

5kW급 가정용 DC 급전 시스템 Test-Bed 설계

전준영, 김종수, 최규영, 신승민, 김동희, 우동균, 이병국*, 진현철**
*성균관대학교 정보통신공학부, **삼성전자 DMC연구소

Design of 5kW DC Power Supply System Test-Bed for Home Application

Joon-Young Jeon, Jong-Su Kim, Gyu-Young Choe, Seung-Min Shin, Dong-Hee Kim,
Dong-Gyun Woo, Byoung-Kuk Lee*, Hyun-Chul Jin**

*School of Information & Communication Engineering, SungKyunKwan University

**DMC Research Center, Samsung Electronics

ABSTRACT

본 논문에서는 5kW급 가정용 DC급전 시스템을 모의하고 시스템 도입 시 발생 가능한 문제점을 실증하기 위하여 5kW급 가정용 DC급전 Test-Bed를 시뮬레이션 및 제작한다. 가정용 DC급전에 필요한 DC link를 5kW급 PWM 컨버터를 이용하여 380V의 고전압 DC link를 구성하고 1kW급 위상 천이 컨버터를 이용하여 12V의 저전압 DC link를 구성하여 고전압, 저전압 DC급전 상황을 비교 분석할 수 있게 한다. 또한 모터 구동 부하를 모의하기 위한 2kW급 인버터를 추가하여 부하 환경에 따라 DC급전 시스템에서 발생 가능한 문제점을 유도할 수 있도록 한다.

1. 서론

최근 일본 경제산업성의 조사에 따르면 IT기기 전력소비량은 현재 5%이지만 2025년에는 12.5% 2050년에는 50%로 될 것이라 예상되고 있다. 이에 대응하는 해결책으로 전력을 직류로 공급하는 이른바 'DC급전 시스템'이 주목을 받게 되면서 DC급전 시스템의 도입이 활발해지고 있다. AC-DC변환 회수의 감소로 인한 효율증가와 신·재생 에너지와의 연계가 간단하다는 장점을 갖는 DC급전 시스템은 현재 데이터센터를 중심으로 도입되고 있으며, 화석연료의 고갈과 지구온난화에 대한 대응이 시급한 지금 일반 가정으로의 도입이 요구되고 있다. 따라서 가정용 DC급전 시스템을 도입할 경우 효율적인 회로의 구성, DC link의 전압 크기 및 발생가능한 문제점에 대한 연구의 필요성 또한 증가하고 있으나 현재까지는 실증연구가 매우 부족한 상태이다^[1-2].

본 논문에서는 최적화 된 가정용 DC급전 시스템을 모의하기 위하여 380V의 고전압을 공급하는 5kW급 PWM 컨버터와 12V의 저전압을 공급하는 1kW급 위상 천이 컨버터를 선정하여 설계 및 제작하였고 모터 부하를 모의하는 2kW급 인버터를 추가하여 가정용 DC급전 시스템 도입 시 실현 가능성과 발생가능한 문제점을 확인할 수 있는 Test-Bed를 구성하였다.

2. 가정용 DC급전 시스템 Test-Bed의 구성

2.1 고전압 DC Link의 구성

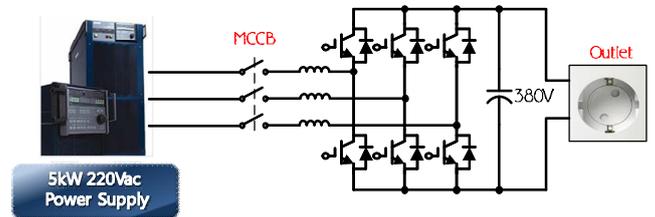


그림 1 PWM 컨버터를 이용한 380V 고전압 DC Link 구성
Fig. 1 380V DC Link Using PWM Converter

그림 1은 PWM 컨버터를 이용한 고전압 DC link의 개념도이다. DC급전의 경우 가정용 부하기기 입력단에 필요한 PFC(Power Factor Corrector)의 역할을 3상 PWM 컨버터로 대체 가능하다 또한 부하 용량의 증가로 인한 순간적인 전압 강하 현상을 보상하기 위해 고전압 DC link의 경우 3상 PWM 컨버터의 구조가 적합하다. 고전압 DC link로 DC급전을 시행할 시 선로에서 발생하는 손실을 낮출 수 있다는 장점이 있으나 안정성 측면에서 문제점이 발생할 것이라 예측된다.

2.2 저전압 DC Link의 구성

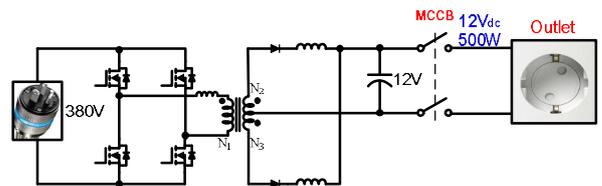


그림 2 위상천이 컨버터를 이용한 12V 저전압 DC Link 구성
Fig. 2 12V DC Link Using Phase shift Full Bridge Converter

그림 2은 위상 천이 컨버터를 이용한 저전압 DC link의 개념도이다. 저전압으로 DC급전을 시행하는 경우 안정성이 향상될 것이라 예측되나, 선로에서의 손실은 증가한다는 단점이 있다. 본 논문에서 저전압 DC link를 구성하는 회로로 제한한 위상천이 컨버터는 스위치로 구성된 MOSFET 내부의 기생 커패시턴스와 추가된 인덕터의 공진 현상을 활용하여 공진 커패시터의 추가 없이 소프트 스위칭을 할 수 있다는 것과 브리지 형태로 구성된 변압기의 턴(turn)수를 조절하여 감압이 가능하다는 점, 각 암(arm)의 스위치를 반주기씩 번갈아가면서 스위칭하도록 고정하고 위상을 천이시켜 제어하므로 제어가 간단하다는 장점을 갖는다.

2.3 인버터를 이용한 모의 부하 구성

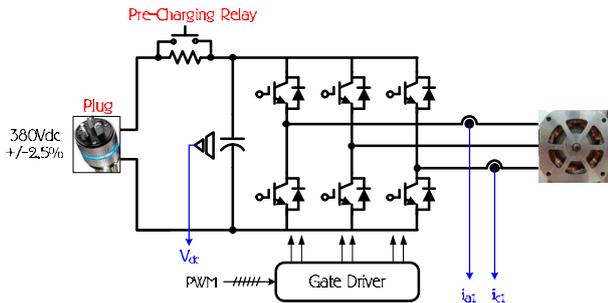


그림 3 인버터를 이용한 모의 부하 구성
Fig. 3 Simulated Load Using Inverter

그림 3은 인버터를 이용한 모의 부하의 개념도이다. 가정에서 사용되는 냉장고, 에어컨, 세탁기 등의 전동기 부하는 모터의 구동 및 제어를 위해 입력단에 인버터회로가 존재한다. 가정용 DC급전 시스템의 상용화를 위해서는 부하의 출력 및 갑작스러운 연결과 제거에도 안정성이 보장되어야 하기 때문에 2kW급의 인버터를 이용하여 보화를 모의하였다.

3. 가정용 DC급전 시스템 Test-Bed 실험 및 제작

3.1 PWM 컨버터 결과파형

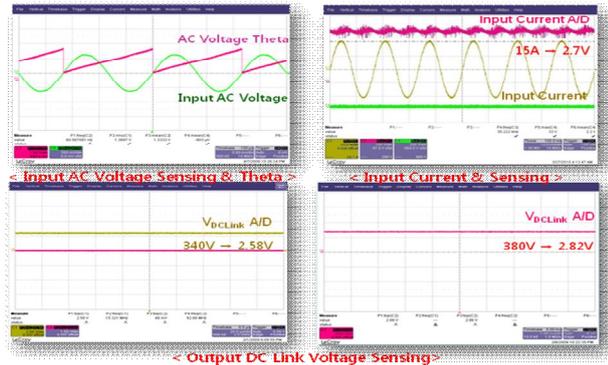


그림 4 PWM 컨버터의 출력파형
Fig. 4 Output waveform of PWM Converter

그림 4는 PWM 컨버터의 출력 파형을 나타낸다. 출력 전압은 380V로 제어되고 있는 것을 확인 할 수 있고 입력 전류와 전압이 동기화 되어 역률 제어 기능을 수행하는 것을 확인할 수 있다.

3.2 위상제어 컨버터 결과파형

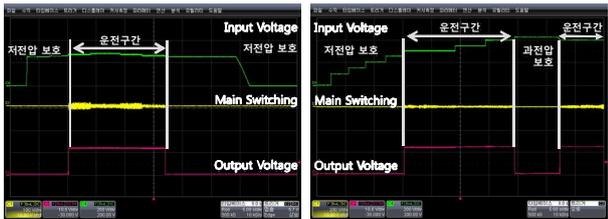


그림 5 위상제어 컨버터의 출력파형
Fig. 5 Output waveform of Phase shift Full Bridge Converter

그림 5는 위상 제어 컨버터의 출력 파형을 나타낸다. 출력전압은 12V로 입력 전압이 변동하여도 출력전압은 12V로 일정하게 유지되는 것을 확인 할 수 있으며 저전압, 고전압 시에 회로의 보호를 위하여 동작이 차단되는 것을 확인 할 수 있다.

3.3 제작된 가정용 DC급전 시스템 Test-Bed

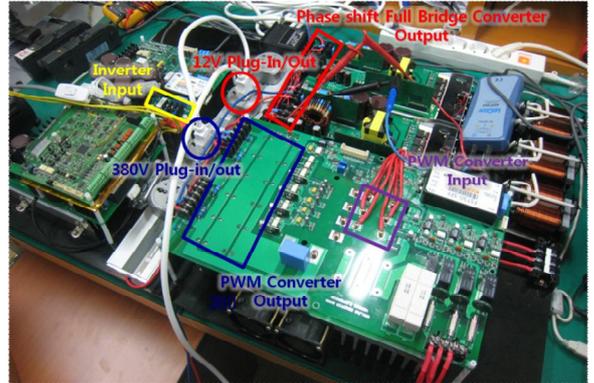


그림 6 제작된 가정용 DC급전 시스템 Test-Bed
Fig. 6 Developed DC Supply System Test-Bed for Home Applications

제작된 가정용 DC급전 시스템 Test-Bed를 그림 6에서 확인할 수 있다. DC link를 구성하는 PWM 컨버터와 위상 천이 컨버터의 출력이 가운데 위치한 DC Outlet에 공급되고 플러그를 투입하여 가상 부하인 인버터 및 실제 부하에 전력을 전달하는 구성이다.

4. 결론

본 논문에서는 가정용 DC급전 시스템을 실증하고 문제점을 분석하기 위하여 DC급전 전압을 고전압, 저전압으로 나누고 각각 5kW급 PWM 컨버터와 1kW 위상 천이 컨버터를 이용하여 구성하였다. 동 기능을 갖는 회로 구성 중 가정용 DC급전 시 기능과 효율성을 고려하여 가장 적합한 회로로 PWM 컨버터와 위상 천이 컨버터를 선정하였고, 부하 변동에 따른 안전성 및 시스템의 변화를 관찰하고자 2kW급 인버터를 이용하여 부하를 모의하였다. 본 논문에서 제작 된 5kW급 가정용 DC급전 Test-Bed를 이용하여 향후 DC급전 방식의 가정 도입 시 발생 가능한 문제점과 가정용 DC급전 방식의 실현 가능성을 연구할 예정이다.

참고 문헌

[1] Nilsson. D and Sannino, A, "Efficiency analysis of low-and mediumvoltage DC distribution systems", IEEE Power Engineering Society, vol. 2, 2004, pp.2315 - 2321.
[2] Miguel A. Rodriguez-Otero and Efarain O'Neill-Carrillo, "Efficient Home Appliances for a Future DC Residence", in conf. Record IEEE Energy 2030, Atlanta, GA USA, October November 17-18, 2008, pp. 1-6.