

NEV용 1.5[kW]급 저가형 충전기 개발에 관한 연구

A Study on Development of 1.5 [kW] Low-cost Battery Charger for NEVs(Neighborhood Electric Vehicles)

이 찬 송* · 정 진 범** · 이 백 행*** · 허 진†

(Chan-Song Lee · Jin-Beom Jeong · Baek-Haeng Lee · Jin Hur)

Abstract - In this paper, the battery charger developed which is satisfy by the characteristics of the rapid control and reduce the cost of the charger. analog-digital mixed mode controller developed with dedicated IC for PWM control and low-performance micro-processor is using for the operation control of charger. The low-cost NEV charger developed to verify the performance and usability is verified with charging battery experiment by of using developed charger.

Key Words : On-board battery charger, Power Factor Correction (PFC), Battery Charger, Phase Shift Full-Bridge(PSFB) converter, Neighborhood Electric Vehicles (NEVs)

1. 서 론

최근 전 세계적인 대기오염 및 지구 온난화에 대한 우려로 친환경 고효율 자동차에 대한 요구가 크게 증대됨에 따라 연비성능이 우수하면서도 환경오염 배출이 적은 HEV, PHEV 및 EV 등의 친환경 자동차에 대한 관심도 한층 더 높아지고 있다. 특히 PHEV나 EV와 같이 외부에서 공급된 전기에너지를 차량 내 배터리에 저장하여 주행에 사용하는 플러그인 전기자동차(Plug-in EV)의 기술개발은 매우 활발하게 진행되고 있으며, 이와 더불어 상용계통 전력을 차량에 전달하고 배터리를 충전하는 충전인프라 및 충전시스템에 대한 연구개발도 다양하게 진행되고 있다[1].

전기자동차의 배터리를 충전하기 위한 다양한 형태의 충전시스템이 있다. 그 중에 차량에 탑재되어 있으면서 공급된 교류전력을 직류로 변환하여 배터리를 충전하는 차량 탑재형 충전기(OBC, On-board Charger)가 있다. 탑재형 충전기는 차량에 장착되어 운용되기 때문에 차량 내 타 제어기와 통신을 통한 제어가 필수적이며, 차량 부품으로서의 신뢰성 확보와 더불어 소형, 경량화를 통한 전력밀도 향상이 중요한 설계 요소가 된다. 또한 상용전력계통과 직접적으로 연계되기 때문에 계통측 전력품질유지를 위한 EMI 필터나 역률개선회로 등도 적용되어야 하며, 이에 따라 대부분의 차량 탑재형 충전기는 역률개선을 수행하는 교류-직류(AC-DC) 컨버터와 배터리 충전 제어를 위한 직류-직류(DC-DC) 컨

버터로 구성되어 있다.

이러한 차량 탑재형 충전기의 제어부는 소형, 경량화를 고려한 높은 스위칭 주파수에서의 제어와 더불어 입/출력 전압 및 전류 측정과 통신을 통한 측정값의 전송 등을 고려하여 빠른 연산처리가 가능한 고성능의 마이크로프로세서나 DSP가 적용된 디지털 제어기로 구현하는 것이 일반적이다.

그러나 고성능의 마이크로프로세서나 DSP를 사용하더라도 AC-DC 컨버터와 DC-DC 컨버터를 동시에 높은 스위칭 주파수로 제어하기 위해 요구되는 교류 입력전압 및 전류, 출력전압 및 전류, 스위치 전류 등의 검출(Sensing)과 매우 빠른 연산 및 제어 루프(Loop) 구현, PWM 신호 생성 등을 짧은 스위칭 주기 내에 수행하는 것이 어려울 수 있다. 따라서 PWM 생성 신호의 매 주기가 아닌 몇 주기마다 피드백(Feedback)된 값을 적용하거나 AC-DC 컨버터는 전용 IC를 사용하여 제어하고 DC-DC 컨버터 부분만 디지털 방식의 제어기로 구현하는 방식들이 적용되기도 한다.

그러나 이러한 방식들에 있어서도 안정적인 배터리 충전 제어를 위한 타 제어기와 통신 및 보호기능의 구현과 함께 DC-DC 컨버터를 100[kHz] 정도의 높은 스위칭 주파수로 제어하여 10[us] 이내의 제어주기를 갖도록 구현하는 것은 여전히 어려운 사항이다. 그럼에도 불구하고 이를 달성하고자 한다면 매우 우수한 고가격, 고성능의 제어기를 적용하거나 다수의 연산기를 복합적으로 사용해야 하며, 이는 곧바로 충전기 자체의 제조비용을 상승시키는 요인이 된다.

그러므로 본 논문에서는 배터리 충전에 요구되는 빠른 제어특성을 만족하면서도 충전기 자체의 가격을 저감시킬 수 있도록, PWM 제어를 위한 전용 IC와 통신 및 충전기 동작 제어를 위한 저사양의 마이크로프로세서를 함께 사용하는 방식의 아날로그-디지털 혼합형 제어기를 구현하였다. 또한 사용자가 필요에 따라 충전기의 기능을 추가하거나, 저가격화를 목적으로 일부 기능을 제거할 수 있도록 추가 제어모듈 형태의 구성이 가능토록 하였다. 본 논문에서는 구현된

* 준 회 원 : 울산대 전기전자정보통신공학부 석사과정

** 정 회 원 : 자동차부품연구원 선임연구원

*** 정 회 원 : 자동차부품연구원 센터장

† 교신저자, 시니어회원 : 울산대 전기전자정보통신공학부 조교수

E-mail : jinhur@ulsan.ac.kr

접수일자 : 2011년 10월 19일

최종완료 : 2012년 3월 22일

제어기의 검증을 위해 저가격형의 NEV용 충전기를 개발하고, 개발된 충전기를 활용한 배터리 충전 실험을 통해 구현된 제어기의 동작 성능과 유용성을 검증하였다[2].

2. 충전기의 구성 및 제어

상용계통에서 공급받은 전기에너지를 이용하여 차량 내 배터리를 충전하는 차량 탑재형 충전기의 제어기는 안정적인 출력제어를 위해 지연이 없는 빠른 응답특성의 피드백 루프를 구성해야 하며, 이를 통한 적절한 충전제어 기능을 수행해야 한다. 또한 기본적인 충전 전압 및 전류제어 기능과 더불어 배터리관리장치(BMS, Battery Management System)와 같은 차량 내 타 제어기와의 통신 기능, 외부 충전인프라와의 연계를 통한 전력제어 기능, 충전기 및 배터리 온도특성에 따른 충전전력 제어 기능, 부하 특성에 따른 충전 알고리즘 변경 기능 등의 추가적인 기능을 구현할 수 있어야 한다.

그러나 이러한 모든 요구사항들을 고려하여 고성능 마이크로프로세서나 DSP를 적용한 제어기를 구성하고 이를 적용한 충전기를 개발하더라도, 실제적으로는 그 기능의 사용빈도가 높지 않거나 경우에 따라서는 필요하지 않을 수도 있기 때문에, 적용하고자 하는 시스템의 요구사항에 비해 과도한 성능과 가격을 갖는 충전기 개발이 될 수도 있다.

특히 NEV에서와 같이 적용하고자 하는 차량시스템의 가격 자체가 높지 않고, 기본적인 충전 제어 이외의 추가기능보다는 오히려 소형화나 저가격화가 더 큰 비중을 차지하는 시스템에의 적용을 고려할 때, 탑재형 충전기는 스위칭 주파수의 고주파화를 통한 인덕터나 커패시터의 소형화, 전용 IC를 사용한 빠른 제어특성 확보 및 저가의 제어기 선정을 통한 저가격화 등이 보다 적절한 선택이 될 수 있다.

따라서 본 논문에서는 NEV에의 적용을 고려하여 일반적인 탑재형 충전기에 비해 상대적으로 작은 1.5[kW]급의 용량을 지니고 있으면서, 빠른 피드백 루프 구현을 위해 AC-DC 및 DC-DC 컨버터를 상용화된 전용 IC로 제어하고, 상대적으로 저가인 마이크로프로세서로 기본적인 충전기 동작 제어 기능만을 갖는 충전기 제어부를 구성하였다. 그리고 기본 기능 이외의 추가 기능들에 대해서는 추가 장착형 제어모듈 형태로 구성하여 적용 시스템에서의 요구사항에 따라 추가 구성이 가능토록 하였다.

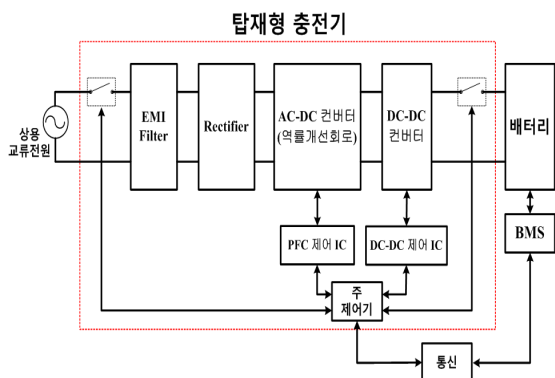


그림 1 개발 충전기의 개략적 구성도
Fig. 1 Development of the charger configuration

본 논문에서 개발한 충전기의 기본 구성도는 그림 1과 같다. 그림 1에 나타난 바와 같이 전체적인 구성은 일반적인 충전기와 유사하게 입력단 노이즈 필터부, AC-DC 컨버터, DC-DC 컨버터로 구성되어 있다. AC-DC 컨버터는 상용 계통으로부터 전달된 교류전력을 직류로 변환하고 계통에서 요구하는 역률 규제 만족을 위해 능동형 역률개선(PFC, Power Factor Correction) 회로를 적용하였다. 본 논문과는 달리 일부 논문이나 제품에서는 저가형 충전기 구현을 위해 커패시터 정류 형태의 회로로 AC-DC 변환을 구현하는 경우도 있다. 그러나 이 경우, 내부 커패시턴스 성분의 존재로 인해 교류전압 파형의 피크치 부근에서만 폭이 좁은 펄스형 전류가 짧은 시간동안 흐르게 되고, 이는 배전선에서의 임피던스에 의한 전압강하 발생, 단자전압의 왜곡, 구성부품의 요구정격 상승, 펄스성 전류에 기인한 타 기기로의 전자파 노이즈 발생 등의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 저가형 충전기라 하더라도 상용계통의 충전인프라와 연계되는 것을 고려하면 역률개선회로를 적용하는 것이 보다 안정적이다.

본 논문에서는 전류연속모드(CCM, Continuous Current Mode) 제어방식의 Boost 컨버터를 활용한 역률개선회로를 적용하였다. CCM 방식 Boost형 PFC는 입력 전압파형을 추종하도록 전류파형을 제어함으로써 상용계통 전압과 같은 정현파 형태의 전류를 생성하고, 역률을 거의 1에 가깝게 만들 수 있다. 또한 상대적으로 소형의 EMI 필터 구성이 가능하며, 최소 숫자의 부품으로 구현 가능하다는 장점을 지니고 있기 때문에 본 논문의 충전기를 구성하는데 적합하다고 할 수 있다.

그림 2는 역률개선회로가 포함된 본 논문의 AC-DC 컨버터 구성을 나타낸 것이다. 본 논문에서 개발한 충전기는 통신을 통해 BMS에서 전달받은 명령을 토대로 동작하기 때문에, 충전기의 동작특성 및 구성은 제어 알고리즘에 따라 결정된다. 본 논문에서 개발한 충전기와 연계된 BMS는 전기자동차가 외부 충전인프라와 정상적으로 연계되면 충전기를 Wake-up 시키고, 기동된 충전기의 제어기는 우선적으로 입력측 교류전압이 사양에 적합한 전압범위를 지니고 있는지 확인한다. 허용된 전압범위임이 확인되면, 그림 2의 S_{PR1} 스위치를 먼저 On 시켜 돌입전류를 방지하고, 일정시간 이후 S_{PR2} 스위치를 On 시켜 정상적인 교류전력 인가가 가능토록 한다. 입력측 교류전력이 정상적으로 인가되면 주 제어기는 PFC 회로 제어용 전용 IC에 Enable 신호를 전달함으로써 입력측 AC-DC 컨버터가 동작하게 된다. 이러한 동작

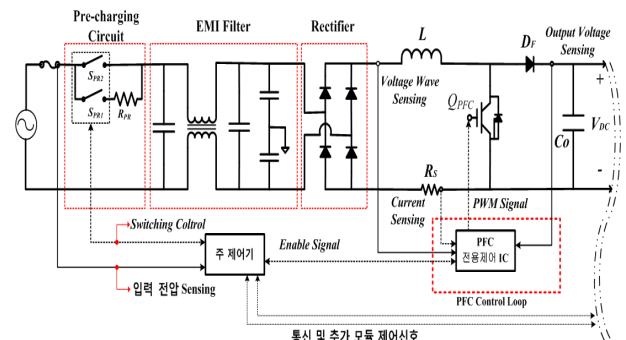


그림 2 입력단 AC-DC 컨버터
Fig. 2 AC to DC Converter

알고리즘이 적용된 AC-DC 컨버터는 빠른 피드백 루프 구성이 가능한 아날로그 방식의 전용 IC로 제어되기 때문에, 입력 및 출력의 순간적인 변동에도 즉각 대응이 가능한 장점이 있다. 또한 짧은 제어주기를 지니고 있기 때문에 PFC 회로의 스위칭 주파수를 높여 소자들의 크기를 줄이는 것도 가능하다. 다만 스위치 주파수가 높아지면 Boost형 PFC회로의 스위칭 손실이 증가하게 되며, 이는 충전기 전체의 효율을 저하시키는 원인이 될 수 있다. 따라서 효율을 고려한 스위칭 주파수 선정이 필요하며, 본 논문에서는 개발하고자 하는 충전기의 크기와 효율을 감안하여 50[kHz]의 스위칭 주파수를 갖도록 제어회로를 구성하였다.

그림 3은 본 논문에서 배터리 충전을 위해 구성한 공진형 DC-DC 컨버터를 나타낸 것이다. 구성된 컨버터는 기본적으로 풀 브릿지(Full Bridge) 형태의 토폴로지(Topology)를 지니고 있다. 일반적인 풀 브릿지 회로를 고주파의 하드 스위칭 방식으로 제어하면, 스위칭 손실이 크게 증가함에 따라 컨버터 효율이 낮아지고, 회로 내 구성소자가 지닌 기생성분들로 인해 스위치와 2차측 다이오드에 서지성의 전압 노이즈가 발생할 우려가 있다.

따라서 이러한 단점을 보완하기 위해 다양한 소프트 스위칭 방식이 제안되고 있으며, 이 중 각 스위치의 턴 온/오프(Turn on/off) 시점을 순차적으로 제어함으로써 영전압 스위칭(ZVS, Zero Voltage Switching)이 가능토록 하는 위상천이(Phase Shift) 방식이 대용량의 DC-DC 컨버터 회로에 많이 적용되고 있다. 또한 위상천이 제어방식이 지니는 문제점을 개선하기 위해 진상-레그(Leading-leg) 스위치들은 영전압 스위칭으로, 지상-레그(Lagging-leg) 스위치들은 영전류 스위칭(ZCS, Zero Current Switching)으로 동작하는 형태의 영전압/영전류 스위칭(ZVZCS) 방식의 풀 브릿지 컨버터들도 제안되고 있다. 그러나 대부분의 ZVZCS 컨버터는 별도의 능동소자 사용이 필요하고 이를 제어하기 위한 추가적인 제어회로가 요구됨에 따라, 회로 및 제어가 복잡해지고 소자의 사용 개수가 증가하는 단점이 있다.

이와는 달리 그림 3의 컨버터는 ZVZCS가 가능하면서도 ZVZCS를 위한 별도의 능동소자나 손실성 부품이 포함되어 있지 않기 때문에, 상대적으로 구성이 용이하고 효율 측면에서 유리한 장점을 지니고 있다. 또한 능동소자를 제어하기 위한 별도의 제어 회로 구성이 필요치 않기 때문에, 기존의 위상천이방식 전용IC를 사용하여 컨버터 제어를 구현하는 것도 가능하다. 그리고 추가된 회로로 인하여 2차측 정류 다

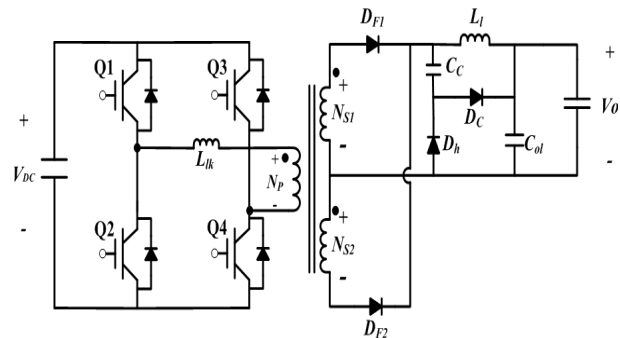


그림 3 공진형 PSFB 컨버터 회로도
Fig. 3 Resonant-type PSFB converter

이오드가 별도의 클램핑 회로나 스너버 회로 없이도 양단 전압을 클램핑하게 되는 효과가 있어, 다이오드 온-오프 시점에서 발생하는 서지성 전압을 감소시키게 된다. 이는 컨버터의 출력에서 나타날 수 있는 스위칭 노이즈를 저감시키는 데 효과적이고, 차량용 전장품에서 반드시 요구되는 전자과 성능 측면에서도 보다 유리하게 된다[3][4].

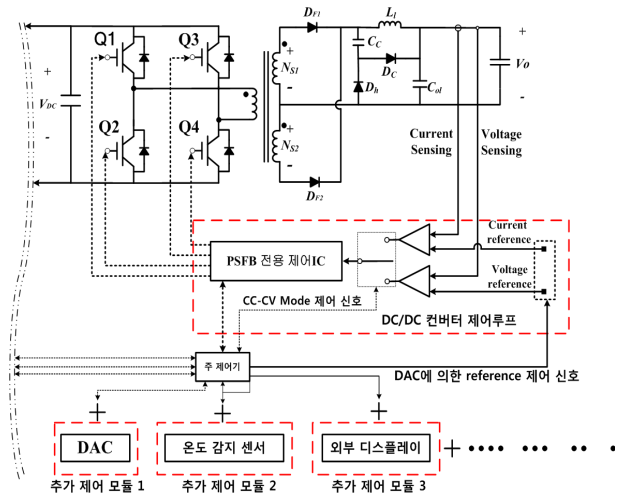


그림 4 충전기 제어루프 다이어그램
Fig. 4 Control loop diagram of the Charger

따라서 본 논문에서는 상용품의 전용 IC를 사용하면서도 효율 및 노이즈 특성이 우수한 공진형 위상천이 풀 브릿지 방식을 적용하여, 배터리 충전용 DC-DC 컨버터를 구성하였다.

전기자동차용 충전기는 역률 및 효율 등의 동작성능 확보와 더불어 안정적인 배터리 충전을 위한 충전제어 알고리즘 구현도 요구된다. 일반적으로 전기자동차용 배터리는 초기 충전 시 일정 전류로 충전하는 정전류(CC, Constant Current) 모드 충전을 수행하고, 정전류 모드 충전을 통해 상승된 배터리 전압이 설정 전압에 도달하게 되면 해당 전압을 유지하면서 충전하는 정전압(CV, Constant Voltage) 모드 충전으로 전환된다.

본 논문에서도 이와 같은 CC-CV 방식의 충전 제어알고리즘 구현을 위해, 그림 4에 나타난 바와 같이 충전기 출력전압 및 전류 피드백 회로를 별도로 구성하였다. 구성된 전류피드백 회로는 측정된 출력 전류값과 설정된 기준 전류값(Reference Current)을 비교하고, 그 차이를 반영하여 스위칭 신호를 생성토록 구성되어 있다. 이와 동일하게 CV 모드 충전에서는 측정된 출력 전압값과 설정된 기준 전압값(Reference Voltage)을 비교하게 된다. 본 논문에서 개발된 1.5[kW]급 충전기는 NEV용 72[V]급 배터리를 고려하여 최대 16[A], 90[V]의 기준 전류 및 전압값으로 설정이 가능하다.

또한 차량용 충전기는 배터리의 상태나 사용자 및 충전 인프라측 요구, 충전기 자체의 온도 등에 따라 상시로 충전 전력을 변경할 수 있어야 하기 때문에 기준 전류 및 전압값은 조절이 가능해야 한다. 본 논문에서 개발된 충전기의 제어기에서도 이를 고려하여 별도의 DAC(Digital to Analog Converter) 모듈을 추가하고 이를 충전기 전체의 동작을 제

어하는 주 제어기가 적절히 제어함으로써 전용 IC의 기준 전류 및 전압값이 변경될 수 있도록 하였다. 그러나 차량 내 타 장치 혹은 인프라측의 전력제어 요구가 없거나 반영이 필요치 않는 시스템에서는, 기준 전류 및 전압값이 하나로 지정되더라도 상관없을 수 있으며 이 경우 기준 값 변경을 위한 DAC 모듈이 필요하지 않게 된다.

따라서 본 논문에서는 전용 IC만으로 구성된 기본 제어기 구성에, 사용자나 적용 시스템에서의 요구에 따라 전력제어를 위한 별도의 제어모듈이 추가 장착될 수 있도록 제어기를 구성함으로써, 전력제어 요구에 대응이 가능하면서도 필요치 않는 경우 추가 장착형 제어모듈의 제거를 통한 제어기 최적화 구현도 용이토록 하였다. 또한 온도 감지 센서나 외부 디스플레이 기능 등에 대해서도 추가 장착형 제어모듈 형태로 구현함으로써 다양한 기능적 요구에 대응이 가능토록 하였다. 이와 같이 제어기의 기본 기능 이외에 선택적으로 요구되는 다양한 기능들은 추가 장착형 제어모듈 형태로 구현함으로써, 필요시에는 추가 장착을 통한 해당 기능의 구현이 가능한 반면 불필요 시에는 모듈 제거를 통한 구성 간략화 및 제작원가 절감이 가능하여 충전기의 효율성 및 확장성을 향상시킬 수 있다.

3. 실험 결과

본 논문에서 개발한 충전기 및 제어모듈의 동작 검증을 위해 NEV용 72[V]급 배터리를 대상으로 충전 실험을 수행하였다. 충전기의 상세한 시스템 사양은 표 1과 표 2에 나타내었다. 그리고 충전기의 하드웨어 제작 전에 3D 설계를 하여 시뮬레이션을 하였다. 구상하였던 방열판 구조와 케이스의 실행 가능성을 확인하고 방열판과 케이스가 일체형으로 설계하였다. 그림 5(a)와 (b)는 3D 시뮬레이션과 실제 제작된 충전기를 나타낸다. 그림 6는 최대 부하 조건에서 개발된 탑재형 충전기의 입력 전압 및 전류 파형을 측정된 것이다.

표 1 AC-DC 컨버터 시스템 파라미터

Table 1 System parameters of AC-DC converter

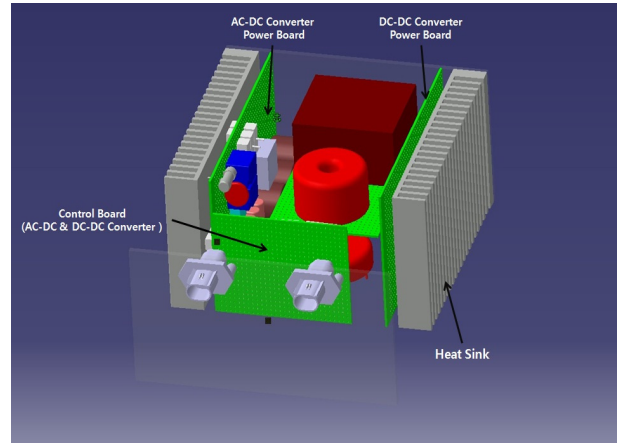
Parameters	Value [Unit]
Rated Power	1.5 [kW]
Input Voltage	220[V _{AC}] ±10%
Input line frequency	50~60 [Hz]
Output Voltage	380 [V] ±10V
Output Current (MAX)	4 [A] ±10%
Ripple Voltage	< 38 [V _{PP}]
Switching Frequency	50 [kHz]

표 2 DC-DC 컨버터 시스템 파라미터

Table 2 System parameters of DC-DC converter

Parameters	Value [Unit]
Input Voltage	370~390[V _{DC}]
Output Voltage(CV)	86 [V _{DC}]
Output Current(CC)	0.1~35 [A] (15[A], CC)
Switching Frequency	100 [kHz]
Ripple Voltage	< 860 [mV]

충전기의 AC-DC 컨버터는 전용 IC의 CCM 제어를 통해 입력전류가 전압 파형을 추종하도록 제어하게 되며, 그림 6의 실험결과로부터 입력전류 파형이 전압 파형과 위상차가 없는 정현파 형태의 파형으로 나타남을 확인할 수 있다. 이는 입



(a)



(b)

그림 5 개발된 NEV용 1.5[kW]급 충전기

(a) 3D 시뮬레이션 (b) 제작된 충전기 사진

Fig. 5 Charger developed for NEV 1.5 [kW] Class

(a) 3D drawing (b) Picture of charger

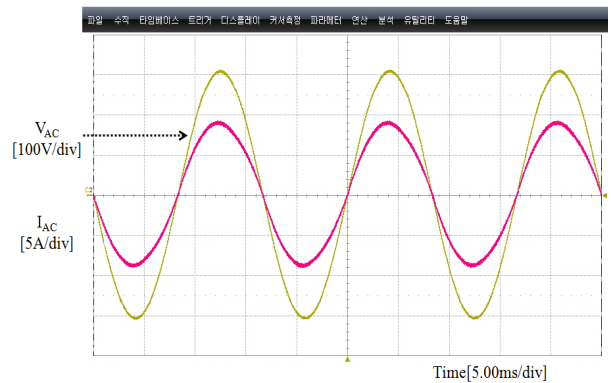


그림 6 충전기 입력 전압 및 전류 파형

Fig. 6 Input voltage and current waveform of AC-DC converter

력측 역률이 95[%] 이상의 매우 우수한 역률을 나타냄을 의미하며, 그림 7에 나타난 바와 같이 전력분석기를 이용하여 측정된 전체 부하범위에서의 역률 측정 결과로부터 확인이 가능하다. 측정 결과에 따르면, 충전기는 400[W] 이상의 부하범위에서 98[%] 이상의 높은 역률 특성을 지니고 있으며, 정격부하에서 최대 99.5[%]의 높은 역률을 나타내었다.

그림 8은 충전기의 DC-DC 컨버터부를 구성하고 있는 1

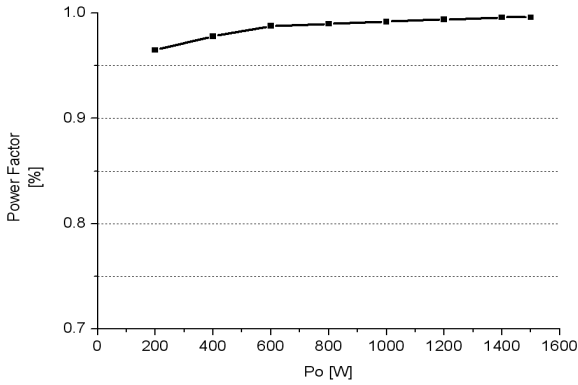
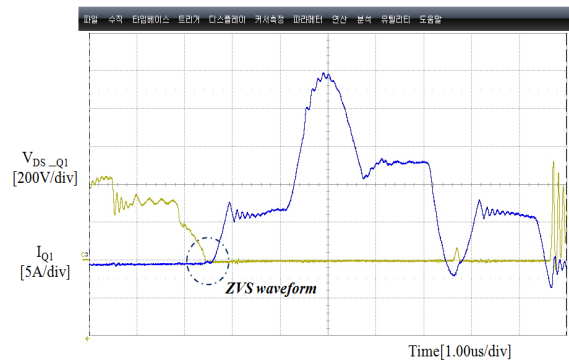
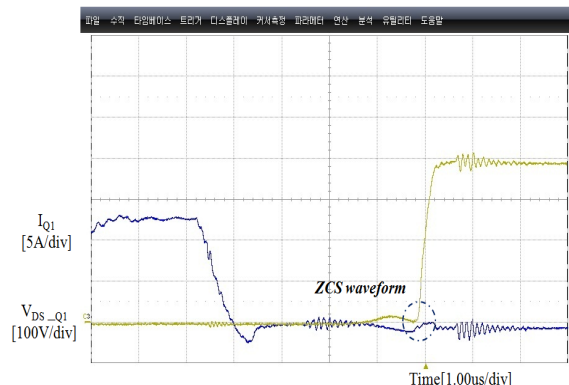


그림 7 충전기 입력측 역률 특성
Fig. 7 Measured power factor



(a)



(b)

그림 8 DC-DC 컨버터 스위치의 ZVZCS 파형
(a) ZVS 파형 (b) ZCS파형

Fig. 8 ZVZCS waveform of DC-DC converter switches
(a) ZVS waveform (b) ZCS waveform

차측 Q1 스위치의 드레인-소스 전압 V_{DS} 와 스위치 전류 I_Q 의 파형을 측정된 결과이다.

측정 결과로부터 V_{DS} 가 0인 시점에서 턴-온 때에 ZVS가 됨을 그림 8(a)로 부터 확인할 수 있다. 또한 턴-오프 때에 ZCS가 됨을 그림 8(b)를 통하여 확인 하였다. 개발된 충전기는 경부하 및 최대부하 조건에서 ZVS 영역이 정상적으로 확보되도록 설계되어 있다. 그림 8과 같은 동작특성을 갖는 AC-DC 컨버터와 DC-DC 컨버터가 포함된 충전기의 출력 특성은 그림 9 및 그림 10와 같다. 그림 9은 초기 동작 시점에서 배터리를 일정 전류로 충전하는 정전류 모드 충전 상태의 파형으로, 출력 전류는 16[A]로 고정되어 있고 출력 전압은 점차 상승하게 된다. 상승된 전압이 설정된 전압 86.4[V]에 도달하게 되면, 충전기는 그림 10와 같은 정전압 모드 충전 상태로 전환된다. 정전압 모드 충전에서는 출력전압이 유지되며 출력전류는 점차 감소하게 된다. 그림 10는 출력전류가 5[A] 정도로 감소된 상태이다.

그림 8의 파형을 보면, 충전기를 구성하고 있는 제어부의 빠른 제어 특성과 공진형 DC-DC 컨버터의 ZVZCS 영향으로 출력측에 서지성 노이즈나 큰 출력리플 성분이 나타나지 않음을 알 수 있다. 다만 그림 9의 출력전류 파형은 그림 10에 비해 상대적으로 큰 리플성분이 포함하고 있으며, 이는 정전류 모드 충전제어를 위해 출력 전류값을 검출하는 CT(Current Transformer)에서의 지연 및 오차에 기인한 것으로 판단된다.

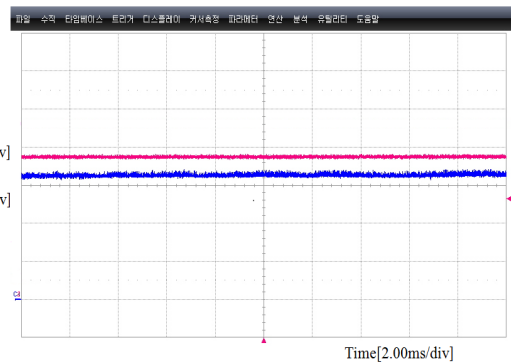


그림 9 충전기 출력 전압 및 전류 파형 (CC 모드 충전)

Fig. 9 Waveforms of output voltage and current of charger (CC Mode)

그러나 이는 배터리나 다른 장치로의 영향이 거의 없는 미미한 수준이며, 개발된 충전기가 정상적으로 동작하는데 전혀 영향을 미치지 않기 때문에 무시할 수 있다.

그림 11은 본 논문에서 개발된 충전기의 효율을 측정된 결과이다. 효율은 전력분석기로 측정되었으며, 500[W]이상의 부하 조건에서 90[%] 이상의 효율을 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한 충전기의 정격인 1.5[kW] 최대 부하에서 92.1[%]의 효율을 나타내고 있다. 개발된 충전기는 AC-DC 컨버터를 Boost형 역률개선회로 형태로 구성하고 이를 하드 스위칭 방식으로 제어하고 있어, 향후 소프트 스위칭 방식의 적용을 통한 약간의 효율 향상도 가능할 것으로 판단된다. 다만 효율 개선으로 인한 장점과, 추가되는 소자부품이나 회로 구성에 기인한 가격적 단점과의 비교 분석이 수행될 필요가 있다.

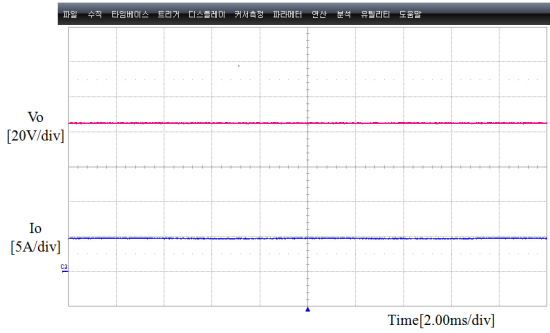


그림 10 충전기 출력 전압 및 전류 (CV 모드 충전)
 Fig. 10 Waveforms of output voltage and current of charger (CV Mode)

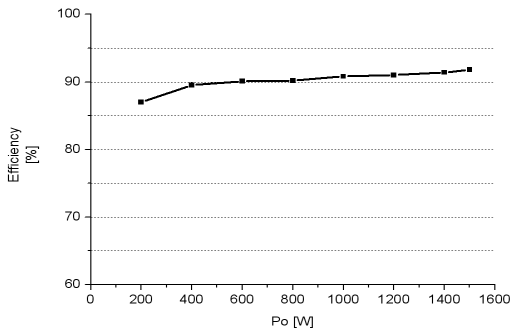


그림 11 개발된 충전기의 측정된 효율
 Fig. 11 Measured efficiency

4. 결 론

본 논문에서는 배터리 충전에 요구되는 빠른 제어 특성을 만족 하면서도 가격 경쟁력이 고려된 제어부를 갖는 NEV용 차량 탑재형 충전기를 개발하였다. 개발된 충전기는 충전기 자체의 가격을 저감 시킬 수 있도록 상용품의 전용 IC를 사용하여 PWM 제어부를 구성하고, 통신 및 충전기 동작제어를 위한 저사양의 마이크로프로세서를 함께 사용함으로써 빠른 충전제어 특성과 더불어 차량 내 다른 제어기와 연계 동작이 가능토록 하였다. 또한 충전기의 기본적인 동작 이외에 정전압/정전류 충전의 기준 전압 및 전류 제어 기능, 디스플레이 장치 제어 기능 등은 선택적으로 추가 장치가 가능한 형태의 제어모듈화 함으로써 전용 IC 사용에 따라 제어 유연성이 감소될 수 있는 문제의 보완이 가능토록 하였다. 이와 같이 본 논문에서 개발된 충전기는 기본형 충전기를 다수 생산하고, 적용 시스템이나 사용자 요구에 따라 추가기능을 각각 선택적으로 포함시켜 사용할 수 있기 때문에 제품 생산의 효율성이 높고 확장성이 크며 저가격화 달성이 가능한 장점이 있다.

참 고 문 헌

[1] Niu Liyong, Jiang Jiuchun, Zhang Weige, "Study on Optimum Design Procedure of Charger Based on Full-Bridge Phase-Shifted ZVZCS Converter" IEEE VPPC, 2008.
 [2] 조한진, 이원철, 이상석, 이수원, 원충연, "전역통과필터를 이용한 ZVZCS PS-FB DC/DC 컨버터의 제어", 조명·전기설비학회논문지, pp. 152~159, 2010

[3] Y. Xiaobo, W. Weiyang, and S. Hong, "Analysis and modeling of the ZVZCS full bridge PWM DC-DC converter using a secondary auxiliary circuit", IEEEPEESC, pp.1018-1023,2005.
 [4] X. Ruan, and Y. Yan, "A Novel zero-voltage and zero-current-switching PWM full-bridge converter using two diodes in series with the lagging leg", IEEETransonPowerElectronics, pp.777-785,2001.

저 자 소 개



이 찬 송 (李贊松)

1983년 7월 7일생. 2010년 울산대 공대 전기전자정보시스템 공학부 졸업. 2010년~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정
 Tel : 052-259-1532
 E-mail : leestorm40@naver.com



정 진 범 (鄭鎭範)

1976년생. 2001년 한양대학교 전기공학과 졸업. 2003년 동 대학원 전자전기제어계측공학과 졸업(석사). 2007년 동 대학원 전자전기제어계측 공학과 졸업(박사). 현재 자동차 부품 연구원 선임 연구원
 Tel : 041-559-3298
 E-mail : jbjjeong@katech.re.kr



이 백 행 (李栢行)

1969년생. 1992년 중앙대학교 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 200x년 한양대학교 전자전기제어계측공학과 졸업(박사). 현재 자동차부품 연구원(KATECH) 전장기술연구센터 센터장
 Tel : 041-559-3166
 E-mail : leehb@katech.re.kr



허 진 (許眞)

1999년 공학박사, 한양대(전기공학), 1999년~2000년 Texas A&M Univ. Post-doctoral Research Associate, 2000년 ~2001년 한양대 연구교수, 2002년~2008년 전자부품연구원 지능메카트로닉스연구센터장/책임연구원, 2008년~현재 울산대 전기전자정보시스템 공학부 조교수, 2004년~현재 IEEE Senior Member, 2006년~현재, Associate Editor, IEEE Trans. on Power Elec., 2008년~현재, Associate Editor, IEEE Trans. on Vehicular Technology. 2008년~현재, IEEE Intelec 2009 Conference, Publication Chair. 2009년~현재, KIEE Senior Member 및 B부문 편집이사.
 Tel : 052-259-1282
 E-mail : jinhur@ulsan.ac.kr