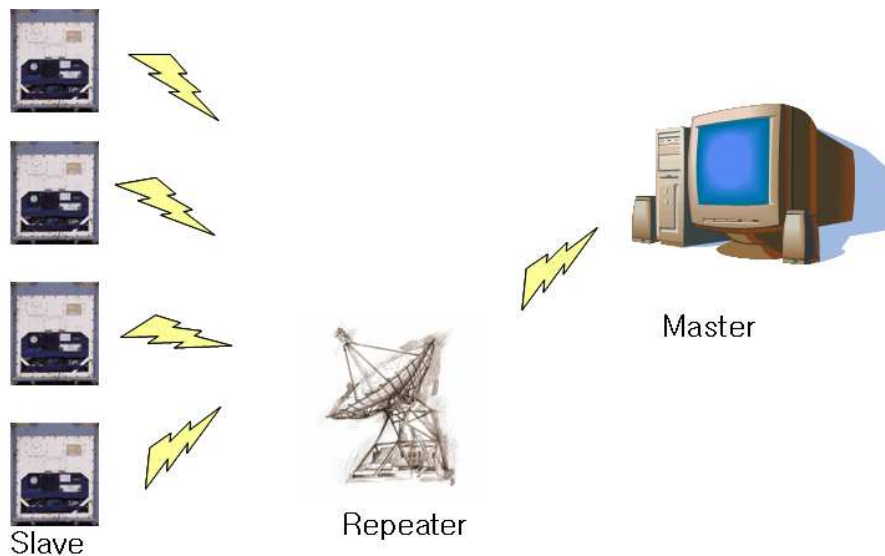
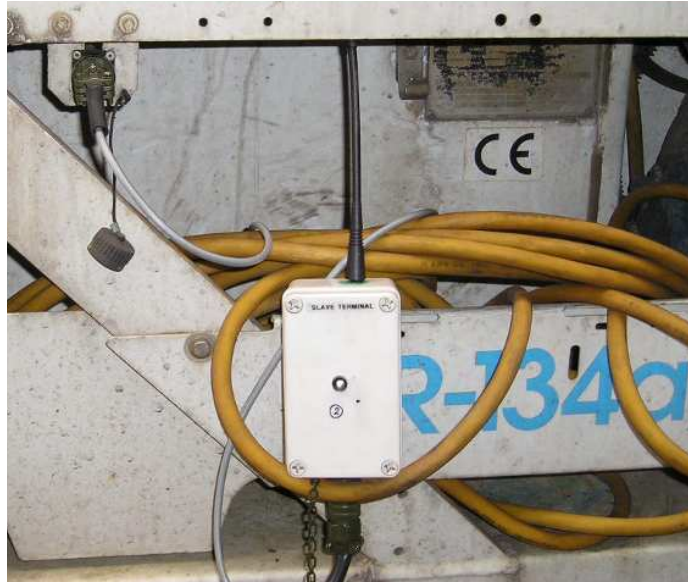
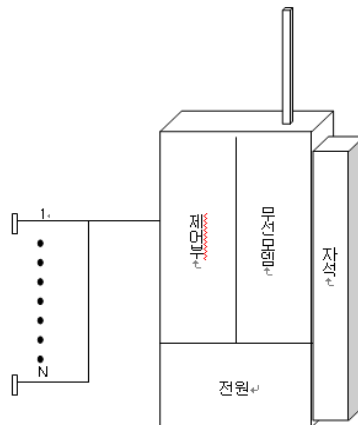


Fig 2.2 Constitution of RRMS

그림 2.2는 선박냉동컨테이너 원격 모니터링 시스템의 전체적인 구성도이다. 전체적으로 Slave Terminal, Repeater, Master Modem 및 중앙 관제 시스템 등으로 구성되어 있다.



(a) Slave Terminal in use



(b)

Fig 2.3 Slave Terminal

그림 2.3은 Slave Terminal의 모습이다. Slave Terminal은 무선모뎀부, 제어부, 전원부, 자석, Connector 등으로 구성된다.

자석을 이용하여 냉동컨테이너의 외벽에 부착하고 커넥터와 냉동컨테

이너의 Download Port를 연결하여 냉동컨테이너의 데이터를 다운받게 된다. 초기화 과정에서 냉동컨테이너의 기본 정보를 전달 받고, 지정된 시간 마다 온도 및 시간 정보, 동작 및 시간 정보, 알람 정보 등을 중앙으로 전송하는 역할을 한다.



Fig 2.4 Repeater Terminal in use

그림 2.4는 Repeater의 모습이다. Repeater는 무선모뎀부, 제어부, 전원부로 구성된다.

Repeater는 냉동컨테이너를 운반하거나 보관할 때 적층을 하게 되므로 아래쪽의 냉동컨테이너에 부착된 Slave Terminal에서 전송되는 신호가 다른 냉동컨테이너에 가려져 제대로 Master Modem으로 전송되지 못하게 되고, 반대로 Master에서 Slave로 요구하는 신호를 보내지도 못하게 된다. 그러한 것을 방지하기 위해 Master Modem과 통신을 잘 할 수 있는

위치에서 Slave와 Master 간의 중계를 해주는 역할이다. Slave에서 전송되는 초기화 요청 정보 및 각종 동작 정보, 알람 정보 등을 Master로 전송하고, 중앙에서 Slave로 보내는 명령 신호를 전송하는 역할을 하고 있다.

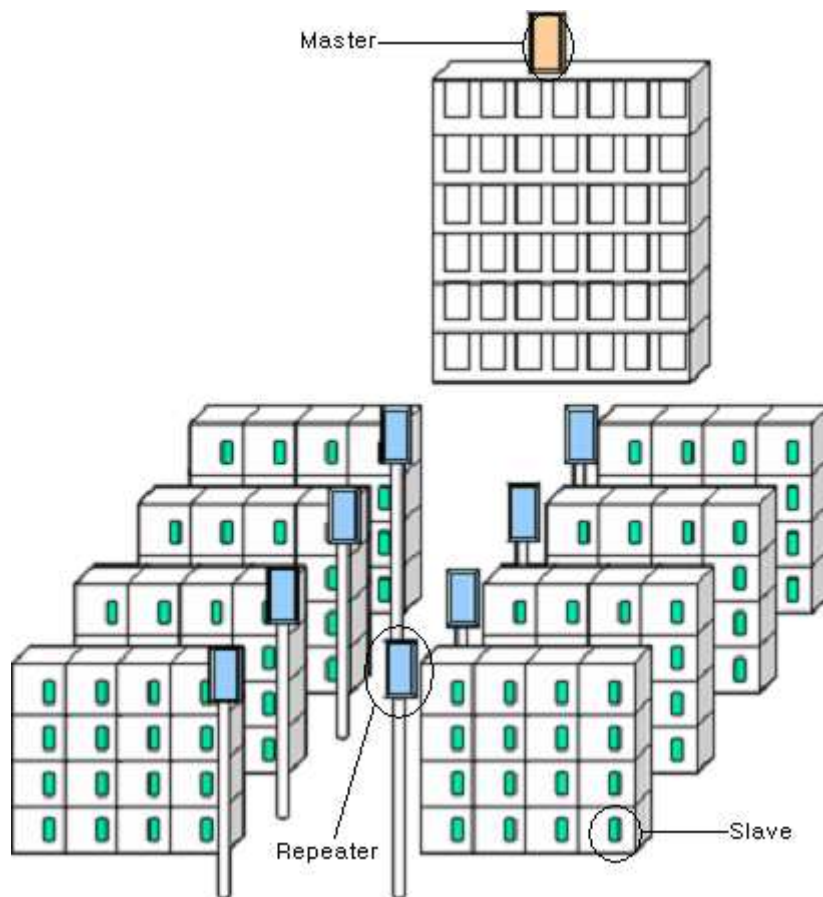


Fig 2.5 RRMS in Containership

그림 2.5는 실제 컨테이너선에 설치된 RRMS의 모습을 나타낸다. 냉동 컨테이너별 Slave Terminal이 설치되고 이들의 데이터를 가장 잘 수신

할 수 있으며, Master와 통신이 원활할 수 있는 위치에 중계기 (Repeater Terminal)가 설치된다. Slaver Terminal에서 보내는 냉동컨테이너의 데이터를 Repeater Terminal로 보내면 Repeater Terminal에서 보관하고 있다가 Master의 요청이 있을 때, 모아둔 데이터를 보내고 있다.

Master Modem과 중앙관제시스템은 무선모뎀부와 전원부, 관제용 컴퓨터로 구성 된다.

Slave Terminal로부터 수신된 초기화 정보를 받은 후 관리 대상 냉동컨테이너의 여부를 확인하고 관제 시스템에 등록을 하게 되고, 등록된 냉동컨테이너의 각종 정보를 받으며, 받지 못한 데이터, 필요한 데이터 등을 Slave 측으로 요청한다.

관제용 컴퓨터에서 냉동컨테이너 관리용 프로그램으로 컨테이너의 위치 정보와 실시간 상태 정보를 표시해 주고 알람 정보 발생을 관리자에게 위치 정보와 함께 보여주며, 이러한 상태 데이터들을 데이터 베이스화 하여 저장한다.

2.4 RRMS용 전원장치의 개발

선박의 갑판 위에는 큰 동력을 필요로 하는 크레인, 무어링 윈치 등을 가동하는 Electro-hydraulic system 등이 산재해 있으며, 이 시스템들에게 Power를 전달하는 동력원인 전동기들도 440[V] 전원을 많이 사용한다.

이와 같은 큰 동력을 전달하는 대형 기기들이 갑판 위에 있기 때문에 갑판상의 전원은 440[V]를 사용하고, 냉동컨테이너 역시 갑판 위에 실리

게 되므로 440[V]를 사용한다.

일반적인 경우에는 440[V]의 전압이 안정적으로 잘 공급되고 있었으나, 특정 컨테이너 보관소의 경우 부하가 많을 때에는 440[V]의 전압이 안정적으로 공급되었으나, 부하가 없는 경우 전압이 470[V] 까지 올라가 전원장치가 파괴되어 작동을 하지 않는 경우가 있었다. 또한, 실내에서는 100[V]~220[V]를 사용하고 있으므로, 선박 어디에서든 안정적으로 사용할 수 있고, 장소에 따라 전원장치를 바꾸지 않아도 되도록 100[V]~470[V]의 입력 전원의 범위에서 냉동컨테이너 원격 감시 시스템에서 사용되는 5[V]의 직류 전압을 안정적으로 출력할 수 있는 전원장치가 요구되었다. RRMS의 각 부 단말기의 크기가 작아 이에 맞도록 전원장치 역시 소형이 되어야 한다.

이러한 요구 조건에 맞으며 기존의 다른 소형 전원장치 보다 역률이 개선된 Buck형 소형 전원장치를 만들어 RRMS가 70[V]~470[V] 범위의 전압 하의 어떠한 조건에서도 동작할 수 있도록 하였다.

제 3 장 AC-DC Converter

3.1 전압 선택형 전원장치

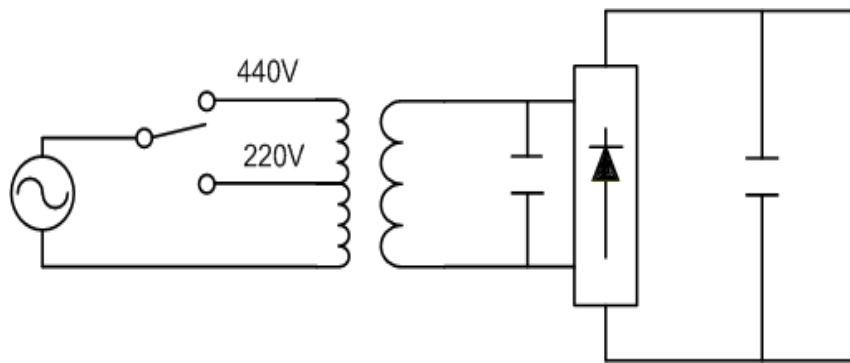


Fig 3.1 전압 선택형 전원장치

그림 3.1은 전압 선택형 전원장치의 간략도이다.

220[V], 440[V] 두 가지 중에서 원하는 입력 전압에 맞는 전원이 들어오면 Fuse와 Noise Filter, 정류기, 평활 커패시터, Regulator 7805 소자를 거쳐 안정된 직류전압을 얻는다.

220[V]와 440[V]용의 소켓 제작에 신경을 쓰도록 해야 하며, 이 방식은 자려식 능동형 SMPS가 아니고, 순수하게 수동 소자만을 이용한 전원장치 이므로 부하의 증가에 따라 출력 전압이 많이 떨어질 수 있기 때문에 용량을 초과하지 않도록 주의해야 한다.

제작시에는 스위치를 현장에 있는 구멍과 일치하도록 사전 조사를 해두고, Fuse는 높은 전압과 낮은 전압을 잘 고려하여 선택하고, 최대 허용전류에 맞춰 2개를 선택하며, 커패시터는 25[V]용 중에서 최대의 것을

사용하도록 한다.

또한, 부하를 저항으로 설치하여 적은 것과 큰 것을 교대로 장착하여 전류 리플 정도를 세심하게 관찰하고, 리플이 많으면 커패시터를 교환하며, 부하를 변경하면서 출력단의 전압강하를 면밀히 조사하고, 만약 떨어지면 변압기의 출력 2차 전압을 조금 낮추어 설계한다.

3.2 Flyback Converter

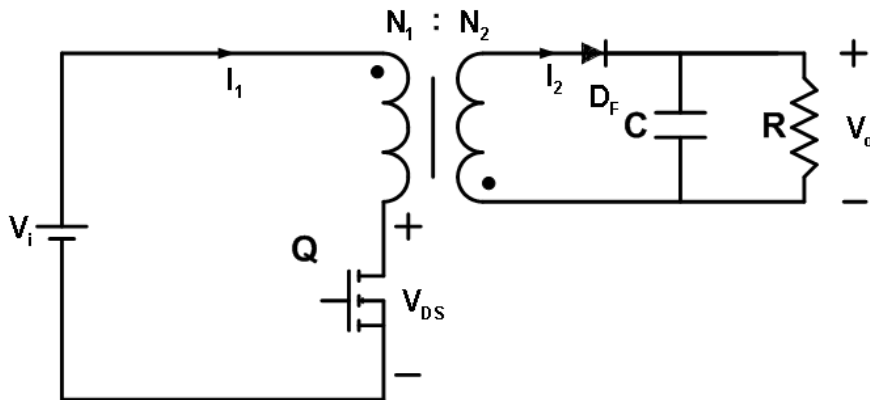
그림 3.2(a)는 기존에 사용되던 Flyback 컨버터의 모습이고, 3.2(b)는 Flyback 컨버터의 기본 회로도를 나타낸다.

이 컨버터의 동작을 살펴보면, 우선 스위치 Q가 도통하면 트랜스포머의 1차측 권선으로 전류가 흐르게 되고 이 권선에는 입력 전압이 유지된다. 한편 2차측 권선에는 흑점의 방향에 의해 1차측과 반대 극성의 전압이 유지되므로 다이오드 DF는 역바이어스되어 차단된다. 따라서 1차 권선의 자화 인덕턴스에만 에너지가 축적된다.

다음 Q가 차단되면 2차측 권선에는 전 상태와 반대 극성의 전압이 유지되어 DF를 도통시킴으로써 변압기의 자화 인덕턴스에 축적된 에너지를 출력측으로 방출시키게 된다. 이러한 동작 모드는 근본적으로 Buck 컨버터와 동일하며 단지 입출력간 절연을 위한 고주파 트랜스가 삽입되었다는 점만이 다를 뿐이다.



(a) Flyback Converter System with Transformer



(b) Basic Circuit of the Flyback Converter

Fig 3.2 Flyback Converter

입출력 전압 특성을 구하기 위해 변압기 1차측에 Volt-sec 평형 조건을 적용시키면

$$V_i D T_s = \frac{N_1}{N_2} V_0 (1 - D) T_s \quad (3.1)$$

이 되고, 이 식으로부터 출력 전압은

$$V_0 = \frac{N_2}{N_1} \frac{D}{1 - D} V_i \quad (3.2)$$

로 구해진다.

이 컨버터의 변압기는 절연과 출력 전압 크기 조절의 역할 뿐 아니라 자화 인덕턴스에 의한 필터의 역할도 겸하고 있다. 실제 응용에 많이 사용되는 컨버터 회로이다.[1] 50[W] 이하의 낮은 출력에 적용하기에 적합하며, 회로가 간단하고 경제적인 반면, 출력 커패시터의 리플 전류가 크다. 또, 스위칭 소자가 470[V]의 입력에서 들어가는 역바이어스 전압을 견디지 못해 고압에서는 사용하지 못하고 있다.

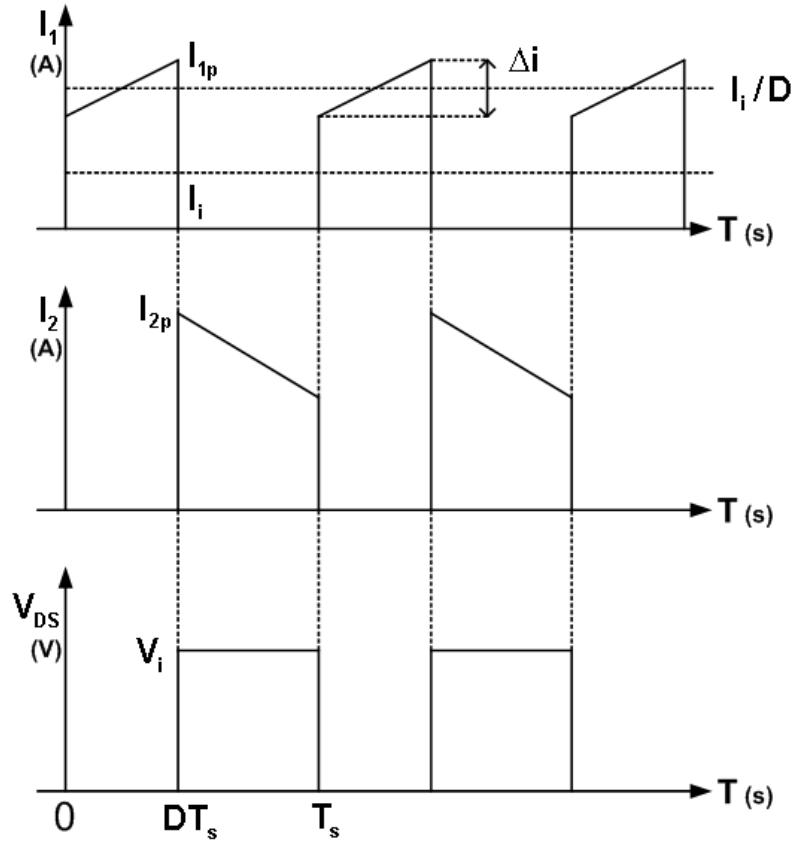


Fig. 3.3 Waveform of the Flyback Converter

3.3 Buck Converter

그림 3.4(a)는 기존에 사용되던 Buck 컨버터의 모습이다. Buck 컨버터의 스위칭 펄스를 만들어내는 소자의 입력전압 범위가 10[V]~40[V]의 범위를 가지기 때문에 입력전압이 110[V]~470[V]의 범위를 가지는 경우 변압기로 10[V]~40[V]의 입력전압으로 만들기가 힘들어 전압의 최소 지점과 최대 지점에서 출력이 제대로 나오지 못하고 있다.

3.4(b)는 Buck 컨버터의 기본 회로도를 나타낸다.



(a) Buck Converter System with Transformer

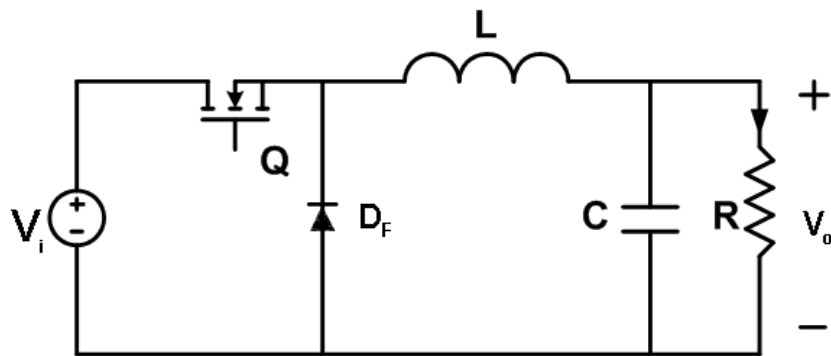


Fig 3.4 Basic Circuit of the Buck Converter

이 그림으로부터 Buck 컨버터의 구성 요소는 IGBT를 이용한 주 스위치 Q, 환류 다이오드 DF, 출력 필터 L 및 C가 됨을 알 수 있다. 동작 원리로서는 우선 주 스위치 Q가 ON 되면 입력으로부터 전류가 L을 통하여 출력으로 흐르고 동시에 L에는 에너지가 축적되게 된다. 다음 Q가 OFF 되면 L에 축적된 에너지가 환류 다이오드 DF를 통하여 출력측으로 방출되게 된다. 스위칭 주기 T_s 를 한 주기로 하여 이 동작이 반복되면서 입력 전력을 원하는 출력 전력으로 변환하게 된다.[2][3]

그림 3.5는 각 부의 동작 파형을 나타내며 위로부터 스위치 구동 파형, 인덕터 전류 파형, 출력 전압 파형을 나타내고 있다.

그림 3.4의 Buck 컨버터에서 주 스위치 Q가 ON 일 때 L에 걸리는 전압은 아래와 같다

$$V_L = L \frac{di_L}{dt} = V_i - V_0 \quad (3.3)$$

스위칭 주파수가 충분히 높다고 가정할 때, 위 식은

$$L \frac{di_L}{dt} = V_i - V_0 \simeq L \frac{\Delta i}{DT_s} \quad (3.4)$$

로 가정할 수 있다. 따라서 인덕터 전류 i_L 의 리플 Δi 는

$$\Delta i = \frac{V_i - V_0}{L} DT_s \quad (3.5)$$

가 된다.

같은 방식으로 Q가 OFF 일 때 Δi 를 구하면

$$\Delta i = \frac{V_0}{L} D' T_s \quad (3.6)$$

가 된다. 여기서, $D'=1-D$ 를 나타낸다.

또한 식 (3.5)과 (3.6)가 동일하다는 관계(Volt-second balance)로부터 Δi 를 소거하면

$$(V_i - V_0)D = V_0 D' \quad (3.7)$$

가 된다.

이 식으로부터 Buck 컨버터의 정상상태에서의 직류 출력 전압 V_0 를 구하면

$$V_0 = D V_i \quad (3.8)$$

가 된다.

따라서 Buck 컨버터의 출력 전압은 항상 입력 전압보다 낮은 범위에서 나타남을 알 수 있으며 이러한 이유로부터 Buck 컨버터를 강압형 컨버터라고도 한다.

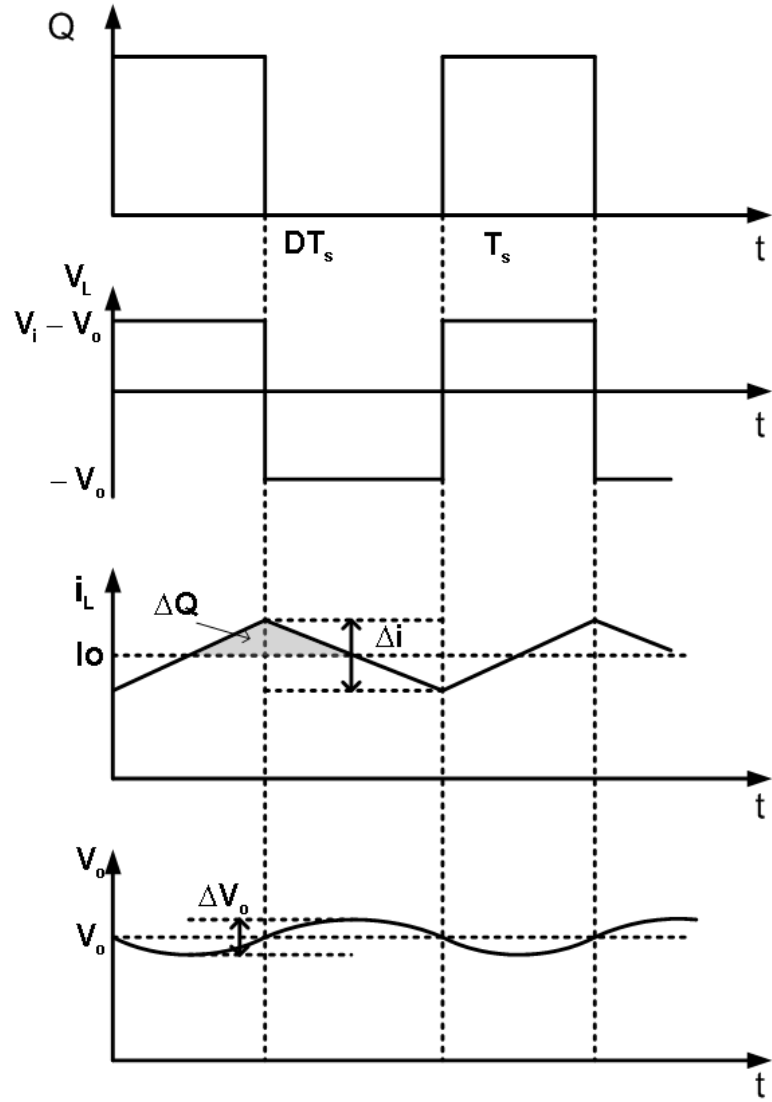


Fig 3.5 Waveform of Buck Converter

그림 3.5의 i_L 의 파형에서 ΔQ 는 출력 커패시터에 C에 충전되는 전하량을 표시하고

$$\Delta Q = \frac{\Delta i}{8} T_s \quad (3.9)$$

가 된다.

출력 전압 및 전하량과의 관계와 식 (3.6)으로부터 출력 전압의 리플 ΔV_0 를 구하면

$$\Delta V_0 = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{\Delta i}{8C} T_s = \frac{V_0 D'}{8LC} T_s^2 \quad (3.10)$$

가 된다.

인덕터 전류 i_L 이 연속과 불연속 경계에서 파형을 나타내면 그림 3.6과 같이 된다.

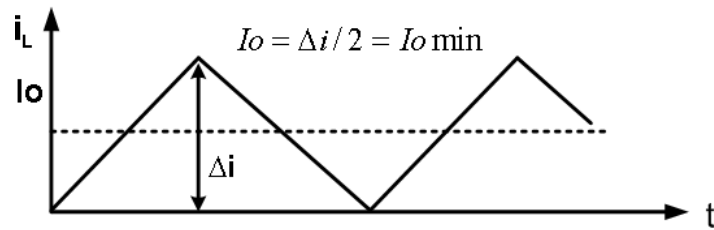


Fig 3.6 Inductor Current Waveform

따라서 식 (3.6)과 이 그림의 파형으로부터 인덕턴스의 값은 다음과 같이 구할 수 있다.[4]

$$L = \frac{V_0 T_s}{2I_0} D' \quad (3.11)$$

3.4 Buck Converter의 설계식 도출

인덕턴스 L의 경우 식 (3.11)로부터 설계식을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$L = \frac{V_0 D' T_s}{2I_{0\min}} \quad (3.12)$$

커패시턴스 C는 식 (3.10)으로부터 설계식을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C = \frac{V_0 D' T_s^2}{8L\Delta v_0} \quad (3.13)$$

그러나 Buck 컨버터의 출력 전압의 리플은 거의 커패시터의 기생 성분인 ESR에 의해 결정되고 또 이 ESR에 의해 커패시터 자체의 허용 전류가 제한되므로 커패시턴스의 설계에는 신뢰성의 관점에서 식(3.12)로 주어지는 설계식 보다는 커패시터에 흐르는 전류 I_{crms} 와 ESR을 고려해야 한다. 즉,

$$\left. \begin{aligned} I_{crms} &= \frac{\Delta i}{2\sqrt{3}} \\ ESR &= \frac{\Delta v_{or\,ms}}{I_{crms}} \end{aligned} \right\} \quad (3.14)$$

의 설계식을 고려하는 것이 현실적이 된다.

주스위치 Q가 OFF될 때 주스위치에 걸리는 전압 스트레스와 주스위치가 ON될 때 주스위치에 흐르는 전류의 크기는 다음 식으로 주어진다.

$$\left. \begin{array}{l} V_{DS} = V_i \\ I_D = \frac{I_i}{D} + \frac{\Delta i}{2} \end{array} \right\} \quad (3.15)$$

여기서, I_i 는 입력 전류의 평균치를 나타낸다.

환류 다이오드 D_F 의 전압, 전류 정격 역시 주스위치에서와 동일한 방법으로 다음과 같이 구할 수 있다.[5]

$$\left. \begin{array}{l} V_D = V_i \\ I_F = \frac{I_i}{D} + \frac{\Delta i}{2} \end{array} \right\} \quad (3.16)$$

제 4 장 실험 및 고찰

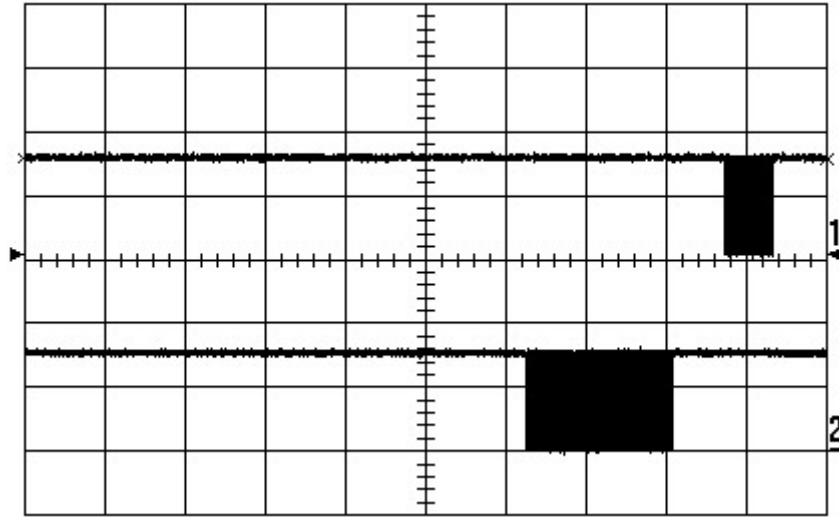
4.1 RRMS의 구성

그림 4.1은 RRMS의 실험장치이다. [6]-[10]

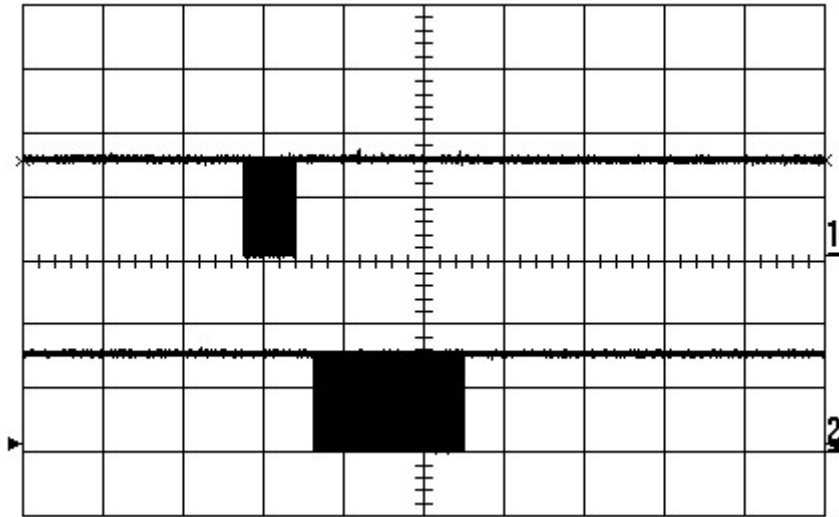


Fig 4.1 RRMS Test System

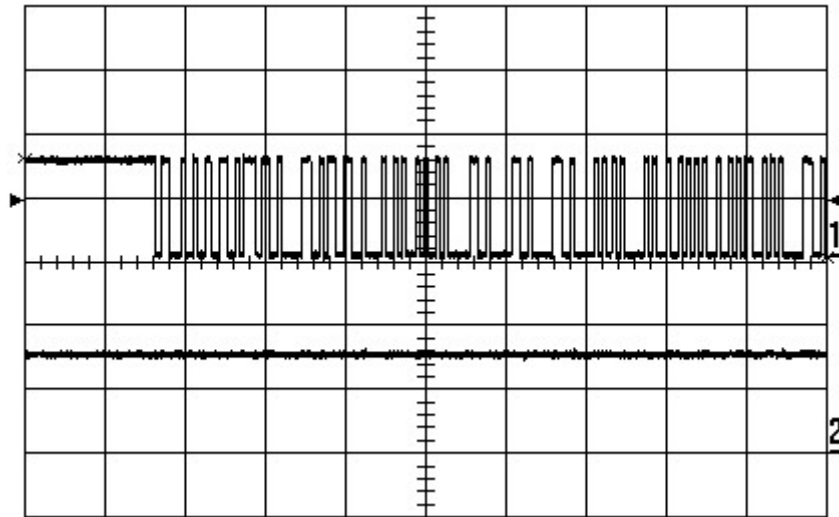
그림 4.1의 1은 RRMS의 Slave에 데이터를 보내기 위해 제작된 냉동컨테이너의 데이터 표시부의 시뮬레이터이다. 2는 RRMS의 Slave로 냉동컨테이너에서 데이터를 받는 시뮬레이션을 위해 냉동컨테이너 시뮬레이터에 연결해놓았다. 3은 Repeater이고, 4는 Master부의 수신기이다. 5는 Master에서 수신된 데이터를 보여준다.



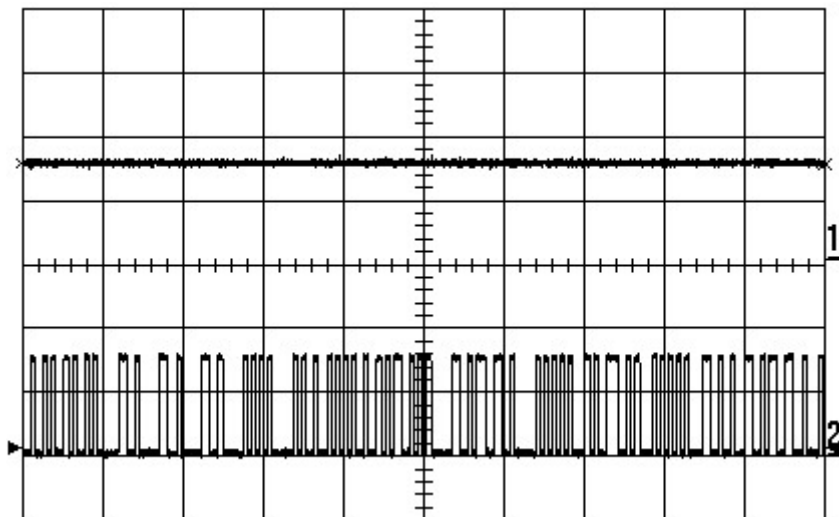
(a) Event Interrupt



(b) Normal Data Signal



(c) Magnified Signal of channel 1



(d) Magnified Signal of channel 2

Fig 4.2 Repeater's Data Signal

그림 4.2는 Master와 Slave의 데이터를 받아 처리하는 Repeater의 데이터 통신 과정을 보여준다. 4.2(a)의 channel 2는 냉동컨테이너에 이상이 발생하였을 때 나오는 신호를 Slave에서 Repeater로 보낸 것을 바로 Master로 보내는 신호를 잡은 것이고, 이 때 들어온 신호에 대한 Master에서 Repeater로 넘어온 응답을 channel 1로 확인하였다.

4.2(b)의 channel 1은 평상시 Master에서 Repeater로 냉동컨테이너의 상태를 보내 달라고 요청을 하는 신호이고, channel 2는 이에 대해 Repeater가 Slave로부터 받아두었던 냉동컨테이너의 데이터를 Master로 보내는 데이터 과정을 나타낸다. 4.2(c)와 4.2(d)는 4.2(a)의 데이터 신호를 확대한 것이다.

4.2 실험장치의 구성

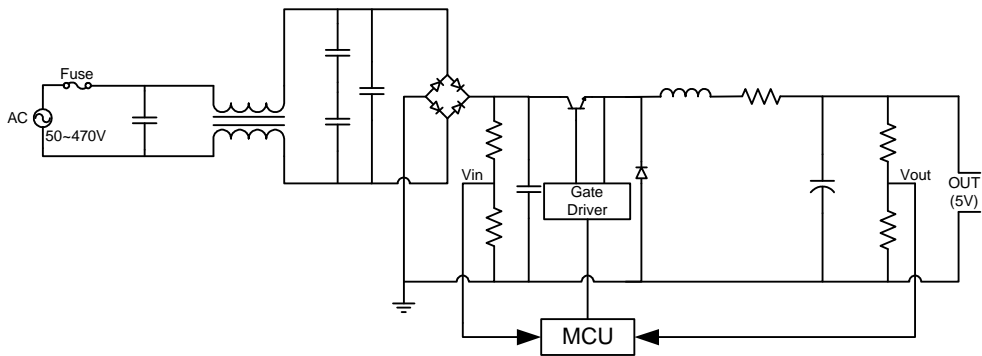


Fig 4.3 Circuit of Test

그림 4.3은 RMSS용으로 제안된 마이크로프로세서를 사용한 Buck형 전원장치이다.

입력측에 70~470V 범위의 전압이 인가되면 정류기를 통해 반파로 평활된다. 평활된 전압을 Microprocessor Controller Unit(MCU)의 AD 컨버터부로 입력받아 입력전압을 측정하고, 측정된 입력전압에 따라 MCU 내의 마이크로프로세서에서 IGBT의 게이트에 입력할 펄스의 듀티비와 주파수를 조절하여 출력단에서 5V의 일정한 출력전압을 만들어 내게 된다. [11]-[18]

그림 4.4는 위의 회로도를 바탕으로 제작된 RMSS용 전원장치이다. 크게 Buck 컨버터부와 입력전압과 출력전압에 따라 게이트 펄스를 조절하는 MCU로 나눌 수 있다.

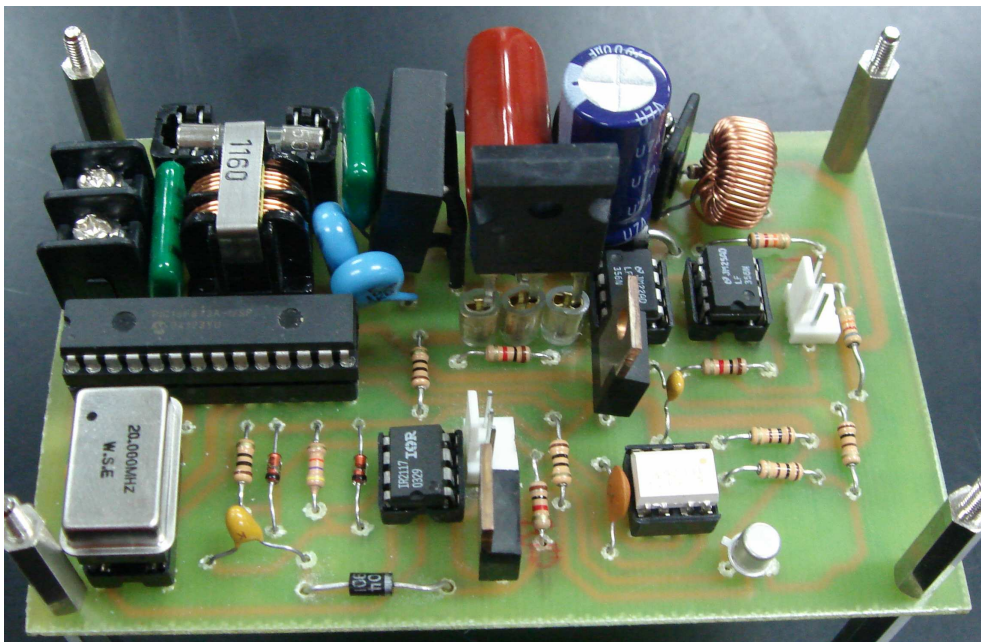


Fig 4.4 Power Supply of RRMS

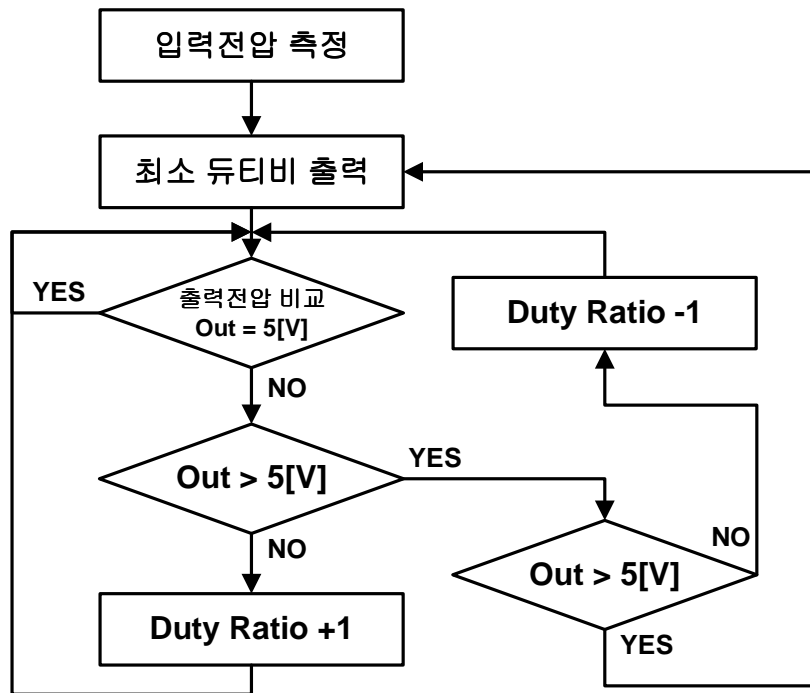


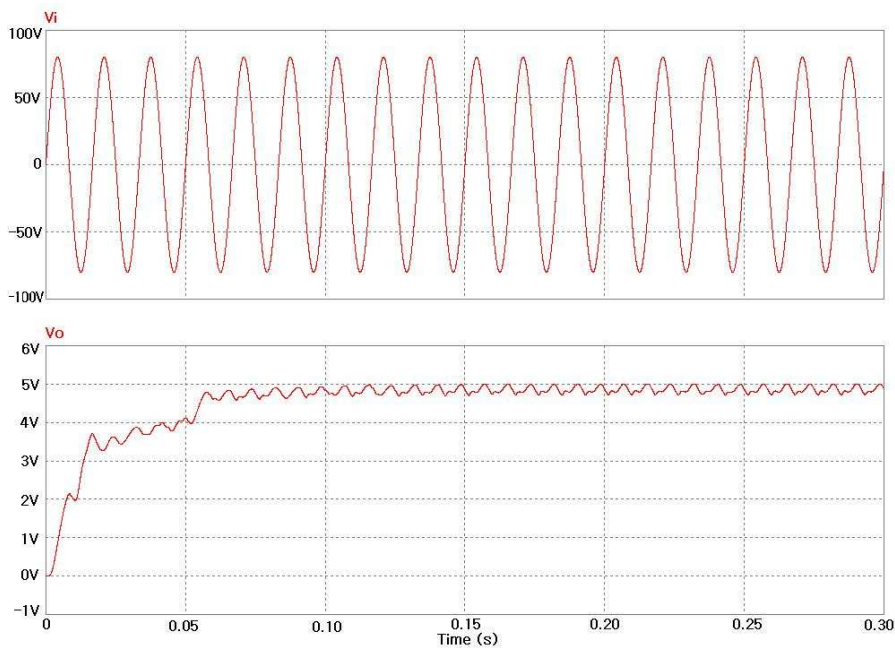
Fig 4.5 Flowchart of Control Program

그림 4.5는 마이크로프로세서의 제어 프로그램의 순서도이다. 마이크로프로세서의 AD 컨버터부로 입력전압을 측정한 뒤, 입력 전압에 따라 그에 맞는 최소의 듀티비로 게이트 펄스를 출력한다. 그 후, 출력단의 전압을 AD 컨버터로 계속 측정하여 출력전압이 5[V]가 안될 경우 5[V]가 될 때까지 듀티비를 1[%]씩 늘려나간다. 5[V]가 넘을 경우 다시 5.3[V]가 넘는지 확인한 후 5.3[V]가 되지 않을 경우 듀티비를 1[%]씩 줄여나가고, 5.3[V]를 넘는 경우 최소 듀티비로 줄여 5[V]가 되도록 다시 듀티비를 늘려나간다.

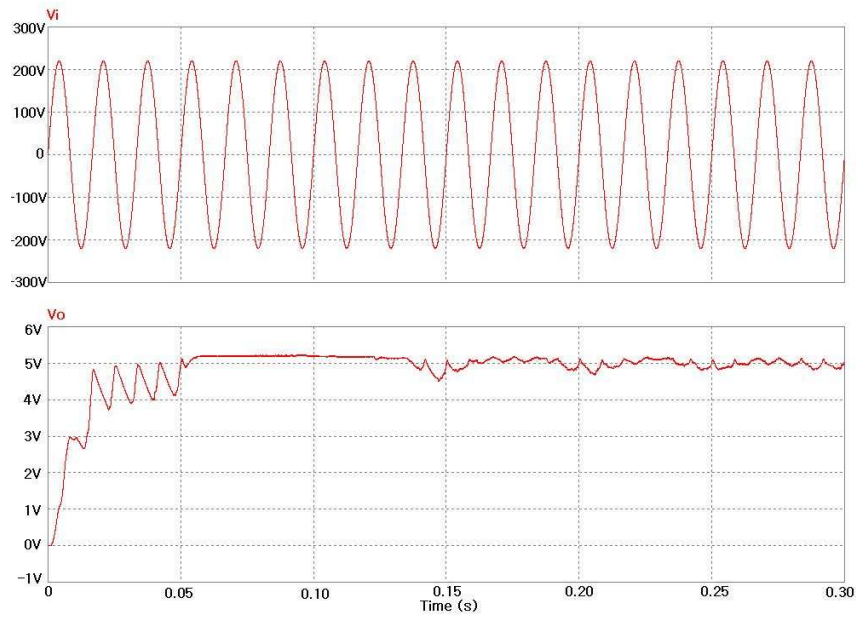
4.3 시뮬레이션

그림 4.6은 그림 4.1의 회로도를 바탕으로 PSIM에서 시뮬레이션 한 결과이다. 4.6(a)는 입력 전압이 80[V] 일 때 5[V]의 출력전압을 보여주는 것이고, 4.6(b)는 입력 전압이 220[V] 일 때, 4.6(c)는 470[V] 일 때의 출력을 보여주는 것이다.

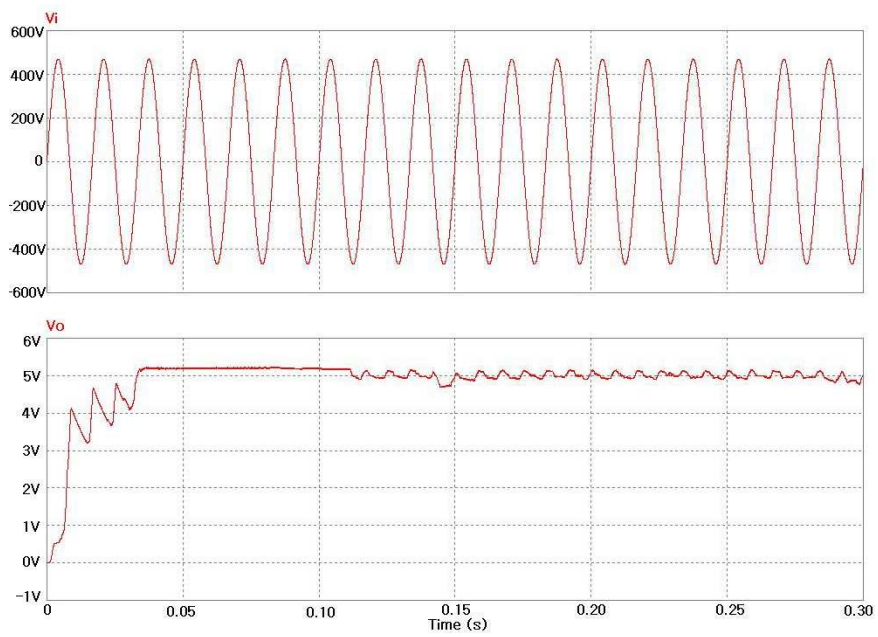
이러한 결과로 다양한 범위에서 목표로 잡은 일정한 출력을 잘 낼 수 있다는 것을 알 수 있다.



(a) 80[V] \rightarrow 5[V]



(b) 220[V] \rightarrow 5[V]



(c) 470[V] \rightarrow 5[V]

Fig 4.6 PSIM Output

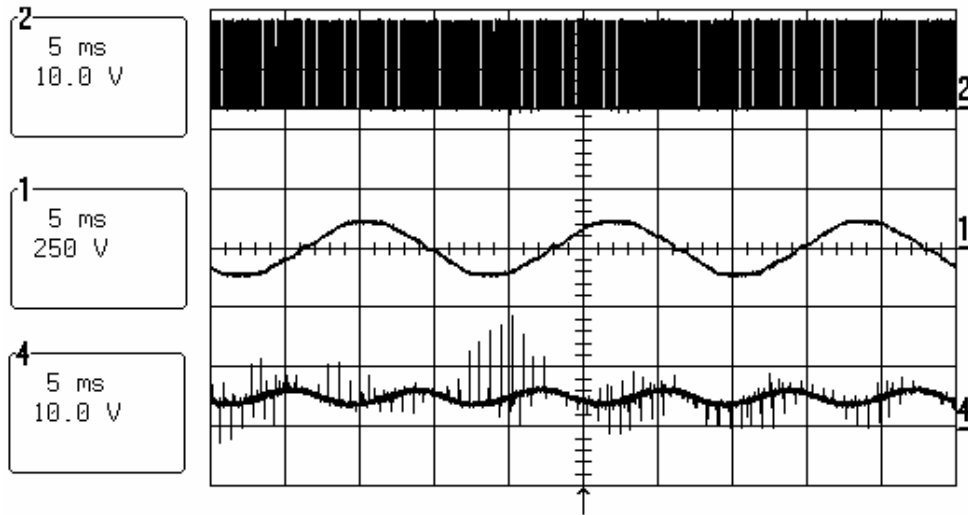
4.4 실험 및 고찰

앞의 시뮬레이션에서 다양한 입력전압에서 일정한 DC 출력을 얻을 수 있음을 확인하였다. 따라서 그림 4.5와 같이 실제 제작하여 실험하였다.

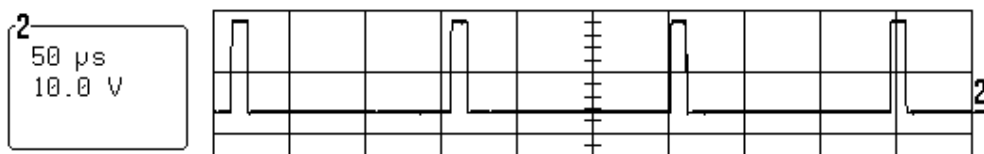
실험에서 컨버터의 부하로 실제 RRMS의 Repeater를 부하로 사용하여 실험하였고, 계측장비로 LeCroy 사의 LT344 오실로스코프 및 Tektronix 사의 A6302 전류프로브와 TM502A 전류프로브 증폭기, P5200 차동프로브 등을 사용하였다.

그림 4.5는 70[V]~470[V]의 입력전압 범위 내에서 입력을 변화해가며 나오는 출력을 확인한 것이다.

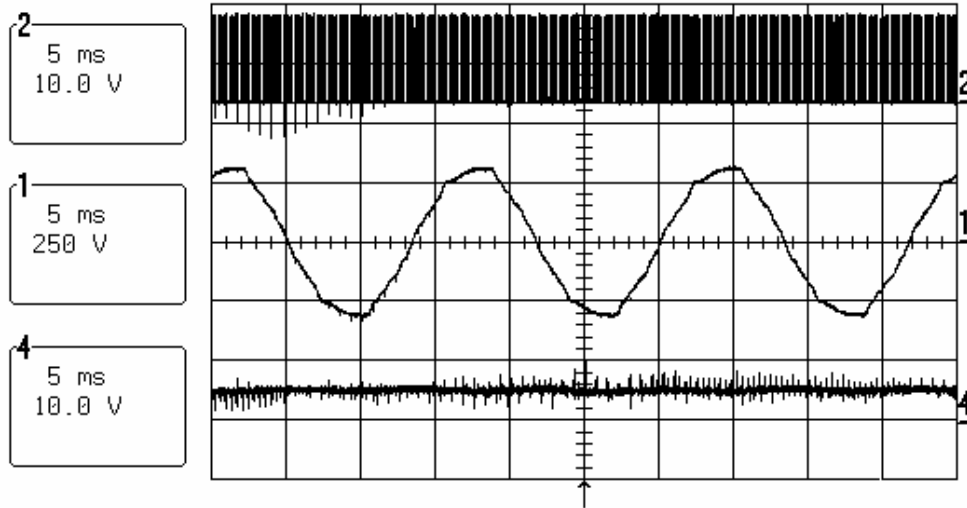
그림 4.5(a)는 입력 전압이 70[V] 일 때의 출력을 보여준다. 4.5(b)는 2번의 게이트 펄스 파형을 확대한 것을 나타낸다. 출력이 조금 불안한 것을 확인할 수 있는데, 이는 출력단의 L 용량을 바꾸어 안정적으로 개선할 수 있었다. 그러나 이렇게 L의 용량을 바꾸게 되면 입력전압의 범위가 바뀌기 때문에, 전체적인 입력 전압의 범위에서 가장 안정적인 모습을 보여준 L에서 전체적인 출력을 나타내었다.



(a) 70[V] → 5[V]



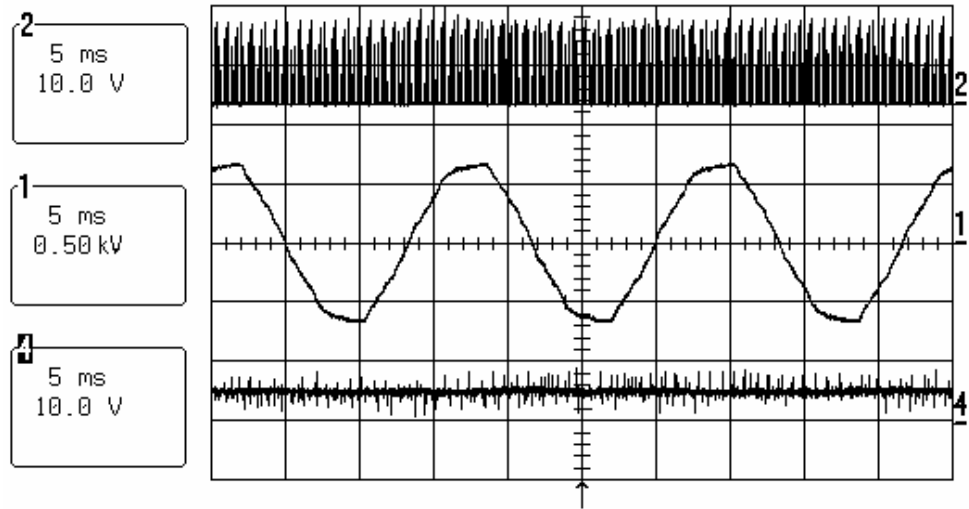
(b) 6.9 [kHz] 7.7 [%] duty



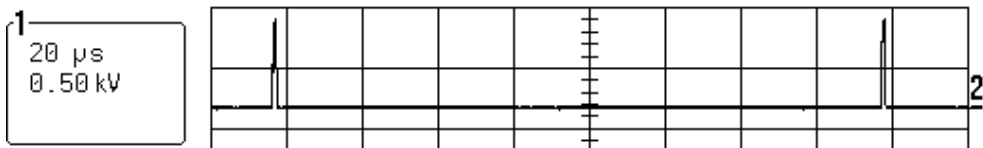
(c) 220[V] → 5[V]



(d) 1.7 % duty



(e) 472[V] → 5[V]



(f) 0.9 % duty

Fig 4.7 Output Waveform of Buck Converter

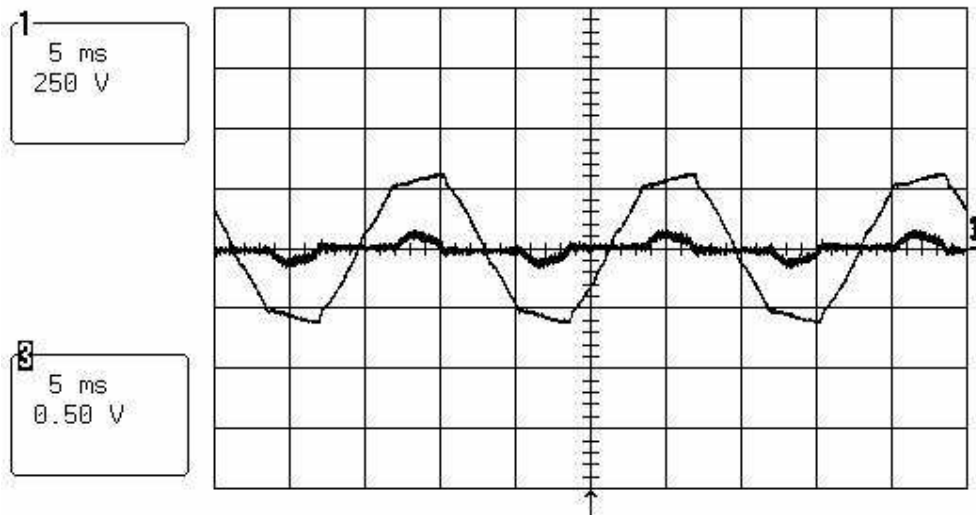
마찬가지로 그림 4.7(c)는 입력전압이 220[V] 일 때의 출력 파형을 보여주고, 그림 4.7(e)는 입력 범위에서 최대치인 470[V]에서의 출력 파형을 보여준다.

L의 영향으로 70[V]의 입력 전압에서 약간 불안한 모습을 보이긴 하지만 80[V] ~ 470[V]의 범위에서는 출력이 안정적으로 나오는 것을 확인할 수 있었다.

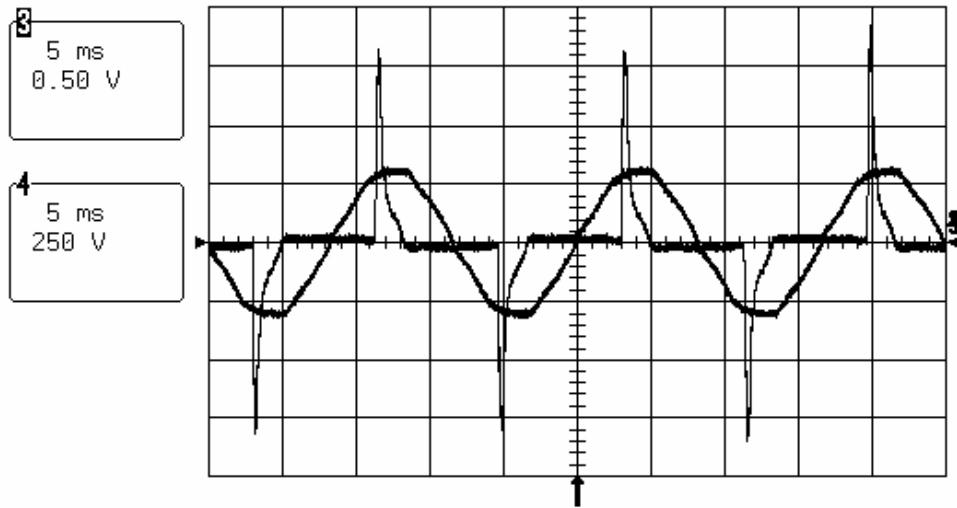
그림 4.8은 기존에 사용되던 Flyback 컨버터와 제안된 Buck 컨버터를 동일한 조건에서 비교 테스트한 결과를 나타낸다. 그림 4.8(a)는 제안된

Buck 컨버터에 입력되는 전압과 전류의 파형을 보여준다. 입력 전압이 220[V] 일 때, 전류는 30[mA]가 흐르고, 출력이 4.6[W] 정도로 70[%]의 효율을 보여준다. 그림 4.8(b)는 기존에 사용되던 소형 Flyback 컨버터로 동일한 입력 전압에서 전류가 30[mA]가 흐르고, 출력이 4.4[W] 정도로 67[%]의 효율로 제안된 Buck 컨버터 보다 효율이 떨어짐을 실험을 통해 알 수 있었으며 역률도 저조한 것으로 나타났다. 그림 4.8(c)와 (d) 역시 입력전압이 440[V]일 때 출력 4.6[W]의 동일한 조건에서 서로 비교한 실험파형이다. 그림 4.8(c)는 제안된 Buck 컨버터에 입력되는 전압과 전류의 파형으로 전류가 58[mA]가 흐르고 이때의 역률은 0.53로 34[%]의 효율을 보였고, 그림 4.8(d)의 기존 Flyback 컨버터는 전류가 76[mA]이고 역률은 0.47로 29[%]의 효율을 보였다.

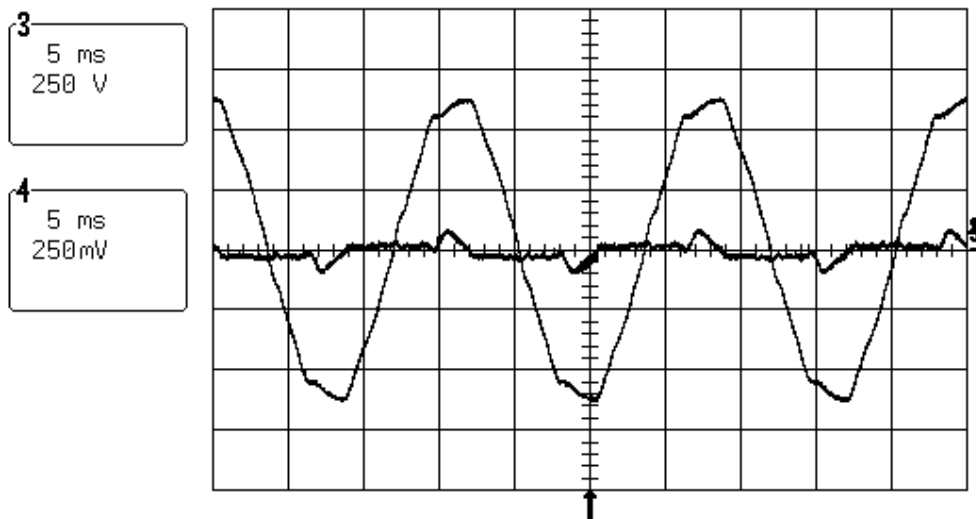
이러한 실험 결과로 제안된 Buck 컨버터가 기존의 Flyback 컨버터 보다 효율 및 역률에서 뛰어난 것을 알 수 있었다.



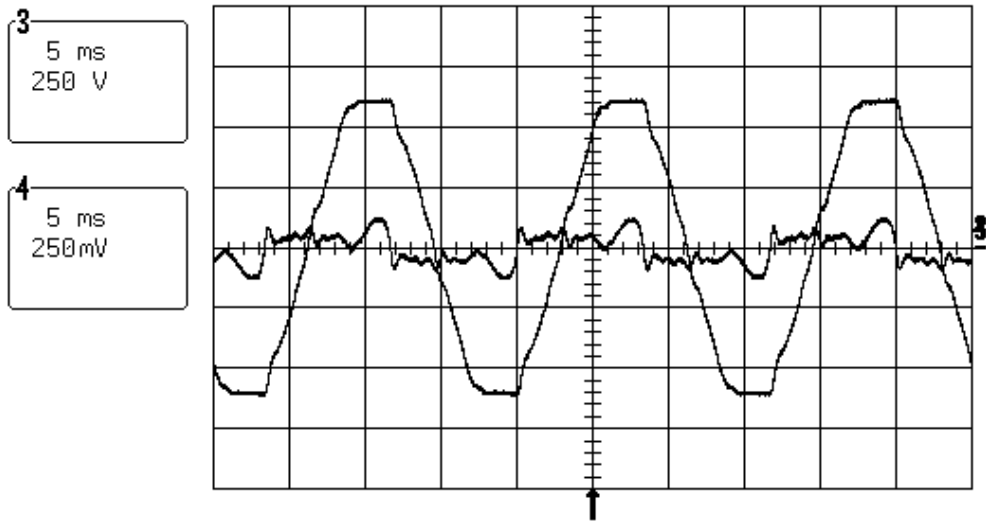
(a) Buck Converter : 220[V] / 30[mA]



(b) Flyback Converter : 220[V] / 40[mA]



(c) Buck Converter : 440[V] / 58[mA]



(d) Flyback Converter : 440[V] / 76[mA]

Fig 4.8 Input of Buck & Flyback Converter

제 5 장 결 론

본 논문에서는 선박냉동컨테이너의 효율적인 관리를 위한 RRMS의 전원으로 사용하기 위하여 마이크로프로세서를 이용한 Buck 컨버터를 제안하였다. Buck 컨버터의 출력전압은 입력전압이 최소 70[V]에서 최대 470[V] 까지 가변 되더라도 5[V]의 일정한 출력 전압을 얻을 수 있어 선박뿐만 아니라 전원의 상태가 나쁜 다른 장소에서도 RRMS를 사용하면서 기존의 전원장치를 사용하며 전원장치의 고장으로 RRMS를 제대로 사용할 수 없었던 문제점이 보완되어, 다른 고장을 일으키지 않고 안정된 동작을 보여주었다.

또한, 하나의 컨테이너선에는 수백개의 컨테이너가 장착이 되어 항해를 하게 되므로 deck 위에는 매우 공간이 좁아서 Slave terminal에 장착될 전원장치 역시 매우 소형으로 제작되어야 하는 데 본 논문에서는 그 조건을 충분히 만족할 수 있는 소형의 전원장치를 제작하여 장착시킨 결과 매우 양호한 송·수신 특성을 나타내었다.

실험을 하면서 제안한 Buck 컨버터의 입력전압의 범위와 출력전압이 출력단의 L에 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. L의 용량과 게이트 스위칭 주파수에 따라서 입력 전압의 범위뿐만 아니라 전체 회로의 안정성, 전류의 크기 등 회로 전반적인 부분까지 좌우한다는 것을 알 수 있었으며, 게이트 스위칭 펄스가 입력과 출력에 잡음으로 회로를 타고 흘러 들어간다는 것을 알 수 있었다.

앞으로 L과 게이트 스위칭 주파수의 값이 컨버터 전체에 어떠한 영향을 끼치는지에 대한 연구를 보완한다면 현재 보다 더 넓은 범위까지 사용할 수 있고, 좀 더 효율을 향상시킬 수 있을 것으로 생각되므로, L과

게이트 스위칭 주파수의 상관관계에 대한 연구가 더 필요하다고 생각된다. 게이트 스위칭 주파수가 회로 전체에 잡음으로 영향을 미치지 않도록 스위칭 잡음을 차폐하는 것 역시 함께 연구되어야 한다.

또, 컨테이너선의 경우 출항을 하게 되면 며칠에서 몇 개월씩 항해를 하게 되므로 장시간 운전에 따른 제안한 Buck 컨버터의 안정성 등의 성능 변화를 확인하여 보다 안정적인 전원장치가 되도록 보완하여야 할 것이다.

[참고문헌]

- [1] 김희준, 스위칭 전원의 기본 설계, 성안당, 2002, p.71 ~ 72
- [2] 김희준, 스위치 모드 파워 서플라이, 성안당, 1993, p.34
- [3] 김희준, 스위칭 전원의 기본 설계, 성안당, 2002, p.71 ~ 79
- [4] 전수균, “벽컨버터 전원용 일정 전압 출력 변압기에 관한 연구”, 2004 p.3 ~ 7
- [5] 김희준, 스위칭 전원의 기본 설계, 성안당, 2002, p.23~24
- [6] 오정원, CCS-C 실전가이드, 컴파일 테크놀로지(주), 2003, p.174 ~ 565
- [7] 강경진, 박정식, 노지준, PIC 마이컴과 그 응용, 양서각, 2006, p.101 ~ 581
- [8] 차영배, C언어로 배우는 AVR마이컴, 다다미디어, 2005, p.43 ~ 324
- [9] 김철오, 임규만, 박생하, 예제로 배우는 AVR, 성안당, 2003, p.87 ~ 759
- [10] 정재륜, 정진호, PIC 마이컴 고급제어, 연학사, 2006, p.150 ~ 657
- [11] 노의철, 정규범, 최남섭, 전력전자공학, 문운당, 1997, p.325 ~ 360
- [12] 백수현, 김희준, 김영석, 홍순찬, 전력전자공학, 교보문고, p.401 ~ 404
- [13] 김희준, SMPS 기본설계, PWM 제어회로 모듈, Technical Series, EP&C, 2000, p.132 ~ 137
- [14] 이성룡, 전철환, 권순신, “ZVT스위칭 기법을 적용한 PFC-인버터”, 전력전자 학회 논문지 Vol.5 No.6, 2002년 12월, p.560 ~ 561

- [15] 김학원, 문건우, 조관열, 윤명중, “90-260Vrms 입력범위를 갖는 단일 전력단 고역률 컨버터”, 전력전자 학회 논문지 Vol.7 NO.1 p.18 ~ 20, 2002년 2월
- [16] R.W Erickson, Fundamentals of Power Electronics 2nd edition, Kluwer Academic Publishers, 2001, p.610 ~ 613
- [17] John G. Kassakian, Principles of Power Electronics, Addison-Wesley Publishing Co., 1991, p.45 ~ 52
- [18] 황영태, “마이크로프로세서를 이용한 선박 비상조명시스템의 성능 개선에 관한 연구”, 2005, p.10 ~ 13