

AGV 로봇의 배터리 병렬운전 기반의 전압 가변형 충전기 구현에 관한 연구

조 정 훈¹ · 이 동 학² · 김 선 명³ · 양 재 수^{4*}¹(주)엑스포 대표이사²삼육대학교 SW융합교육원 교수^{3,4*}단국대학교 자유교양대학, 전자전기공학부 교수

A Study on the Implementation of Voltage Variable Charger based on Battery Parallel Operation of AGV Robot

Jeong Hoon Cho¹ · Dong Hahk Lee² · Sun Myung Kim³ · Jae Soo Yang^{4*}¹CEO, Expo Ltd., Seong-Nam City, Gyeonggi-Do, 13290, Korea²Professor, Institute of SW Convergence Education, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea^{3,4*}Professor, Dankook University, Yongin-si, Gyeonggi-do 16890, Korea

[요 약]

AGV는 제조사 별로 종류가 다른 배터리가 내장되어 있다. 상용화된 AGV용 충전기의 배터리 충전전류는 충전용량에 따라 가변적으로 대응되는 제품이 대부분이다. 그러나 배터리 셀의 구성에 따른 충전 전압은 고정전압 형태의 제품으로 구성되어 있어 내장 배터리의 충전 특성에 맞는 적합한 충전 장치로 활용하는데 불편함이 매우 크다. 이 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 전력변환 효율을 높이기 위해 Full Bridge 공진형 회로 기술을 적용하고 DSP 제어를 활용한 Phase Shift ZVS-PWM 스위칭 기술을 적용하였다. 또한 CAN을 활용한 충전 모듈간 전류 균등제어를 사용하여 병렬운전 제어가 가능한 전압가변형 충전기를 설계하였다. 제안 시스템은 전압(20 ~ 80V), 전류(0 ~ 100A)범위의 병렬운전이 가능한 전압가변형 충전기를 구현하였으며, 시험 결과에서 규격에 맞게 동작함을 확인하였고, 역률 90% 이상의 성능을 검증하였다.

[Abstract]

AGVs have different types of built-in batteries for each manufacturer. Most of the commercially available chargers for AGVs respond variably to the battery charging current depending on the charging capacity. However, since the charging voltage according to the configuration of the battery cell is composed of a fixed voltage type product, it is very inconvenient to use it as a suitable charging device considering the charging characteristics of the built-in battery. In order to solve this problem, this paper applies the technology of the full bridge resonant circuit to increase power conversion efficiency. Also, we apply the phase shift ZVS-PWM switching drive technology using DSP control and the current balancing between charging modules using CAN. It can be possible to develop a voltage variable charger that can control parallel operation. The proposed system implemented a variable voltage charger capable of parallel operation in the voltage (20 ~ 80V) and current (0 ~ 100A) ranges. From the test results, it is operated according to the specification and verified the performance with a power factor of 90% or more.

색인어 : 충전기, 가변전압, 병렬운전, 직렬 컨버터/직렬 컨버터, 무인운반차량, 계측기 제어 통신망**Keyword** : Charger, Voltage-variable, Parallel Operation, DC/DC Converter, AGV, CAN<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2023.24.2.353>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 27 November 2022; Revised 10 January 2023

Accepted 31 January 2023

*Corresponding Author, Jae-Soo Yang

Tel: 

E-mail: js-yang1@daum.net

I. 서론

무인운반차량(AGV, Automatic Guided Vehicle)은 차량에 적용된 많은 안전 알람 및 표시장치 등 ICT 융합 기능이 탑재되어 이동 경로 및 주위 구동 환경에 대한 영향이 적은 편이며, 상대적으로 사용과 운전 방법에서 다목적 응용이 가능해졌다. 또한, 설치 유지보수의 비용이 저렴하고, 무인화 자동업무 분야에서 응용이 늘어가고 있다[1][2]. AGV는 무인운반 차량이므로 내부에 장착된 배터리를 전원으로 DC 서보모터를 활용하여 구동된다. 일반적으로 AGV는 제조사별로 다양한 종류의 배터리를 내장하고 있고 제어방식 또한 각각 다른 상황이다. AGV가 작업량에 따라 배터리 용량이 소모되고 다시 AGV에 탑재된 배터리를 재충전하여 작업을 지속하게 된다. 이와같이 다양한 AGV를 사용하는 무인운반 산업현장에서 작업형태에 따른 병렬운전 환경 구성과 다양한 전압, 전류범위의 충전방식에 맞는 효율적인 AGV 구동용 배터리를 충전하기 위한 전압 가변형 충전기 구현이 필요하다[3]-[5].

기존의 AGV용 충전기의 배터리 충전전류는 충전용량에 따라 가변적으로 대응되는 제품이 상용화되어 있으나 배터리 셀의 구성에 따른 충전전압은 고정전압 형태의 제품으로 구성되어 있어 충전 특성에 맞는 적합한 충전 장치를 응용에 대한 한계와 사용상 불편함이 매우 큰 상황이다. 이 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 전력변환 효율을 높이기 위해 Full Bridge 공진형 회로의 설계기술을 적용하고 DSP 기술을 적용한 Phase Shift ZVS-PWM 스위칭 Drive 기술을 적용한 전압가변형 충전기를 구현한다[7]. 제안하는 시스템은 CAN(Controller Area Network)을 활용한 병렬제어로 다양한 종류의 배터리 충전 특성에 대응할 수 있는 전압, 전류 적용 범위가 넓고 확장성 큰 전압 가변형이다.

본 논문의 구성을 다음과 같다. II 장에서 병렬 운전 기반의 전압가변형 충전기를 설계하고, III 장에서는 설계된 전압 가변형 충전기의 구현과 시험 결과를 기술한다. 끝으로 IV 장에서 결론을 맺는다.

II. 병렬운전 기반의 전압 가변형 충전기 설계

AGV 시스템은 크게 이동체 제어기, 구동 장치, 조향장치, 레이저 스캐너, 통신 제어장치, 배터리 팩, 배터리 충전장치 등으로 구성되어 있으며, 각 부분의 기능은 다음과 같다[6].

2-1 AGV 주요 기능

1) 이동체 제어기

이동체 제어기는 AGV 시스템 제어에 필요한 신호감지 제어 기능, 주변장치 제어 기능, 통신 제어기능, 모터 제어기능 등을 수행하고, 또한 별도의 저항소자를 통하여 사용자가 작성한 프로그램과 링크되어 동작할 수 있는 기능을 가지고 있다.

2) 구동 장치 및 조향 장치

AGV의 구동(전진과 후진) 그리고 조향(좌우 진행 방향)을 제어하는 장치로서 주로 4상한 모드(4-Quadrant type)의 제어 개념을 적용한 PWM 방식의 Servo 증폭기로 구성되어 있다.

3) 레이저 스캐너

반사판(Reflector)에서 반사되어 오는 레이저 신호를 검출하여 Vehicle controller에 전달하여 주는 기능을 수행한다.

4) 통신 제어장치

중앙제어 시스템과의 통신을 통해 AGV 시스템의 호출 신호, 주행명령 데이터, AGV 상호 간에 충돌 방지 등을 위한 신호 통신 기능을 수행한다.

5) 배터리 팩

AGV 시스템의 주전원(Controller, Network 장치, 전동기 구동 시스템 등)의 전원공급을 공급하는 기능을 수행한다.

6) 배터리 충전장치

AGV에서 필요한 모든 전원을 공급하는 배터리의 충전 장치로서 균등 충전 및 부동 충전 제어장치의 기능을 갖고 고전력 밀도의 제어를 수행한다.

2-2 배터리 충전 시스템 설계

AGV의 구동 능력 범위는 제어기 및 주변 장치의 성능 이외에 배터리에 충전되어 사용할 수 있는 에너지 양에 달려있으며, 가속 능력은 AGV가 이용할 수 있는 배터리 전력에 관계된다. AGV에 탑재되어 있는 AGV 시스템의 주전원(Controller, Network 장치, 전동기 구동시스템의 전원공급)으로 사용되는 배터리의 충전시스템 기능은 다음과 같은 특성을 요구한다.

- ① 배터리 충전기가 고전력 밀도를 가질 것
- ② 배터리의 충전시간을 짧게 하고 충전용량을 보존할 것
- ③ 충전기 자체의 무게와 크기가 작을 것
- ④ 배터리 수명 연장을 위하여 과충전을 최소화 할 것
- ⑤ 배터리 잔존용량의 예측이 가능할 것
- ⑥ 고신뢰성이며 안전할 것

본 논문에서는 위와 같은 요구사항을 맞추기 위하여 ① 대전력 전력변환 회로기술을 적용한 AGV 내장 배터리용 전압 가변형 충전기 시스템 기술, ② AGV 내장 배터리용 전압 가변형 충전기 제어 회로 및 소프트웨어 기술, ③ 전력계측 및 피드백 제어기술 및 DSP 제어를 위한 펌웨어(Firmware) 기술을 적용하였다. 각 기술에 대한 설계 요구사항은 다음과 같다.

1) 전력 변환 기술

- 다양한 배터리 특성에 대응하기 위해 대전력 전력변환 회로 기술을 적용하여 전압/전류 가변형 제품설계
 - o 전압범위 : 20 ~ 80V(조정가능)
 - o 전류범위 : 0 ~ 100A(조정가능)
- 운전방식은 Local/Host, 즉 자체 설정 및 원격 설정 가능 구현

- AGV 내장 배터리용 전압 가변형 충전기의 효율이 90% 이상
- AGV 내장 배터리용 전압 가변형 충전기의 대전력 역률 보정 회로기술을 적용하여 역률이 90% 이상

2) 제어회로 및 SW

- Soft Start/Charging Sequence Control 등을 DSP (Digital Signal Processor)을 이용한 제어 프로그램 설계
- Phase Shift ZVS-PWM 및 2차 측 정류회로 설계
- 절연 제어계측 회로, EMI 대책회로, PFC단 회로, DSP를 적용한 Phase Shift ZVS-PWM 스위칭 회로 설계

3) 인터페이스 및 보호 기능

- CAN 통신을 활용한 모듈 간 전류량 균등 제어 전용 마스터 방식 설계, CAN/RS-232/Digital I/O 각 4Port 프로그램을 설계하여 원격조정이 가능하도록 설계
- 출력 과전류(충전전류)/과전압/저전압/온도 보호 등 다양한 보호 기능 구현
- 설계 요구 사항에 따른 시스템의 블록다이아그램을 그림 1에 나타냈었다.

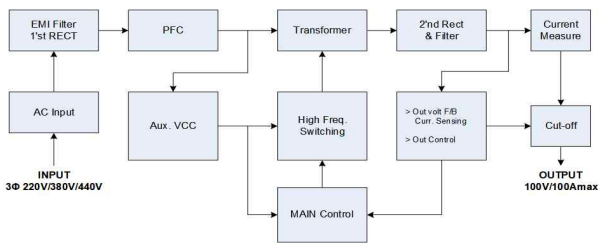


그림 1. AGV 내장 배터리용 전압가변형 충전기 블록다이아그램
 Fig. 1. Block diagram of the proposed voltage-variable charger for internal battery of AGV

III. 시스템 구현 및 시험 결과

3-1 시스템 구현

AGV 로봇 내장형 배터리 충전을 위한 병렬운전 기반의 전압가변형 충전기를 구현한다. 배터리 충전기는 충전 전압을 20V~100V까지 설정이 가능하며, CAN 통신을 활용한 제어로 병렬운전 기능을 가지고 있어 용량 증대가 용이한 구조로 되어 있다. 충전 모듈의 전력부는 교류 삼상 전원을 공급받아 EMI 필터를 포함한 입력 회로와 인덕터를 사용한 역률개선 정류회로, 1차와 2차 회로가 절연된 DC/DC컨버터의 2-stage로 된다. 또한 제어부는 DSP를 사용하여 회로를 제어하고 감시하는 구조 구현하였다. 제안하는 병렬 운전 제어 기반의 전압가변형 충전기의 규격은 표 1과 같다. 이 규격을 고려하여 실제 구현을 위하여 그림 2와 같이 회로도를 구성하였으며 회로도 각 블록의 기능에 대하여 기술하였다.

표 1. 병렬 운전 제어용 전압가변형 제안 충전기 단위 모듈 규격
 Table 1. The specification of the proposed voltage-variable charger unit for parallel operation control

item	Standard
Input voltage	3Phase 220/380/440Vac ±10%
Input Vurrent	24A at 220Vac
Input frequency	60Hz
Output Capacity/Voltage/Current	Max. 8kW/Max. 80V/Max. 100A
Output ripple current	±3% below
Efficiency	90% above
Control method	Phase Shift ZVS-PWM method
Charge algorithm	CC - CV
driving command method	Local / Host
Interface	RS-485, RS-232, Digital Input(2ch), Digital Output(2ch)
protection function	Output over current, output over voltage, output under voltage, internal temperature, no load
Main function	Soft Start, Charging Time Control, Charging Sequence Control, Voltage Upper-Low Voltage Limit
Operating temperature	-10℃ ~ 40℃
Size	430(W) * 560(D) * 88.3(H)[mm]
Cooling method	Forced cooling

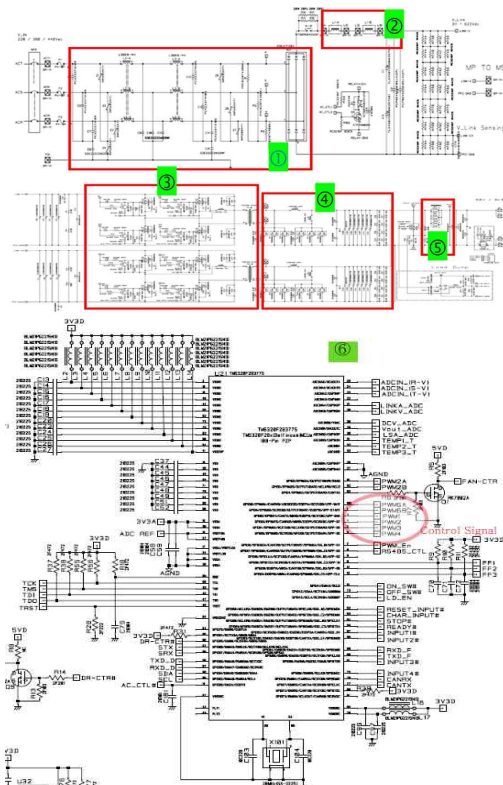


그림 2. 전압가변형 제안 충전기 단위 모듈 구현
 Fig. 2. Implementation of the proposed voltage-variable charger unit

그림 2의 넘버링에 대한 각각의 해당 블록에 대한 설명은 아래의 넘버링에 맞춰 설명하고자 한다.

1) 교류 입력부, EMI필터와 1차 정류부

입력 회로는 삼상 교류전원 On/Off Switch(NFB, no fuse breaker)와 전자파 노이즈의 간섭을 방지하는 EMI 필터, 교류를 맥류로 변환하는 정류회로로 구분되며, 정류회로는 50 Hz 또는 60Hz의 3상 정현파 전원을 300Hz 또는 360Hz의 맥류로 변환하여 역률 개선 회로의 입력이 된다.

2) 역률개선(PFC) 정류회로

역률개선 정류회로는 돌입전류 방지 회로와 저주파 인덕터를 사용한 역률 개선회로로 구성되어 있으며, 입력은 직렬, 출력은 병렬(ISOP)의 DC/DC컨버터에 전원을 공급한다.

- 돌입전류 방지 회로

돌입전류 방지 회로는 입력 스위치를 on하는 순간에 입력 커패시터를 통하여 흐르는 큰 용량의 Peak 전류를 제한하는 회로이다. 입력 스위치를 on 하였을 때 돌입전류 방지 저항을 통해 서서히 커패시터를 충전하고, 커패시터가 충전되면 릴레이를 on 하여 전력 흐름을 원활하게 한다.

- 역률 개선 회로

커패시터 입력 방식의 정류회로는 커패시터 충전전류가 Peak로 흘러 역률을 저하시키는데, 역률 개선 회로는 이 저하된 역률을 인덕터를 사용하여 Peak 전류를 정현파 전류 형태로 변환하여 전류와 전압의 위상차를 개선한다.

3) DC/DC 컨버터

역률 회로에서 공급되는 높은 입력 전압을 커패시터로 분압하여 DC/DC컨버터로 공급되며, DC/DC컨버터는 ISOP(입력 직렬, 출력 병렬) 구조로 변압기를 통해 1차와 2차 회로를 절연하여 안정된 전원을 배터리에 공급한다. DC/DC컨버터는 주 Switching 부, 2차정류 및 Filter부, 역 전류 방지부로 구성된다.

- 주 Switching 부

주 Switching 부는 고주파 Switching부와 전력을 2차로 전달하는 변압기부로 구분하고, 각 부의 동작은 다음과 같다.

o 고주파 Switching 부

역률 개선회로에서 커패시터로 분압된 2개의 출력전압을 2개 변압기의 1차 권선을 통하여 Switch를 On/Off(PWM)하는 회로이며, 전압 스트레스를 줄이기 위하여 소자(FET)를 PSFB(Phase Shift Full Bridge) 방식을 사용하여 1차 직렬 2차 병렬 구조의 ISOP 컨버터 구조로 설계하였다. 제안 시스템에 적용한 ZVS(Zero Voltage Switching) 기술의 장점은 기생 회로 효과를 활용하여 공진을 수행하는 것이다. 여기서 공진 탱크는 turn-on되기 전에 모든 switching device에 zero voltage가 되도록 수행하므로 각 transition에서 스위치 전압이나 전류가 동시 overlap되어 일어나는 전력 손실을

없애 준다. 따라서 고전압 입력에서 고주파수 전원 변화에 따른 효율을 향상시킬 수 있다.

o 변압기부

변압기는 1차 전력을 2차에 전달하는 소자로 Switching부의 스위치가 on할 때 2차에 전력을 전달하는 On-On 방식으로 구성하였으며, 전력전달의 원리는 Transformer의 Volt-second Balance를 이용하여 직류를 비 정현파의 교류 전력으로 변화하여 1,2차 권수비에 비례하는 전력을 2차에 전달한다.

4) 2차 정류 및 Filter부

변압기 2차에서 전달된 고주파의 역기전력을 제거하여 구형과 전압으로 정류하는 다이오드와 구형과 전압을 직류전압으로 여과하는 Filter 회로로 구성된다. 고속정류 및 Filter 회로는 전류가 큰 방식에 적합한 Current-doubler rectifier 방식을 적용하여 정류다이오드 수를 2개 줄임으로써 효율이 향상되도록 설계하였다.

5) 역전류 방지부

충전모듈이 병렬 운용 시 모듈에 이상 발생한 경우 다 충전 모듈은 정상동작 할 수 있도록 구성된 회로로 최종 출력단에 다이오드를 사용하여 회로를 설계하였다.

6) Main 제어부

제어 회로는 DSP를 사용하여 출력전압을 제어하는 Feedback, 주 Switch를 구동하는 구동, 기동할 때 과도현상을 제거하기 위한 Soft Start, 외부 모듈과 통신, 부하분담, 내부 보호 및 경고 기능을 수행한다.

- 출력 전압제어 기능

전압 제어 동작 원리는 기준 전압과 출력 Feedback 전압을 비교한 전압으로 삼각파와 비교하여 100KHz Pulse출력 후 구동회로에서 증폭하여 주 Switch의 Duty ratio를 제어한다.

- 부하 분담 기능

전류분담 기능은 단위 충전기를 병렬로 운용할 경우에 특정 정류 모듈로 전류가 편중되는 것을 방지하기 위한 기능으로 각각의 충전 모듈 전류를 센싱하여 CAN 통신을 통해 전류를 취합하고 Feedback 전압을 조절하여 출력전류를 균등하게 분담하여 제어한다. 전류 모드 전원장치는 부하 전류분배를 해야 한다. 제안하는 시스템에서는 전압 제어를 위해서 마스터(master)모듈을 선택하고, 다른 모듈(slaves)은 전류 모드로 동작시킨다. 이 방법은 전압 오차가 부하 전류에 비례하므로 전류 모드 제어에 용이한 장점이 있다. 각 전원 장치들의 출력 전압에 대해 주어진 오차 전압을 활용하여 에러 증폭기는 모든 전원장치에 동일한 부하 전류를 공급한다. 그림 3에 CAN 통신을 활용한 병렬운전 제어흐름도를 나타내었다.

- 보호기능

출력전류가 상승할 때 전류를 설정값에서 제한하는 기능으로 전류 제한기능을 의미한다.

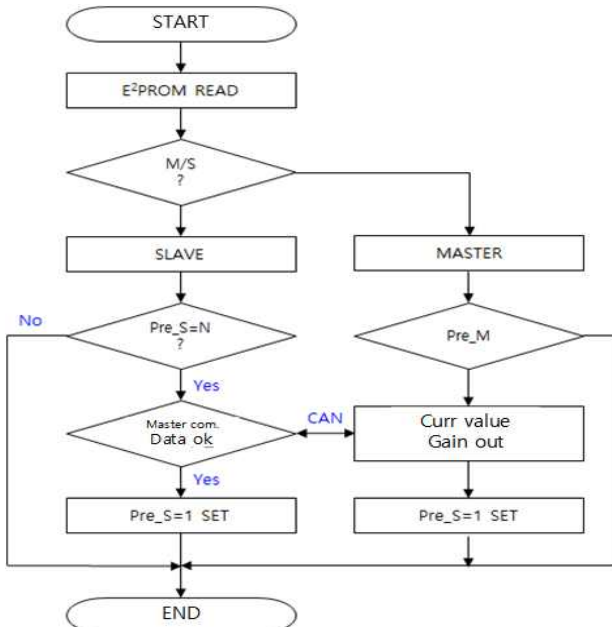


그림 3. CAN 통신을 이용한 병렬운전 제어 동작 흐름도
 Fig. 3. Flow chart of parallel operation control using CAN

- 보호기능

출력전류가 상승할 때 전류를 설정값에서 제한하는 기능으로 전류 제한기능을 의미한다.

- o Over Voltage Shutdown 기능 : Feedback 고장으로 출력이 고전압이 될 때 출력을 정지
- o Over Temperature : 설정된 온도 이상으로 상승하면 소자 보호를 위해 출력을 정지
- o Fan Fail : Fan에 이상 발생 시 소자 보호를 위해 출력 전압 정지
- o 입력 전압 이상 : 입력 전압 범위를 벗어난 전압이 인가 시 출력을 차단.

3-2 시험 결과

그림 4에서와 같이, 제안하는 전압가변형 충전기를 구현 후 시스템의 성능을 검증하기 위하여 입력전압, 입력전류, 출력전류, 출력전압, 역률, 출력전류 리플, 입출력 효율에 대하여 시험하였다. 전압가변형이므로 출력 전압범위가 20~80V이며 이 전체 전압 범위에서 3가지 15Vdc, 50Vdc, 80Vdc 을 선택하였고 출력 전류범위(0~100A)에 대한 동작을 검증하기 위해 3가지 부하 5A, 25A, 45A에 대해서 DC/DC 출력 파형을 측정하였다. 병렬운전 전압 가변형 충전기 제어는 DSP 제어 프로그램을 통해 Soft Start/Charging Sequence Control이 가능하므로 조건에 따라 제어를 통해 시험하였다. 그림 5의 FET D-S(Drain-Source) 전압은 변압기 1차측 전압을 나타내며 동작전압이 최대 309V로 동작하여 적용된 FET가 정격을 초과하지 않음을 볼 수 있다.

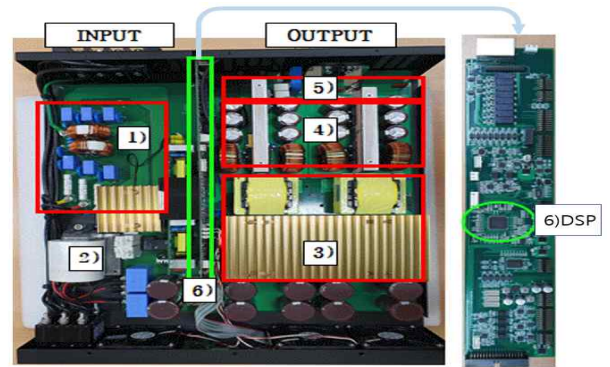


그림 4. 전압가변형 제안 충전기
 Fig. 4. The proposed voltage-variable charger

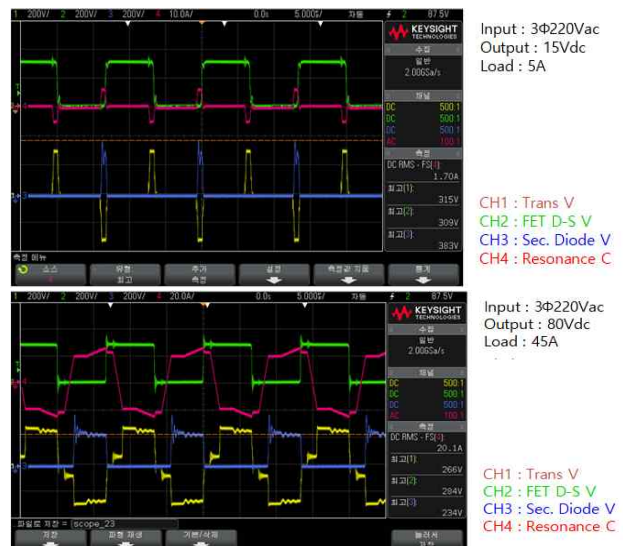


그림 5. 제안 전압가변형 단위 충전기 측정 파형
 Fig. 5. The measured waveform of the proposed voltage-variable charger unit

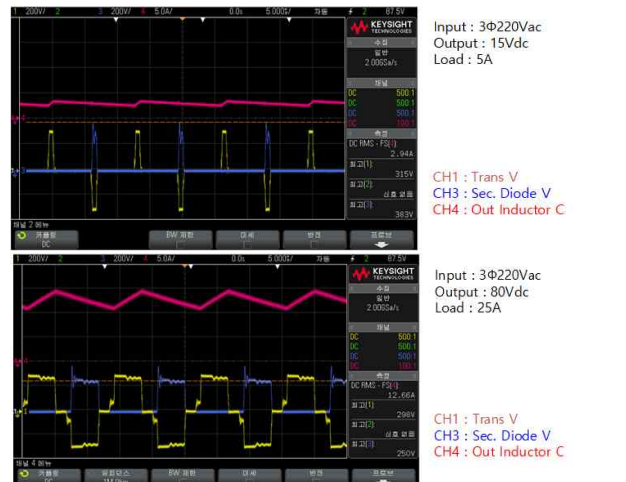


그림 6. 제안 전압가변형 단위 충전기 측정 파형(FET D-S 전압 제외)
 Fig. 6. The waveform of the proposed voltage-variable charger unit except FET D-S voltage

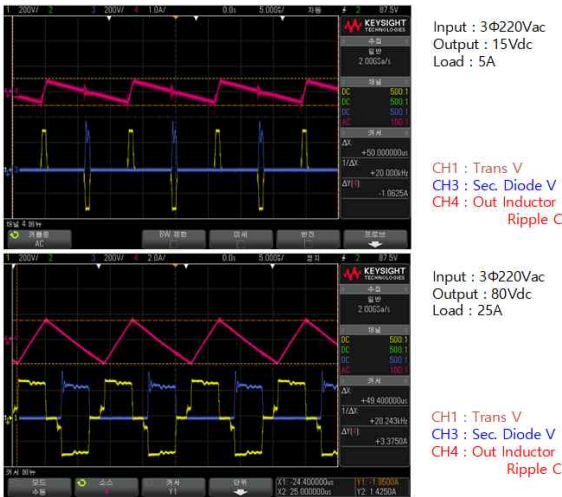


그림 7. 제안 전압가변형 단위 충전기 측정 파형 (FET D-S 전압 제외, 출력 인덕터 리플 전류)
 Fig. 7. The output inductor ripple current waveform of the proposed voltage-variable charger unit except FET D-S voltage



그림 8. 전압가변형 제안 충전기
 Fig. 8. The proposed voltage-variable charger

그림 6에서 변압기 2차측 전압으로 FET D-S 전압을 제외한 상태에서 동일한 범위의 전압과 부하(5A, 25A)에서 출력 파형을 확인하였다. 2차 전압이 399V로 동작하여 적용된 정류 Diode 정격을 초과하지 않음을 볼 수 있다. 또한, FET D-S 전압 제외 한 조건과 출력 인덕터 리플전류 상태에서 동일한 출력전압 범위와 부하(5A, 25A)에서 DC/DC부 파형을 측정하였다. 출력 인덕터 리플전류 파형을 그림 7에 나타내었다.

IV. 결 론

제안하는 AGV용 8KW 전압 가변형 충전기는 4단의 병렬 운전이 가능하고 전압 범위가 20~80V이며, 전류 범위도 0~100A로 가변 성능이 우수한 특징을 가지고 있다. 제안 시스템의 핵심기술은 대전력 전력변환 회로 기술을 적용한 AGV 내장 배터리용 전압 가변형 충전기 시스템 기술, AGV

내장 배터리용 전압 가변형 충전기 제어 회로 및 소프트웨어 기술, 전력 계측 및 피드백 제어기술, 그리고 DSP 제어를 위한 펌웨어(Firmware)이다. 제안 AGV 내장 배터리용 전압 가변형 충전기 핵심기술을 6개 핵심 기능을 세분화 설계하였다. 대전력 역률 보정 회로 기술을 적용함으로써 역률이 90% 이상이 되도록 구현하였다. 지상 인덕터를 적용하여 전압과 전류 위상을 보정하여 역율을 90%이상 구현하였다. 그림 8에서 실제 측정한 역율을 나타내었다.

제안하는 시스템은 상용화를 위해 과전류(충전전류), 과전압 및 저전압 출력, 그리고 온도 보호 등 다양한 보호기능을 발휘하도록 구현하였다. 제안 시스템을 설계 기준과 규격에 따라 실험을 통해 객관적으로 확인, 검증하였으며, 제품의 안전과 신뢰성 부분까지 확보함으로써 산업현장에서 적용할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] T. Bonkenburg, "Robotics in Logistics," *DHL Trend Research*, pp. 31-32, Mar. 2016.
- [2] SMB Enterprise Technology Roadmap, "2018-2020 Technology Roadmap for SME-Robot(Logistics Robot)", Ministry of SMEs and Startups, March, 2018.
- [3] S.-H. Lee, S.G. Kang, Prakash Awasthi, et al., "Variable Output and Parallel Operation Control of EV Charger," *The Transaction of the Korean Institute of Power Electronics*, Vol. 18, No. 2, doi:10.6113/TKPE.2013.18.2.153, April, 2013.
- [4] S.-S. Kim, "The Analysis of Parallel Operating Characteristics for DC-DC Converter Using the Parallel Operation Model," *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, Vol. 18, No. 5, pp. 174-182, Sept., 2004.
- [5] Yong Kim, "The Parallel Operation of ZVT-Full Bridge Converter with Dynamic Current Shared Inductor," *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, Vol.16. No.4, pp. 15-21, July, 2002.
- [6] D.-H Hong, et al., "LGV(Laser Guided Vehicle) On-board automatic battery charging system", Shin Heung Instrument and Electric, Small and Medium Business Administration, June, 2002.
- [7] Y. Jang, M. M. Jovanovic and Y.-M. Chang, "A new ZVS-PWM full-bridge converter," in *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 18, no. 5, pp. 1122-1129, doi: 10.1109/TPEL.2003.816189, Sept. 2003,



조정훈(Jeong-Hoon Cho)

1996년 : 금오공과대학교 (공학학사)
2020년 : 단국대학교 대학원 (공학석사)
1996년~2004년 : (주)동아일렉콤
2005년~2009년 : (주)씨피에스
2090년~2014년 : (주)플로우테크
2014년~현 재 : (주)엑스포 대표이사

※ 관심분야 : 전기 및 정보통신제어, 스마트 건설 등



이동학(Dong-Hahk Lee)

1988년 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1991년 : 포항공과대학교 전자전기공학과
1996년 : 포항공과대학교 전자전기공학과 박사
1996년~2015년 : SK telecom 미래기술원
2016년~2019년 : 대전TP, ICT융합센터장
2019년~2021년 : 대전창조경제혁신센터,실장

2021년~현 재: 삼육대학교, SW융합연구원, 교수

※ 관심분야 : 이동통신, IoT, AI, 빅데이터, ASIC, 헬스케어 등



김선명(Sun-Myung Kim)

1992년 : 단국대학교 (미술학학사)
1995년 : 건국대학교 (미술교육학석사)
2022년 : 단국대학교 (정보통신학석사 재학 중)
2015년 : 한양대학교 (보건학박사)
1998년~2001년 : ㈜에스엠엔터테인먼트 (대표)
2001년~2006년 : ㈜한빛텔레콤 (이사)
2016년~현 재 : 단국대학교 문화예술대학원 교수

※ 관심분야 : 정보통신, 디지털 헬스케어, 보건학, 예술치료 등



양재수(Jae-Soo Yang)

1993년 : 미 NJIT 전기 및 컴퓨터 공학박
1991년 : 서울대학교 MBA 수료
1981년 : 정보통신부 통신사무관
1982년~2006년 : KT 인터넷사업국장, 수도권강북본부 사업지원총괄 담당상무
2007년~2011년 : 경기도 정보화특보

2006년~2011년: 광운대 교수, 2011년~현 재 단국대 교수

※ 관심분야 : IT융합기술, 보안융합, 디지털콘텐츠