

양방향 전력수수가 가능한 이동식 전원장치의 개발

姜彌淳*, 李正漢, 朴晟濬, 金喆禹

Development of a portable power supply employing bidirectional energy flows

Feel-Soon Kang, Jung-Han Lee, Sung-Jun Park, and Cheul-U Kim

요 약

본 논문에서는 입력 전압 DC 24 [V]로 출력 전압 AC 220 [V] 정현파 출력을 낼 수 있는 인버터 기능과 충전 전압 및 충전 전류를 조정할 수 있는 DC 24 [V]용 자동 충전기 기능을 동시에 가지는 전원 장치의 시제품을 제작하고 실험을 통해서 타당성을 검증하였다. 본 논문에서 제안하는 전원장치는 두 기능을 동시에 가지면서도 전력 授受의 라인을 하나의 라인으로 회로 구성을 실현하여 스위치 소자 및 고주파 트랜스를 인버터 동작이나 충전기 동작시에 겸용으로 사용함으로써 인버터나 충전기 각각의 제품을 구성하는데 사용된 제품 구성품에 비하여 매우 경제 적이며, 저가의 마이크로 프로세스 (PIC16C74)를 사용하여 스위칭 동작 및 시퀀스 회로의 동작을 제어함으로써 전체적인 제품의 구성을 간략화 하였다.

ABSTRACT

This paper presents a portable power supply equipped with a battery charger. The proposed system can be operated separately distinguishing between DC/AC and AC/DC function. The former uses a battery and the latter a line voltage as the power source to operate on an inverter and a battery charger, respectively. To keep the output voltage being sinusoidal and to have the high dynamic performances even in the cases of load variations, a proper control method is adapted. The operational principles and analysis are explained in detail. The validity of the proposed system is proved from the experimental results.

Key Words: Battery charger, inverter system.

1. 서 론

산업발달과 더불어 인간생활의 질적 향상을 위한 이동식 전원 및 비상 전원을 위한 전원 장치들이 요구되고 있다. 이러한 이동식 전원 장치들의 대부분은 차량용 축전지를 전원의 소스로 사용하므로 원하는 출력

전압을 얻기 위해서는 높은 승압비를 가지는 DC/DC 컨버터와 DC/AC 인버터로 전원 장치를 구성하여야 한다. 그러나 입력측 전류의 크기가 출력측 전류의 크기에 비해 상대적으로 큰 값이 되어 도통손실을 증가시키고 전체 시스템의 효율을 저하시키게 된다. 또한 대부분의 이동식 기기의 전원 장치들은 부하 내부에 직류전원을 사용하기 위하여 입력측에 정류회로를 설치하고, 출력단에 대용량 콘덴서를 부가하게 된다. 이와 같은 정류성 부하는 고조파 성분이 많이 포함되고 피크값이 큰 부하 전류를 요구하게 되므로 인버터 출력단의 필터전압은 고조파 성분에 의해 파형의 왜곡이 발생하게 된다^{[1]-[6]}.

*부산대학교 대학원 전기공학과 박사과정

E-mail : feelsoon@ieee.org

접수일자 : 2002. 1.23

1차심사 요청일 : 2002. 2. 4 2차심사 요청일 : 2002. 4. 2

심사완료일 : 2002. 7. 8

그러므로, 고성능화를 위한 이동식 전원장치의 인버터 기능은 비선형 부하 상태에서 일정한 전압, 일정한 주파수의 정현파 출력전압을 만족 시켜야 한다. 일반적으로 비선형 부하에 의한 출력전압의 THD 증가를 보상하기 위해 복잡하고 큰 수동필터를 사용하기도 하지만, 이는 전체 시스템의 부피를 증대시킬 뿐만 아니라 경제적으로도 매우 비합리적이다. 그리고 에너지 절감 측면에서도 전원 역률이 개선되고 전원 회생이 가능한 컨버터가 요구되고 있어 입력의 단위 역률화와 입력 전류의 정현화가 중요한 연구과제로 등장하게 되었다^{[7]-[11]}.

본 논문에서는 입력 전압 DC 24 [V]로 출력 전압 AC 220 [V] 정현파 출력을 낼 수 있는 인버터 기능과 충전 전압 및 충전 전류를 조정할 수 있는 DC 24 [V]용 자동 충전기 기능을 동시에 가지는 양방향 전력전달이 가능 전원장치를 제안한다.

본 논문에서 제안하는 전원장치는 두 기능을 동시에 가지면서도 전력수수의 라인을 하나의 단일 라인으로 구성하여 스위치 소자 및 고주파 트랜스를 인버터 동작이나 충전기 동작시에 겸용으로 사용할 수 있다.

따라서 인버터나 충전기 각각의 제품을 구성하는데 사용된 제품 구성품에 비하여 부품의 구성비율을 감소시킬 수 있다. 그리고 인버터기능 동작시와 충전기기능 동작시 모두 20 [kHz]대의 높은 주파수로 동작시킴으로써 변압기의 부피를 감소시킬 수 있다. 제어 방식에 있어서도 저가의 마이크로프로세서인 PIC16C74를 사용하여 스위칭 동작 및 시퀀스(sequence) 회로의 동작을 제어하여 전체 시스템의 구성을 간략화 하였다.

제안된 양방향 전력전달이 가능한 전원장치의 전력 변환효율과 충전 동작시의 충전성능을 실험을 통하여 증명하고, 정현파 출력 인버터 기능과 자동 충전기 기능이 모두 KS C4310과 IEC478의 성능 기준에 만족하고 이동식 또는 비상전원을 위한 전원 장치로서 역할에 대한 타당성을 검증하고자 한다.

2. 제안하는 배터리 충전기능과 정현파 출력 인버터기능을 가진 전원장치

일반적인 이동식 축전지 (12~24 [V])로부터 높은 DC전압 (약 320 [V])을 얻기 위해 본 논문에서는 도통손실의 저감이라는 관점에서 가장 우수한 특성을 가지는 푸시-풀 컨버터를 변압기의 1차측으로 구성하였다. 전류루프 형성시 전류 흐름상에 존재하는 전력소자의 개수와 전체 시스템을 구성하기 위해 사용되는

전력 소자의 개수가 감소하므로 도통손실이 감소되고 전체 시스템의 부피가 감소하여 이동식 전원장치의 고효율 및 소형 경량화에 큰 장점을 가진다. 그러나 변압기의 누설 인덕터에 축적된 에너지를 방출할 통로가 없으므로 편자 현상 혹은 자속 포화가 발생할 수 있기 때문에 주의 깊은 변압기 설계가 요구된다. 그림 1은 구성하고자 하는 전원장치의 전체 시스템 회로도를 나타낸다. 제안된 전원장치는 크게 배터리 자동 충전기능을 가지는 양방향 DC/DC 컨버터와 정현파 출력 인버터 기능을 가지는 양방향 DC/AC 인버터, 그리고 각각의 제어를 위한 제어부로 구성된다.

2.1 양방향 전력전달이 가능한 DC/DC 컨버터

양방향 전력 수수가 가능한 DC/DC 컨버터의 구성은 하나의 고주파 변압기로 전기적 절연을 이루며, 변압기의 양단은 푸시-풀과 2-스위치 포워드 컨버터의 형태로 구성된다. DC/DC 컨버터부는 크게 DC 링크단 전압을 확보하기 위한 변압기 1차측에서 2차측으로의 승압 동작과 배터리의 충전을 위한 변압기 2차측에서 1차측으로의 강압 동작으로 구분된다.

승압 동작은 시스템이 인버터로 동작할 경우 발생한다. 이 경우, 축전지 전압 V_S 가 입력, V_{DC} 가 출력을 이루게 되며, Sw_1 과 Sw_2 를 교번적으로 스위칭 동작을 한다. 고주파 변압기는 스위칭 된 전압을 턴수비에 의하여 승압을 이루게 된다. 승압 된 전압은 D_{sw5} 와 D_{sw6} 및 Sw_3 의 바디 다이오드 D_{sw3} 와 Sw_4 의 휠링 다이오드 D_{sw4} 로 구성된 브리지 정류 회로에 의해 정류되게 된다. 정류된 전압은 커패시터에 의해 평활 되어 V_{DC} 로 출력을 내보내게 된다. 일정 출력 전압을 얻기 위해 출력 전압 V_{DC} 를 피드백하여 Sw_1 과 Sw_2 의 펄스폭을 가변하여 V_{DC} 전압을 안정하게 제어한다.

강압 동작은 전원장치가 배터리를 충전시키기 위한 동작할 경우 발생하며, 승압 동작과는 반대로 V_{DC} 가 입력, 축전지 전압 V_S 가 출력이 되며 변압기 2차측의 Sw_3 와 Sw_4 를 스위칭 제어한다. 승압 동작시의 고주파 변압기와는 반대로 스위칭 된 전압은 변압기의 턴수비에 의하여 강압 동작을 하게 된다. 또한, 강압된 전압은 Sw_1 과 Sw_2 에 내장된 바디 다이오드에 의해 전파 정류가 이루어지게 된다. 정류된 전압은 축전지를 충전시키게 되는데, 이 경우 축전지 전압 및 충전 전류 제어를 위해 V_{SI} 및 I_{SI} 을 피드백 하여 원하는 전류 및 전압을 얻을 수 있다.

그림 1에 도시되어 있는 모드 선택 스위치가 충전기 모드로 선택되면 인버터단에서 Q_A , Q_D 와 Q_B , Q_C 는

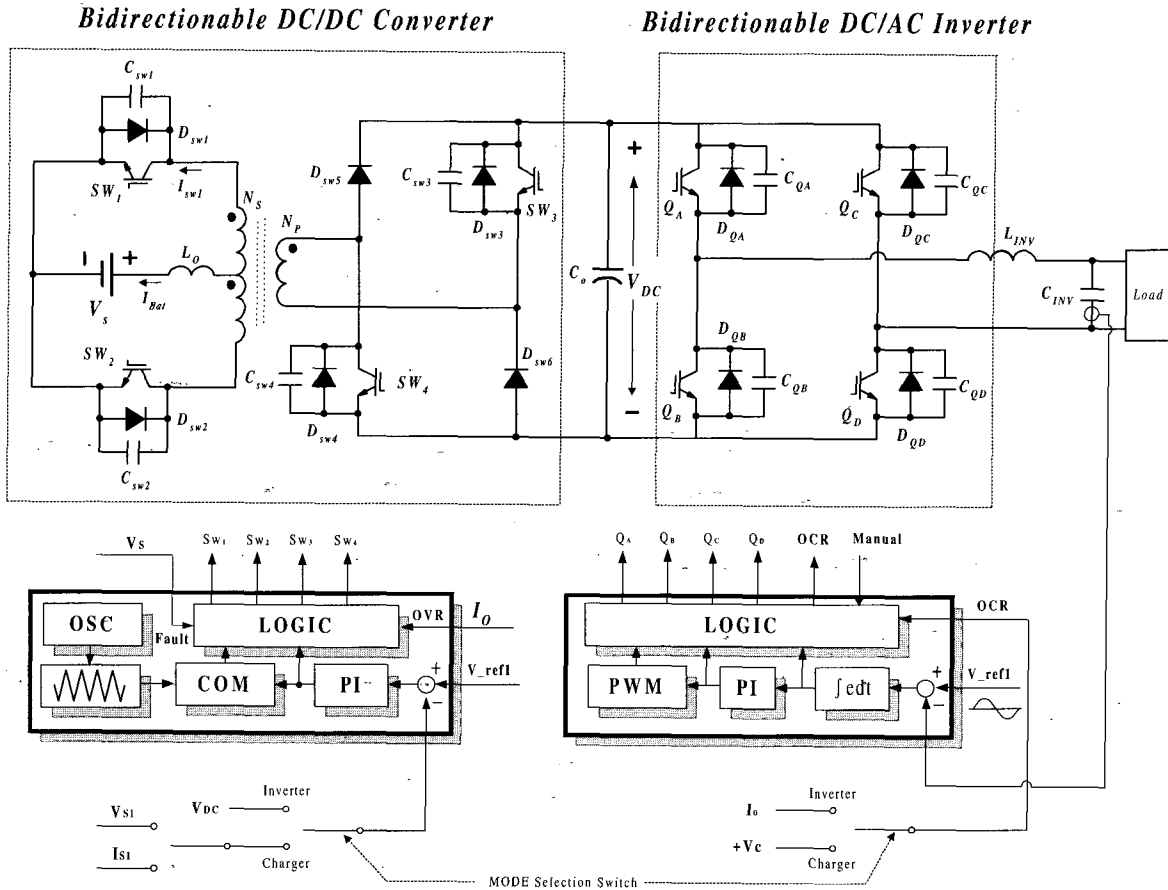


그림 1- 제안하는 양방향 전력 授受가 가능한 전원장치의 구성도
 Fig. 1 Configuration of proposed power system

스위칭하지 않고 내부의 휠링 다이오드가 교류입력을 전파 정류하여 DC 링크단에 전압을 충전하게 된다. 컨버터부에서 Sw_3 와 Sw_4 가 동작을 하고 Sw_1 과 Sw_2 는 스위칭 하지 않고, D_{sw1} 과 D_{sw2} 에 의해 전파 정류 동작을 수행하게 된다. 제어부의 V_{ref1} 은 배터리 전압 V_S 에서 피드백을 받아 제어되는데, 정전압 모드에 의해 동작 될 경우는 분압 저항에 의해 전압을 감시하여 입력전압이 변하거나 충전전류의 변화로 인한 전압 변화에 따라 게이트의 듀티비가 변화하여 충전 완료시 까지 전압이 유지되도록 한다. 정전류 모드로 동작시에는 배터리측의 CT로부터 검출된 신호에 의해 펄스 폭이 조정되며 충전 완료 전압까지 스위칭 동작을 수행한다. 지령치 V_{sl} 또는 I_{sl} 과 실제 전압 및 전류의 피드백 V_{ref1} 을 비례적분 제어하여 배터리 충전전류 및 전압을 지령치에 맞추도록 Sw_3 와 Sw_4 의 듀티비를 조정한다.

2.2 양방향 전력전달이 가능한 DC/AC 인버터

양방향 전력전달이 가능한 DC/AC 컨버터는 단상 풀 브리지 형태의 회로로 구성된다. DC/AC 인버터의 양방향 동작에 의해 인버터 동작과 정류기 동작으로 구분된다. DC/AC 인버터에 있어 인버터 동작은 V_{DC} 가 입력, V_C 가 정현파 출력으로 나타나는 경우이다. PWM 제어에 의해 Q_A , Q_D 와 Q_B , Q_C 가 스위칭 되면 L_{INV} 와 C_{INV} 에 의해 정현파 출력이 형성된다. 출력전압 V_C 와 C_{INV} 에 흐르는 전류를 검출하여 델타 변조를 실행하여 정전압 및 THD가 개선된 정현파 출력을 얻도록 제어하였다. DC/AC 컨버터에 있어 정류기 동작은 V_C 가 입력, V_{DC} 가 출력으로 나타날 경우에 해당한다. $D_{QA} \sim D_{QD}$ 에 의해 브리지 회로를 형성되며, 정류된 전압은 직류 V_{DC} 가 되어 배터리를 충전시키기 위한 입력으로 사용된다.

인버터 동작 모드로 동작시키기 위해서는 모드 선택

스위치를 인버터 모드로 연결시킨다. 컨버터부의 Sw_1 과 Sw_2 가 DC 링크단을 충전시키기 위해서 승압 동작을 하고 있다면 Sw_3, Sw_4 는 스위칭 되지 않고 정류기 역할만을 하게 된다. 제어부의 V_{ref1} 은 DC 링크전압 V_{DC} 에서 피드백을 받아 지령치 V_{DC} 와 실제 전압의 피드백 V_{ref1} 을 비례적분 제어하여 DC 링크 전압을 일정치가 되도록 Sw_1 과 Sw_2 의 듀티비를 조정한다. 따라서, 안정된 DC 링크전압이 인버터부에 가해지고 인버터부의 Q_A, Q_D 와 Q_B, Q_C 가 컨트롤러의 제어신호에 따라 PWM 신호를 스위치에 인가하게 된다. 컨버터단으로부터 공급된 전력에 의해 DC 링크전압이 안정되어 있으므로, L_{INV} 와 C_{INV} 에 의해 평활 되어 나오는 정현파 출력도 안정하게 된다.

3. 전체 시스템의 설계 및 제작

표 1은 시작품에 이용된 소자들에 대한 파라메타들을 보여주며, 그림 2는 컨버터부와 인버터부의 결합되어 설계된 시작품의 구성도를 나타낸다. 각기 제작된 컨버터부와 인버터부의 결합에 있어 인덕터 L_1 이 충전기 동작시에만 연결되도록 릴레이 K_2 에 연동시켜 구성하여야 한다. 전체 시스템의 컨트롤을 위한 DC/DC 컨버터부, DC/AC 인버터부의 제어부는 마이크로 프로세서 PIC16C74을 이용하여 구성하였다.

설계시 시스템의 효율과 전체 수행 특성에 가장 큰 영향력을 미치는 요소인 고주파 변압기는 동작 전압과 최대 전류의 곱인 전체 핸들링 파워와 최대 손실에 기인되는 동작 최소 효율과 최대 허용 온도 등을 고려하여야 한다. 일반적인 설계 방식은 $V_{min} \times T_{on(max)}$ 에 근거한다. 그러나, 본 시스템에서 높은 전압과 경부하 동작 중 갑작스런 부하가 증가하는 과도 현상의 경우에 $V_{max} \times T_{on(max)}$ 의 상황이 발생하게 되면 변압기 포화가 일어난다. 따라서 변압기 설계시 $V_{max} \times T_{on(max)}$ 를 이용

표 1 시스템의 파라메타

Table 1 System Parameters

파라메타	값	단 위
컨버터의 스위칭 주파수	19.37	[kHz]
인버터의 스위칭 주파수		
DC 링크 콘덴서	1000	[μ F]
필터 인덕터	1	[mH]
필터 콘덴서	20	[μ F]
고주파 변압기	EC90	
Power MOSFET	FQA90N15 FQA12N60	

하여 설계하였다. 그러나, 이는 낮은 자속 밀도, N_p 의 증가 및 변압기 효율의 저하를 초래하는 원인으로 작용할 수 있다.

LM301을 이용한 60 [Hz] 정현파 발진회로를 구성하였고, 출력전류를 정현적으로 제어하기 위하여 TL084 OP앰프를 이용하여 60 [Hz] 지령치와 콘덴서 전류와의 적분 초기치 보상회로를 구성하였다. 일반적인 전류 제어기법인 델타 변조법은 인버터의 지령전류와 출력전류를 히스테르시스 제어기의 입력변수로 사용하면 스위칭 주파수가 가변적이기 때문에 필터회로의 설계가 어렵다. 따라서 본 실험에서는 프로그램 내의 sin table 값을 보상해줌으로써 LC 필터단에서 왜곡되는 정현파를 보상해 주었다. 암-단락 방지를 위한 각 스위치의 데드타임 보상을 위한 시간지연 회로를 구성하고 데드타임 보상 전 PWM 제어 신호와 RC 시간지연 회로를 이용하여 데드타임 보상을 하도록 설계하였다.

4. 실험 결과

그림 3(a)와 (b)는 인버터의 부하 특성을 알아보기 위하여 순수 저항 부하를 연결하였을 경우와 정류성

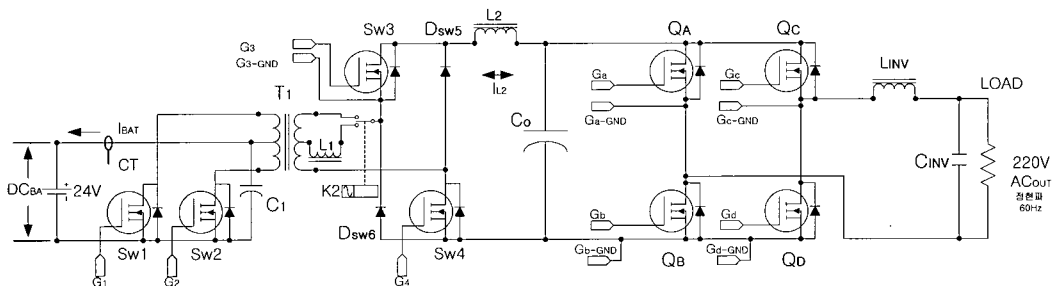
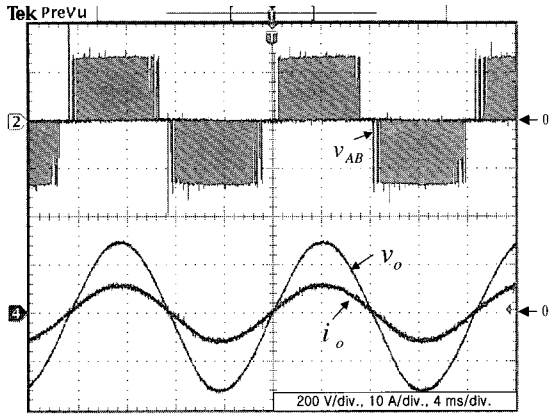
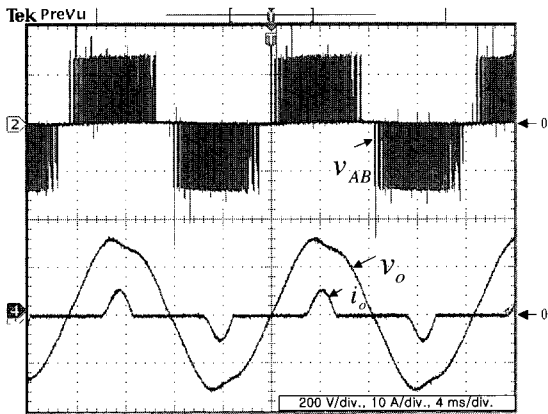


그림 2 시작품의 구성도
Fig. 2 Prototype configuration



(a) 저항부하 연결시

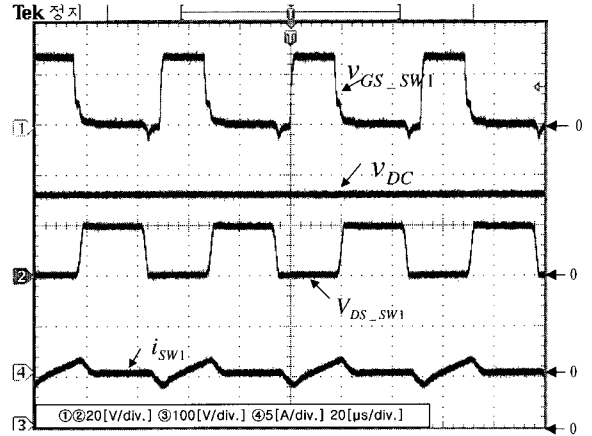


(b) 정류부하 연결시

그림 3 인버터 출력 전압 및 전류 파형
Fig. 3 Output voltage and current of inverter

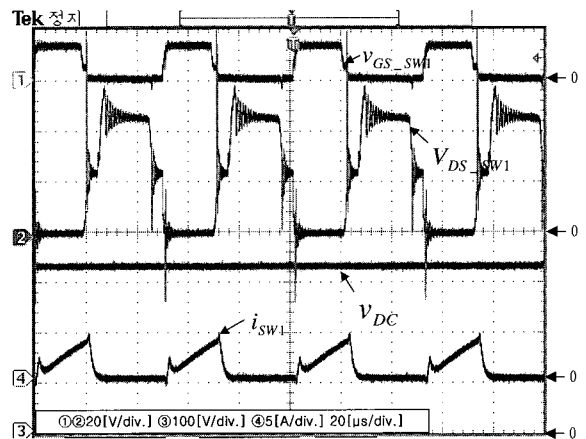
부하가 연결되었을 경우의 인버터 출력단 전압 및 전류 파형을 각각 나타낸다. 인버터 출력단에 저항부하를 연결한 경우의 출력전압과 출력전류는 정현적이거나 정류성 부하를 연결할 경우에는 입력전류가 짧은 도통각과 높은 피크치를 가지게 되어 출력전압에 왜형이 발생하게 된다.

부하 가변에 따른 전체 시스템의 동작을 실험한 결과 파형을 그림 4(a)와 (b)에 나타내었다. 그림 4(a)는 무부하시의 게이트 신호에 따른 DC 링크단 전압, Sw_1 의 양단 전압과 흐르는 전류를 나타낸다. 무부하 전류는 입력전압 24.9 [V]에서 0.87 [A]로 측정되어 약 21.7 [W]의 무부하 손실이 발생된다. 500 [W]급 부하인 그림 4(b)의 경우 턴-오프시 스위치 양단에 피크 전압이 형성되지만 정격 이하로 측정되었다.



(1) Sw_1 게이트신호 (2) Sw_1 양단전압
(3) DC 링크전압 (4) Sw_1 전류

(a) 무부하

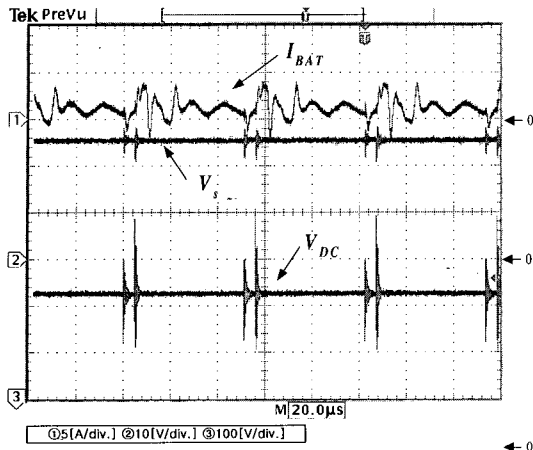


(1) Sw_1 게이트 신호 (2) Sw_1 양단전압
(3) DC 링크전압 (4) Sw_1 전류

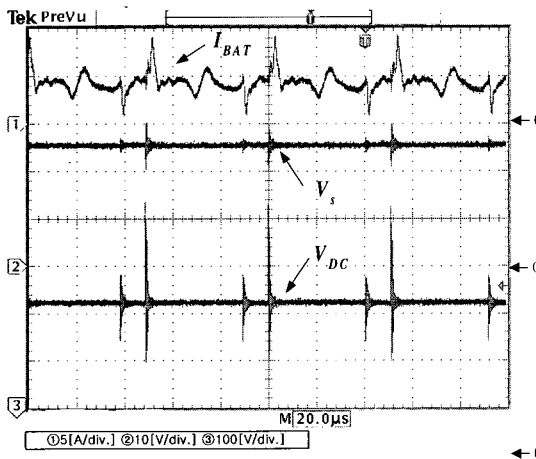
(b) 500 [W] 부하

그림 4 부하변동에 따른 Sw_1 의 게이트 신호, 스위치 양단 전압 및 전류, DC 링크전압
Fig. 4 Gate signal of Sw_1 , voltage across Sw_1 , Sw_1 current, and DC-link voltage according to load variation

그림 5(a)와 (b)의 파형은 충전 동작시의 배터리 충전전류 I_{BAT} 와 배터리 전압 V_S 의 파형이다. 그림 5는 Sw_3 , Sw_4 의 듀티비 가변에 의한 충전시의 배터리의 전압 및 전류 파형을 나타내고 그림 5(a)는 도통율 15 [%], 그림 5(b)는 도통율 30 [%]시의 충전전류, 충전 전압 파형을 각각 나타낸다.



(a) 정상충전 = Duty ratio: 15 [%]



(b) 급속충전 = Duty ratio: 30 [%]

그림 5 배터리의 전압 및 충전 전류

Fig. 5 Battery voltage and charging current

표 2는 부하 변동에 따른 전체 시스템 효율을 나타낸다. 본 실험에서는 부하변동과 관계없이 76 [%] 이상의 효율을 보임을 확인할 수 있다.

표 3은 인버터 동작에 있어서의 출력전압의 안정도를 테스트한 결과로 모든 조건에서 2 [%] 이내로 측정됨을 알 수 있다.

표 4는 출력 주파수 특성, 그리고 표 5는 저항 부하시의 부하변동에 따른 THD를 보여준다.

표 6은 충전기 동작에 있어서의 각 충전 방식에 따른 THD를 나타내는데, 모든 조건에서 THD 10 [%] 이내를 충분히 만족함을 보여준다.

표 2 인버터 동작에 있어서의 효율 특성

Table 2 Efficiency in the inverter operation

부하량 (정격의[%])	battery [V]	battery [A]	AC출력 [V]	AC출력 [A]	효율 [%]
50	24.3	26.5	219.5	2.31	78.74
70	23.8	36.6	218.7	3.18	79.84
100	23.2	58.98	217.3	4.83	76.74

표 3 인버터 동작에 있어서의 출력전압의 안정도

Table 3 Stability of the output voltage in the inverter operation

전압 범위 [V]	부하량 [%]	AC 출력 [V]	부하량 [%]	AC 출력 [V]
215.6	0	223.2	75	218.5
~	25	222.5	100	217.3
224.4	50	221.4	-	-

표 4 인버터 동작에 있어서의 출력 주파수의 안정도

Table 4 Stability of output frequency in the inverter operation

주파수 범위 [Hz]	부하량 [%]	출력주파수 [Hz]	부하량 [%]	출력주파수 [Hz]
59.82	0	59.95	75	60.02
~	25	59.98	100	59.95
60.18	50	60.12	-	-

표 5 인버터 동작에 있어서의 출력 파형 왜율

Table 5 THD of output waveform in the inverter mode

부하량 (정격의[%])	파형 왜율 [%]	부하량 (정격의[%])	파형 왜율 [%]
0	1.3	75	1.3
25	1.1	100	1.3
50	1.2	-	-

표 6 충전기 동작에 있어서의 입력 파형 왜곡률

Table 6 THD of input waveform in the charge mode

정전압 충전시	정전류 충전시	급속 충전
7.3 [%]	8.6 [%]	9.5 [%]

5. 결론

본 논문에서는 DC 24[V]/ AC 220[V] 정현파 출력 인버터 기능과 자동충전기 기능을 가진 전원 장치 시스템을 제안하고 정현파 출력 인버터 기능과 자동 충

전기 기능이 모두 KSC4310과 IEC478의 성능 기준에 만족하는지를 실험을 통하여 검증하고, 이동식 및 비상 전원의 전원 장치로서 역할에 대한 타당성을 검증하였다. 본 논문에서 제안하는 전원장치는 두 기능을 동시에 가지면서도 전력 수수의 라인을 하나의 라인으로 회로구성을 실현하여 스위치 소자 및 고주파 트랜스를 인버터 동작이나 충전기 동작시에 겸용으로 사용함으로써 인버터나 충전기 각각의 제품을 구성하는데 사용된 제품 구성품에 비하여 매우 경제적이며, 저가의 마이크로 프로세스를 사용하여 스위칭 동작 및 시퀀스 회로의 동작을 제어함으로써 전체 시스템을 간략화 시켰다.

본 논문은 중소기업 기술혁신개발사업의 지원을 받아 연구되었음.

참 고 문 헌

[1] K.K. Sen et al, "Unity power factor single phase power conditioning", IEEE/PESC '87, pp. 959~967, 1989.

[2] C.P. Henze et al, "A digitally controlled AC to DC power conditioner that draws sinusoidal current", IEEE/PESC '86, pp. 531~540, 1986.

[3] 조준석, 이승요, 김홍성, 최규하, "3상 UPS의 정전압 출력특성 향상을 위한 개선된 테드비트 디지털 제어기의 설계", 전력전자학회 논문지, 제5권, 제1호, pp. 1~10, 2000년.

[4] 정규범, "배터리 충전기용 영전압 PWM 컨버터", 전력전자학회 논문지, 제3권, 제4호, pp. 375~381, 1998년.

[5] P.N. Enjeti et al, "A high performance phase AC to DC rectifier with input power factor correction," IEEE/APEC '93, pp. 190~195, 1993.

[6] W.I. Tsai et al, "Modeling and control of single phase switching mode rectifiers with near optimum dynamic regulation", IEEE/IECON '91, pp. 501~506, 1991.

[7] J.J. Spangler et al, "A comparison between hysteretic and fixed frequency boost converters used for power factor correction", IEEE/APEC '93, pp. 281~286, 1993.

[8] W.I. Tsai et al, "Design of a high performance three phase UPS with unity input power factor and high DC voltage conversion ratio", IEEE/IAS '93, pp. 105~110, 1993.

[9] A. Boost et al, "Towards a zero-output impedance UPS system", IEEE Trans. on Industrial Appl., Vol.

25, No. 3, pp. 408~418, 1989.

[10] 노정욱, 한승훈, 윤명중, "축전지 구동 응용을 위한 새로운 승압형 DC/DC 컨버터", 전력전자학회 논문지, 제5권, 제1호, pp. 34~38, 2000년.

[11] 이기선, 조운제, 장기영, 조보형, "인공위성 병렬 연결 배터리 모듈 시스템을 위한 새로운 배터리 충·방전기", 전력전자학회 논문지, 제5권, 제6호, pp. 537~543, 2000년 12월.

저 자 소 개



강필순(姜弼淳)

1973년 9월 5일생. 1998년 경상대 전기공학과 졸업. 2000년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.



이정환(李正漢)

1974년 9월 1일생. 2000년 부경대 전기공학과 졸업. 2002년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(석사).



박성준(朴晙濬)

1965년 3월 20일생. 1991년 부산대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2002년 동 대학원 지능기계공학과 졸업(박사). 1996년~2000년 거제대학 전기과 조교수. 현재 동명대학 전기과 조교수.



김철우(金喆禹)

1942년 12월 5일생. 1969년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1974년 일본 전기통신대학 전자공학과 졸업(석사). 1982년 일본 동경공업대 전기전자공학과 객원교수. 1986년 중앙대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 부산대 전자전기통신공부 교수. 당 학회 자문위원.