論 文
53B-8-5

UPS를 내장한 컴퓨터용 SMPS

The SMPS with a Bulit-in UPS for Computer

李 星 龍* · 全 七 煥* · 李 洙 原** · 高 晟 勳*** · 權 赫 大§
(Seong-Ryong Lee · Chil-Hwan Jeon · Su-Won Lee · Seong-Hoon Ko · Hyuk-Dae Kwon)

Abstract - UPS(Uninterruptible Power Supply) have been used to improve power source quality as well as to protect critical loads such as computer, industrial system, medical equipment, etc, by providing clean and uninterrupted power under power supply disturbance or interruptions. But UPS is bulky because batteries. So, a UPS size issue has received the attention in the power electronics industry. This paper proposed an implementation of the computer power supply with a bulit-in UPS controlled by the one-chip microprocessor to minimize UPS size. The experimental results verified the proposed SMPS with a bulit-in UPS for computer.

Key Words : SMPS, 고주파수 스위칭, 배터리 방전 특성, 개인용 컴퓨터 백업 시간, UPS

1. 서 론

최근 정보통신기기의 폭발적 증가와 컴퓨터 보급의 확산에 따라 전원에 민감한 부하들이 폭넓게 사용되고 있으며, 이로 인해 전원의 신뢰성이 더욱 중요시되고 있다. 전원의 이상현상이 짧은 시간동안 발생하는 경우에도 그 피해는 매우 심각할 수 있기 때문에 전원 이상현상에 대비한 무정전 전원장치(UPS : Uninterruptible Power Supply)의 수요가 크게 증가하고 있으며 필요성 또한 높아가고 있다. UPS 시스템은 상용 전원의 장애 또는 고장으로 부하에 전력을 공급할 수 없는 상황에서 즉시 부하에 전력을 공급할 수 있어야 하며, 크게 온-라인과 오프-라인으로 구분할 수 있다. 오프-라인 UPS는 전원 장애시 전력을 투입하는 방식으로 절체시간이 길기 때문에 정보 백업용으로는 적합하지 않아 컴퓨터나 고급정보를 취급하는 기기들은 항시 동작하는 온-라인 UPS 방식을 사용한다. UPS는 기본적으로 전력공급용 배터리를 내장하고 있는데 배터리는 부피가 크고 가격이 비싸다는 단점을 가지고 있다[1]. 이러한 문제점으로 인해 컴퓨터의 대중화로 인한 UPS의 수요는 증가하고 있지만 일반 개인 사용자가 사용하기에는 어려운 실정이다. 또한, 컴퓨터도 다른 전자제품처럼 소형경량화에 대한 요구가 증대하는 추세이므로 공간을 많이 차지하는 외장형 UPS로는 이러한 요구를 충족시킬 수 없다. 따라서 UPS의 대중화를 위해서는 가격이 저렴하고, 소형경량화를 통해 컴퓨터 본체에 탑재할 수 있는 내장형 UPS의 개발이 시급하다.

현재 사용되고 있는 대부분의 컴퓨터용 UPS는 대부분 외장형 UPS를 사용한다. 외장형 UPS는 정부나 기업에서 상용전원의 고장발생시에도 중요한 정보의 손실 없이 컴퓨터를 일정시간 이상 사용할 목적으로 개발되어졌다. 즉, 외장형 UPS는 상용전원의 고장 발생시 상용전원의 대체 목적으로 설계되기 때문에 대용량의 배터리와 인버터로 구성되어진다. 따라서 데이터 백업이외에도 일정시간 컴퓨터를 사용할 목적으로 설계되기 때문에 배터리의 용량 증가로 인한 부피의 증가로 컴퓨터 내부에 설치 할 수 없고 외부에 별도의 장소에 설치해야 하며 가격이 비싸다는 단점이 있다[2]. 또한, 컴퓨터 사용이 보편화 되면서 이동하며 사용할 수 있는 노트북 컴퓨터가 개발되었고 노트북 컴퓨터의 배터리를 이용한 전원체계를 이용하여 카드식 UPS가 제안되어졌다. 카드식 UPS는 기존의 외장형 UPS의 별도의 설치장소가 필요한 단점을 개선하기 위하여 슬림형 배터리를 이용하여 컴퓨터 메인보드에 슬롯형식으로 꽂는 방식으로 내부에 UPS를 장착할 수 있는 장점을 가진다. 하지만 카드식 UPS는 외장형 UPS를 단순히 컴퓨터 내부로 설치장소만 바꾸는 개념으로 배터리의 용량이 크며 컴퓨터 전원이외에 별도로 UPS 기능을 위한 SMPS(Switching Mode Power Supply)가 필요하기 때문에 가격이 비싸고 효율이 좋지 않은 단점이 있다. 또한 카드식 UPS는 메인보드에 슬롯형식으로 직접 연결되어 있는 방식으로 배터리의 충·방전 및 SMPS가 동작할 때 발생되는 전자파 및 잡음이 메인보드에 영향을 끼칠 가능성이 높다.

일반 컴퓨터 사용자인 경우 정보의 중요성이 비교적 적기 때문에 별도의 설치공간이 필요하며 가격이 비싼 UPS를 따로 구입하기 어려운 실정이다. 따라서 UPS의 대중화를 위해서는 컴퓨터 전원장치 하나만을 구입하면 사용자가 설치

* 正 會 員 : 群山大學校 工大 電子情報工學部 敎授 · 工博
** 正 會 員 : 群山大學校 BK21 契約敎授 · 工博
*** 學生會員 : 群山大學校 工大 電子情報工學部 博士課程
§ 非 會 員 : 全北人力開發院 일레트로닉스工科 敎師

接受日字 : 2004年 3月 31日
最終完了 : 2004年 6月 10日

및 유지보수 등의 번거로운 작업 없이 안정하게 정보를 저장할 수 있는 비교적 가격이 저렴한 UPS에 대한 연구는 매우 중요하다.

그러므로 본 연구에서는 기존의 컴퓨터 전원장치 케이스 규격에 맞게 컴퓨터용 SMPS와 UPS를 통합시킨 UPS 기능을 내장한 컴퓨터용 SMPS를 제안하고자 한다. 제안된 시스템은 UPS를 위한 배터리와 AC-DC 컨버터 그리고 충·방전 제어기로 구성된다. 개인용 컴퓨터의 데이터 백업에 필요한 최소 시간을 측정하여 배터리의 방전실험을 통해 배터리의 적정용량을 결정하고, AC-DC 컨버터는 포워드 컨버터를 사용하여 고주파수 스위칭을 함으로써 변압기 및 수동소자의 부피를 최대로 줄여 기존의 컴퓨터 전원장치 케이스 규격에 맞게 데이터 백업에 필요한 배터리를 내장할 수 있도록 설계하였다. 또한, 저가형 마이크로프로세서(PIC)를 사용하여 전원 고장시에는 즉시 전력을 공급하고, 필요에 따라 배터리를 충전할 수 있도록 제어하므로 전력을 효율적으로 사용할 수 있게 하였으며 사용자의 요구에 대한 만족과 안정적인 전원공급 및 정보의 손실 방지가 가능한 장점을 가진다. 제안된 시스템의 성능 및 특성을 분석하고, 실험을 통하여 유용성을 입증하였다.

2. UPS를 내장한 컴퓨터용 SMPS

컴퓨터 사용이 보편화되면서 데이터 백업을 위한 UPS의 수요와 필요성이 크게 증가하고 있다. 개인용 컴퓨터 UPS는 거의 대부분 외장형 UPS를 사용하고 있다. 외장형 UPS는 공간을 많이 차지하고 용량 또한 크기 때문에 가격이 비싸며 효율이 좋지 않은 단점이 있다. 실제적으로 일반 사용자의 개인용 컴퓨터의 정보를 백업하는 시간은 컴퓨터 주변기기들의 성능 향상으로 많이 단축되어 몇 분에 불과하다. 또한, 배터리 제조기술의 향상으로 인해 배터리의 부피가 크게 감소하였다. 이를 이용하여 카드식 UPS가 제안되었다. 카드식 UPS는 슬림형 특수 배터리와 UPS 기능을 위한 SMPS를 모듈로 설계하여 직접 메인보드에 꽂는 방식으로 배터리의 방전 및 SMPS 동작시 발생하는 전자파와 잡음이 컴퓨터 메인보드에 영향을 줄 가능성이 크며, 배터리의 가격이 비싸며 UPS 기능을 위한 SMPS가 별도로 필요하므로 가격상승 및 효율감소 등의 단점을 가지고 있다. 앞서 설명한 것처럼 일반 개인용 컴퓨터 사용자는 가격이 비싸며 따로 설치해야 하는 UPS를 구입하기 어려운 실정이다.

컴퓨터 기술이 발달함에 따라 소비전력이 증가하게 되어 컴퓨터용 전원장치에 전력밀도가 높은 SMPS를 사용한다. SMPS는 기존의 콘덴서 입력형 정류형태의 전원장치를 대체하는 고밀도 전원장치로 컴퓨터, 전자계산기, 전자교환기, 인공위성 등에 폭넓게 이용되고 있다. 또한, 역률과 고조파를 제거 하는 보정회로를 추가한 중소전력(0.5-3[kW])분야에서도 적용이 되어 상용화 되는 추세이다[3-4].

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 개인용 컴퓨터의 데이터 백업에 필요한 적정시간을 측정하여 배터리의 적정용량을 설계하고 고주파수 스위칭을 통해 수동소자의 부피를 최소로 하여 기존의 컴퓨터 전원장치의 케이스 규격 안에 컴퓨터 전원장치와 UPS가 들어갈 수 있는 그림 1과 같은 UPS를 내장한 컴퓨터 SMPS를 제안하고자 한다.

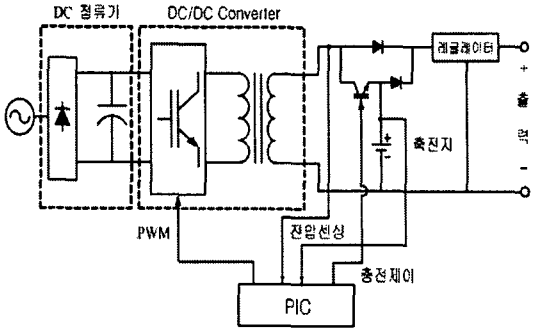


그림 1 제안된 UPS를 내장한 SMPS
Fig. 1 The proposed SMPS with bulit-in UPS

그림 1의 제안된 시스템의 구성은 컴퓨터 메인보드에 DC 12[V], 5[V]를 공급하기 위한 RCD 리셋형 포워드 컨버터 타입의 SMPS, 전원 장애 발생시 즉시 부하에 전력을 공급할 수 있는 UPS 그리고 SMPS 스위칭 제어와 UPS용 배터리의 충전 제어를 위한 제어부로 구성된다.

2.1 SMPS

컴퓨터 전원장치에 사용하는 SMPS는 저용량으로 플라이백 컨버터와 포워드 컨버터를 주로 사용한다. 플라이백 컨버터는 회로 구성이 간단하고 절연된 다출력전압을 얻을 수 있는 장점을 가지고 있지만, 아주 좋은 자기결합(magnetic coupling)이 필요하고 안정도와 와전류의 문제점을 가지고 있다. 또한, 스위칭 소자의 양단간에 전원전압의 2배의 전압이 걸리는 단점으로 용량이 커지고 스위칭 주파수가 증가할수록 스위칭 소자의 스트레스가 증가되며, 이로 인해 발열로 인한 방열판의 크기가 증가하고 효율이 떨어지는 문제점을 가지고 있다.

포워드 컨버터는 플라이백 컨버터의 장점을 가지면서 코어포화에 문제가 없으며 간단한 디자인과 적은 출력 전류 리플 특성을 가지고 있어 저용량 SMPS에 주로 사용된다. 따라서 본 연구에서도 컴퓨터 SMPS로 포워드 컨버터를 적용하고자 한다. 그림 2는 본 연구에서 적용한 RCD 리셋형 포워드 컨버터의 회로도이다.

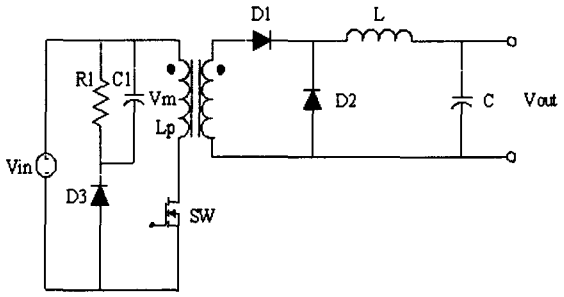


그림 2 RCD 리셋형 포워드 컨버터
Fig. 2 RCD reset circuit of a forward converter

그림 2의 포워드 컨버터의 기본 동작은 고주파 절연 변압기를 제외하면 벅 컨버터의 동작과 동일하며 스위칭 듀티비

와 변압기 권선비를 통하여 출력전압을 조절할 수 있다. RCD 리셋회로는 변압기의 포화를 방지하기 위하여 자화 인덕턴스(Lm)에 저장된 에너지를 방출하는 역할을 한다.

2.2 온-라인 UPS

UPS 방식에는 온-라인과 오프-라인이 있는데 오프-라인 방식은 상대적으로 온-라인 방식에 비하여 효율과 신뢰성 등에 우수하지만 절체시간이 수 [ms]이기 때문에 컴퓨터와 같은 전자장비에는 적합하지 않다. 따라서 본 연구에서는 그림 3의 온-라인 UPS 방식을 적용하였다.

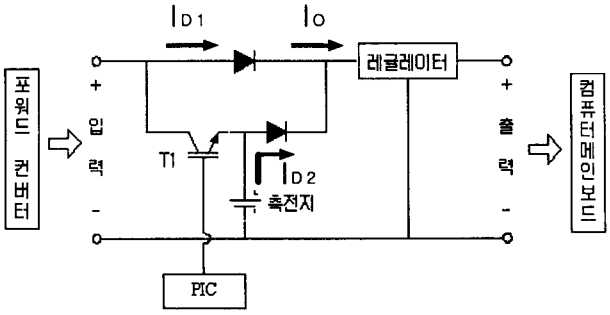


그림 3 제안된 온-라인 UPS 회로도
Fig. 3 The proposed on-line UPS circuit

그림 3은 제안한 온-라인 UPS 회로도로 포워드 컨버터의 출력 전압은 16[V] 이고, 배터리의 전압은 14[V]이다. 따라서, 정상적인 상용전원 사용시에는 다이오드 D1을 통하여 부하전류가 공급되고 전원 장애시에는 배터리의 전력을 다이오드 D2를 통해 부하에 즉시 전력을 공급한다. 여기서, 전원장애시 배터리의 전력이 부하에 공급되는 시간인 절체시간은 다이오드 D2의 턴-온 시간과 같으므로 매우 빠르게 전력을 공급할 수 있다. 스위치 T1은 축전지의 충전을 위해 사용된다.

2.3 스위칭 및 충전 제어 알고리즘

제어부는 크게 두가지로 SMPS의 안정된 출력을 위한 스위칭 제어 알고리즘과 배터리 충전 제어 알고리즘으로 구분할 수 있으며, 원 칩 마이크로프로세서인 PIC16F874를 사용하여 구현하였다. PIC16F874는 4채널의 A/D변환기, PWM 기능을 내장하고 있고, A/D 변환기는 10비트의 분해능을 가지며, 고속 스위칭이 가능하다.

SMPS의 안정된 출력을 위한 제어 알고리즘으로 구현이 간단하고 제어하기 용이한 PI 제어기를 사용하였으며, PI 제어 알고리즘의 순서도를 그림 4에 나타내었다.

그림 4에서 Vse는 SMPS의 출력 피드백 신호이며 Vre는 기준신호이고 Verr는 Vse와 Vre의 오차신호이다. PIC에는 자체적으로 PWM 포트가 있지만 본 연구에서는 고주파수 스위칭을 목표를 하기 때문에 Vre 신호를 출력하여 삼각파와 비교하여 외부에서 PWM 스위칭 신호를 생성하게 된다. 그림 5는 축전지 충전 제어 알고리즘이다. 그림에서처럼 축전지의 충전 상태를 A/D 변환기를 통해 확인하여 만약 현재의 충전 전압이 만충전시의 전압보다 클 경우 스위치를 오프시켜 충전을 중단하고, 그렇지 않을 경우 스위치가 온상태를 유지하면서 베터리를 충전하게 된다. 이 단계를 반복함으로써 배터리의 부족충전 및 과충전으로부터 배터리를 보호하게 된다.

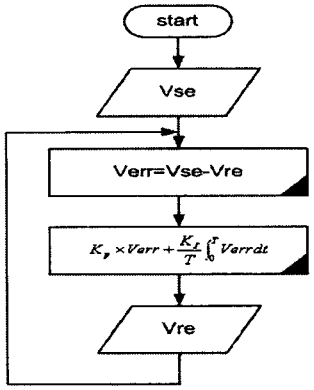


그림 4 PI 제어 알고리즘
Fig. 4 PI control algorithm

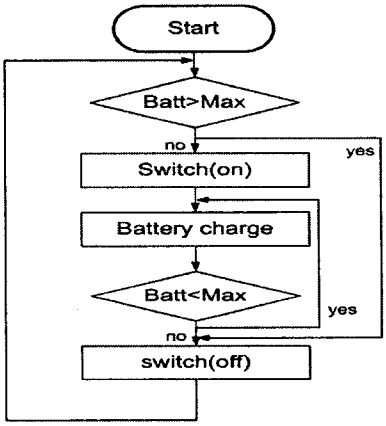


그림 5 충전제어 알고리즘
Fig. 5 Charging control algorithm

3. 실험 및 고찰

본 연구에서는 제안된 UPS 기능을 갖는 SMPS의 유용성을 확인하고자 300[W]급의 실제 시스템을 제작 실험하였고, 실험 사양은 표 1과 같다

표 1. 실험 조건
Table 1. Specification of experiment

입력전압	AC 220V
스위칭 주파수	100 kHz
출력전압	DC 16V
출력전류	0-15[A]
출력전압리플	0.2[V]

그림 6은 실험을 위해 제작된 UPS 기능을 갖는 SMPS와 기존의 컴퓨터 전원장치의 사진을 보여주고 있다.

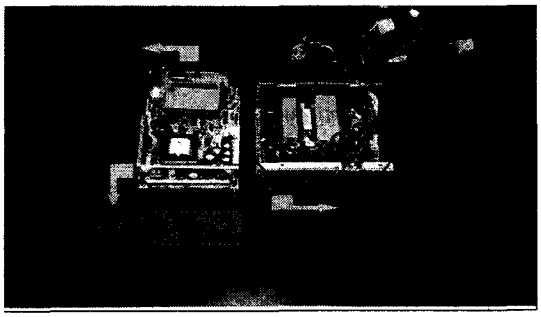


그림 6 UPS 기능을 갖는 SMPS와 기존의 컴퓨터 전원장치
Fig. 6 The proposed system and the conventional PC power supply

그림 7은 SMPS의 주 스위치 양단 전압 파형으로 스위 칭 주파수 100[kHz]에서 포워드 컨버터가 동작함을 알 수 있다.

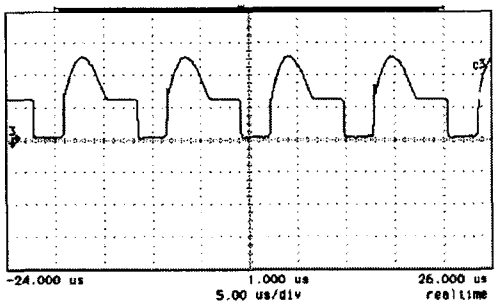
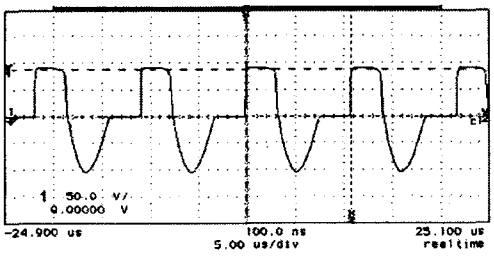
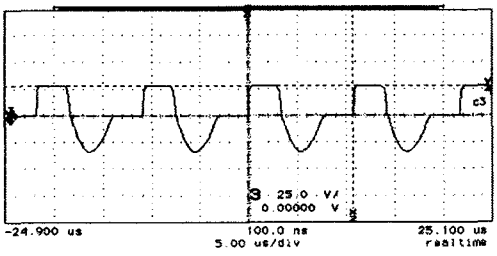


그림 7 스위치 전압 파형
Fig. 7 Switch voltage waveforms



(a) 변압기 1차측 전압



(b) 변압기 2차측 전압

그림 8 고주파 변압기의 전압 파형
Fig. 8 High-frequency transformer voltage waveforms

그림 8은 SMPS의 고주파 변압기의 실험 파형이다. 그림 8의 (a)와 (b)는 권선비가 2:1일 때의 고주파 변압기 1차측과 2차측 전압 파형으로 비교적 잡음 없는 좋은 특성을 보여준다. 그림 9는 출력전압으로 컴퓨터에서 필요한 12[V], 5[V]의 다중 출력을 나타내고 있다.

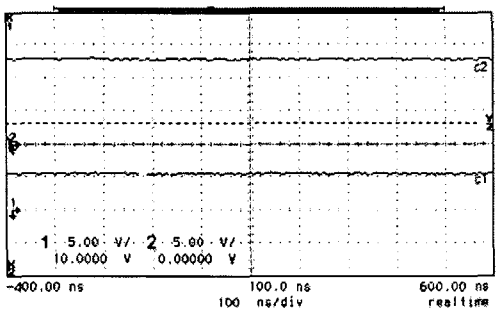


그림 9 출력 전압 파형
Fig. 9 Output Voltage waveforms

그림 10은 제안된 시스템의 UPS 성능 확인을 위하여 부하전류 10[A] 일 때의 실험 파형으로 그림 3에서의 온-라인 UPS 회로도에서 나타낸 것처럼 위에서부터 차례대로 부하전류 Io, 다이오드 D1을 통해 흐르는 전류 I_{D1}, 그리고 전원장애 발생시 축전지의 전력을 공급하는 다이오드 D2를 통해 흐르는 전류 I_{D2} 이다. 그림에서 다이오드 D1을 통한 전류 I_{D1}이 떨어지는 순간에 축전지에서 다이오드 D2를 통한 전류 I_{D2} 가 공급되어 부하전류 Io는 변동이 없음을 알 수 있다. 여기서 I_{D1}과 I_{D2}가 교차하는 부분에 약간의 시간 지연이 있음을 알 수 있는데 이는 출력단 레귤레이터의 인덕터와 캐패시터의 영향으로 부하전류 Io의 파형에서처럼 실제 절체시간은 다이오드 D2의 턴-온 시간(본 실험에서 사용한 IXYS사의 패스트 리커버리 다이오드인 경우 2[us])과 같기 때문에 매우 우수한 성능을 나타내고 있음을 확인할 수 있다.

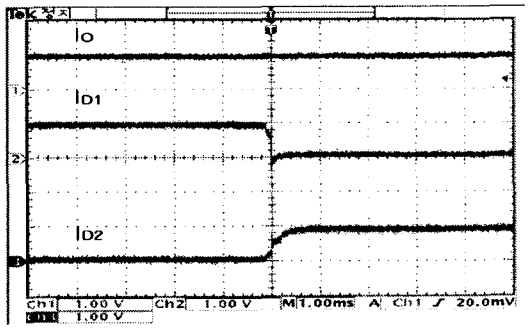


그림 10 제안된 시스템의 UPS 동작 실험 파형
Fig. 10 UPS waveforms of a proposed system

그림 11에 본 연구에서 제안한 시스템을 위한 배터리의 설계 용량에 따른 14[V], 4[AH]의 방전특성을 나타내었다. 방전 시작 후 5분이 되는 시점에서의 전압은 11[V]이고 전류는 9[A]로 측정되었다. 이 값은 개인용 컴퓨터 본체를 충분히 운용할 수 있는 전력이며, 또한 5분의 시간은 충분히 데이터를 백업 받을 수 있는 시간이다.

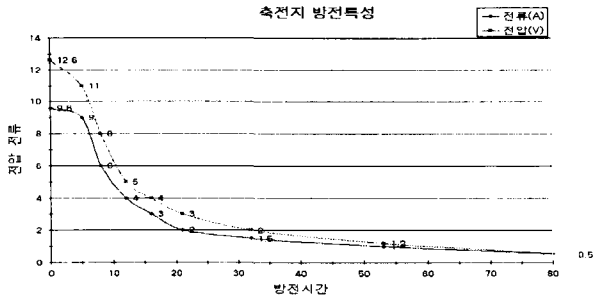


그림 11 축전지 방전특성
Fig. 11 Discharge characteristic of battery

4. 결 론

본 연구에서는 기존의 컴퓨터 전원장치의 케이스 규격에 맞게 컴퓨터 전원장치와 UPS 기능을 통합시킨 UPS를 내장한 컴퓨터 SMPS를 제안하였고, 그 유용성을 확인하기 위하여 실제 시스템을 제작 실험하였다. 실험 결과, 평상시에는 안정된 전력을 공급하고 전원 장애시에는 즉시 전력을 부하에 공급함을 확인하였다.

제안된 시스템은 100[kHz]의 높은 스위칭 주파수로 구동함으로 수동소자의 부피를 최소로 하였으며, 배터리의 방전특성을 실험하여 백업시간에 필요한 적정시간을 측정하여 배터리의 적정용량 설계를 통해 소형 경량화를 이루어 기존의 컴퓨터 전원장치의 케이스 규격에 별도의 추가장치 없이 컴퓨터 전원과 UPS 기능을 통합할 수 있음을 알 수 있었다. 또한, 배터리의 전력을 부하에 직접 공급하는 온-라인 방식을 채택하여 절체시간을 다이오드 D2의 턴-온 시간만큼으로 최소로 할 수 있어 기존의 컴퓨터용 출력 캐패시터 용량을 줄일수 있고, 제어기를 원칩마이크로프로세서로 구현함으로써 향후 컴퓨터와 인터페이스가 가능하도록 하였다.

본 연구에서 제안한 UPS를 내장한 컴퓨터용 SMPS는 기본적이고 간단한 테스트를 완료했을 뿐이다. 향후, 컴퓨터 소프트웨어와 연관하여 사고발생시 최소한의 시간으로 데이터를 백업할 수 있는 응용 프로그램에 대한 연구를 진행할 예정이다.

감사의 글

이 논문은 군산대학교 "BK21 사업단"의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

[1] K Hirachi, J Yoshitsugu, M Nakaoka, "Single-Phase Switched-Mode PFC Rectifier with High-Frequency Link for Smal-Scale UPS Application", Vol118, No. 7/8, 1998.

[2] L. H. Dixon, Jr., "High power factor preregulators for off-Line power supplies," Unitrode Power Supply Design Seminar.

[3] M. J. Kocher, R. L. Steigerwald, "An ac to dc converter with high quality input waveform," IEEE Power Electronics Specialists Conference, June 1982.

[4] 이성룡, 전칠환, 권순신, "ZVT 스위칭 기법을 적용한 PFC-인버터", 대한전력전자학회 논문집 Vol. 5, No. 6, 200, pp 560-567.

저 자 소 개

이 성 룡 (李 星 龍)

1958년 11월 30일생. 1980년 명지대 전기공학과 졸업. 1982년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 전북대 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1997년-1998년 Virginia Tech. visiting professor. 2003년-현재 호주 Curtin University of Technology. visiting professor. 1990년-현재 군산대 전자정보공학부 정교수.

전 칠 환 (全 七 煥)

1955년 6월 2일생. 1980년 서울대 전기공학과 졸업. 1986년 미국 밴더빌트대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1991년-현재 군산대 전자정보공학부 정교수.

이 수 원 (李 洙 原)

1968년 5월 4일생. 1991년 전북대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 2001년-현재 군산대학교 BK21 계약교수.

고 성 훈 (高 晟 勳)

1972년 6월 1일생. 1998년 군산대 제어계측공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전자정보공학부 박사과정.

권 혁 대 (權 赫 大)

1974년 3월 15일생. 1997년 한국기술대학교 전기공학과 졸업. 2003년 군산대 산업대학원제어계측공학과 졸업(석사) 현재 전북인력개발원 일레트로닉스공과 교사.