

가정 및 빌딩용 직류 배전 시스템 연구

류명효, 백주원, 김종현, 정지훈, 김호성, 김태진
한국전기연구원

Research of DC distribution system for home and building

Myunghyo Ryu, Juwon Baek, Jonghyun Kim, Jeehoon Jung, Hosung Kim, Taejin Kim
Korea Electrotechnology Research Institute

ABSTRACT

본 논문에서는 소규모 수용가의 직류 배전 시스템의 타당성을 검증하기 위하여, 가정 및 빌딩용 직류 배전 시스템을 구축하여, 교류 및 직류 전원 공급에 따른 효율성을 비교/검증하였다. 직류 전원을 인가하기 위하여 5대 가전기기(냉장고, TV, 세탁기, 에어컨, 노트북, 컴퓨터)를 직류 전원 인가가 가능하도록 전원 시스템을 변경하였으며, 직류 전원 공급을 위한 양방향 교류/직류 컨버터를 제작하였으며, 직류 전원 인가에 따른 아크 발생을 저감하기 위한 직류 콘센트를 설계/제작하여 직류 배전 시스템을 구축하였다. 또한 LED, 데이터 센터 등 직류 전원이 요구되어지는 분야에 적용하기 위한 고효율 직류 직류 컨버터를 개발하여 적용하고자 하였으며, 에너지 저장장치, 신재생 에너지원과 결합된 직류 배전 시스템을 구성하고자 한다.

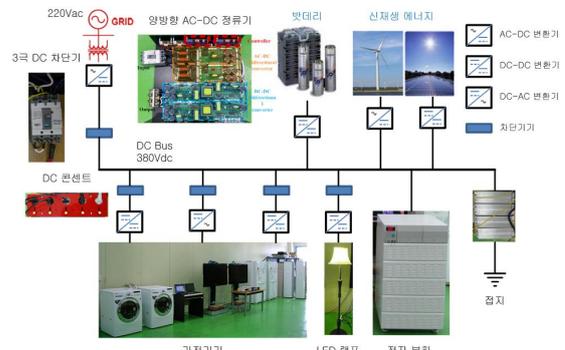


그림 1 가정용 직류 배전 시스템 전체 블록도
Fig. 1 Total Block Diagram of DC Distribution System for Home

1. 서론

교류 송/배전 시스템은 오랫동안 가정용 및 산업용의 전기를 공급하였으며, 앞으로도 주요 송/배전 시스템으로 이용될 것이다. 이에 비해 직류 송/배전 시스템은 교류 송/배전 시스템에 비하여 이전까지 크게 주목을 받지 못하였지만, 직류 전원을 사용하는 디지털 부하 및 가정용 기기가 급속히 증가하고 전자자동차, LED 조명 등의 직류 부하와 신재생 에너지원의 수요가 점차 커지면서 직류 송/배전 시스템에 대한 관심이 크게 증가하고 있다.^[1,2]

이에 전세계적으로 데이터 센터나 가정 및 빌딩에 직류 배전 시스템을 적용하고자 많은 연구가 진행되고 있으며, 특히 미국의 Emergy Alliance, 일본의 NTT, 국내의 KT 등에서 직류 380V 시스템과 24V 시스템에 대하여 가능성을 검증하고 있다. 그러나 지난 세기동안 구축된 교류 시스템을 직류 시스템으로 획기적으로 전환하는 것은 불가능하며, 이에 소규모 사이트에서의 적용과 검증을 통하여 적용 분야를 점차 확대할 수 있다. 또한, 직류 시스템을 적용하기 위한 전기 설비들에 대한 연구를 진행함으로써 직류 시스템을 구축을 요이하게 할 수 있다.

이에 본 논문에서는 그림 1과 같이 소규모 수용가의 직류 배전 시스템을 구축하여 직류 배전을 위한 다양한 연구를 진행하였으며, 교류 배전 시스템과 직류 배전 시스템에 대한 효율성을 비교/검증하였다.

2. 가전기기의 직류화 연구

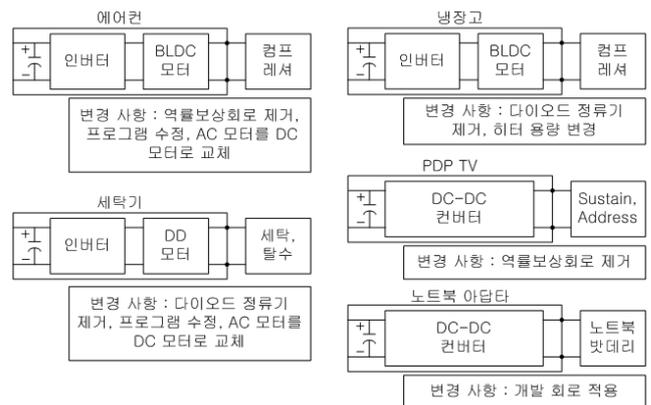


그림 2 DC 전원 인가용 가전기기 블록도
Fig. 2 Block Diagram of Home Appliances for DC Source

직류 배전 시스템의 부하용 설비를 구축하기 위하여 먼저, 가전기기를 직류 전원 인가가 가능하도록 구조 변경을 하였으며, 가정에서 많이 사용하고 있는 에어컨, 세탁기, 냉장고, TV, 노트북 PC의 전원 시스템을 위의 그림 2와 같이 변경하였다. 이를 통하여 기존의 교류용 가전기기와 비교/분석을 통하여 직류 배전 시스템의 효율성을 검증하고자 하였다.

3. 고효율 양방향 절연형 교류-직류 정류기

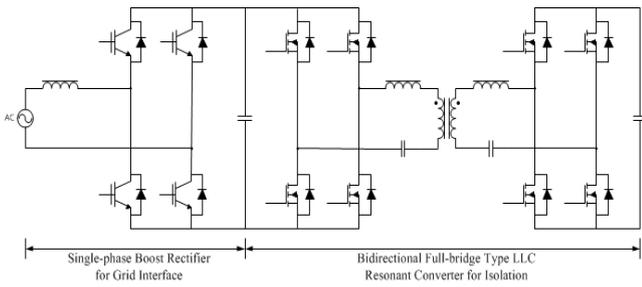


그림 3 양방향 절연형 교류-직류 정류기
Fig. 3 Bi-directional Isolated AC-DC Rectifier

가정용 직류 배전 시스템을 구축하기 위해서는 가정에 공급된 교류 전원을 직류 전원으로 변환하는 교류 직류 정류기가 중요하다. 또한, 직류 배전 시스템에는 에너지 저장장치와 전기 자동차 충전 시스템 및 신재생 에너지원과 전력을 상호 교환할 수 있으므로 교류 직류 정류기는 양방향 구조가 요구되어지며, 안정성을 확보하기 위하여 절연 구조가 또한 요구되어진다. 이에 본 논문에서는 양방향 절연형 교류 직류 정류기를 구성하기 위하여 Full bridge Boost 정류기(역으로 Full bridge 인버터)와 절연형 양방향 직류 직류 컨버터를 적용하였다. 절연형 직류 직류 컨버터로는 효율 향상을 위하여 전 범위에서 영전압 스위칭이 가능한 LLC 구조의 공진형 컨버터를 적용하였으며, 양방향에서 동작할 수 있도록 최종적으로 CLLC 구조의 공진형 컨버터를 적용하였다.

4. 고효율 고밀도 직류-직류 컨버터

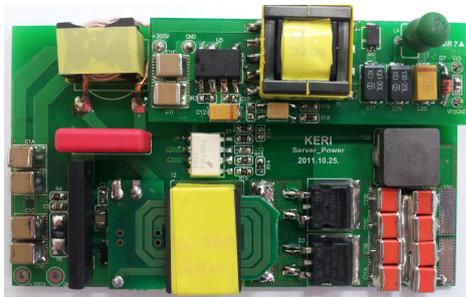


그림 4 고밀도 직류-직류 컨버터
Fig. 4 High-density DC-DC Converter

최근 디지털 부하 및 직류 전원을 요구하는 부하가 점점 증가하고 있으며 고효율 및 고밀도의 전원 장치를 요구하고 있다. 이에 본 논문에서는 전 부하에서 영전압 스위칭이 가능한 LLC 공진형 컨버터를 적용하여 저전압용 직류 직류 컨버터를 개발하였다.

5. DC LED 구동용 전원장치

조명 장치의 경우, 기존의 형광등, 백열등, 할로젠 램프와 비교하여 고효율, 장수명인 LED 램프의 사용이 점점 증가하고 있으며, LED 구동용 전원 장치의 효율 향상 및 수명 연장에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 이에 본 논문에서는 고압 LED를 구동하기 위하여 Linear 방식의 DC LED 구동용 전원 장치를 개발하여 적용하였다.

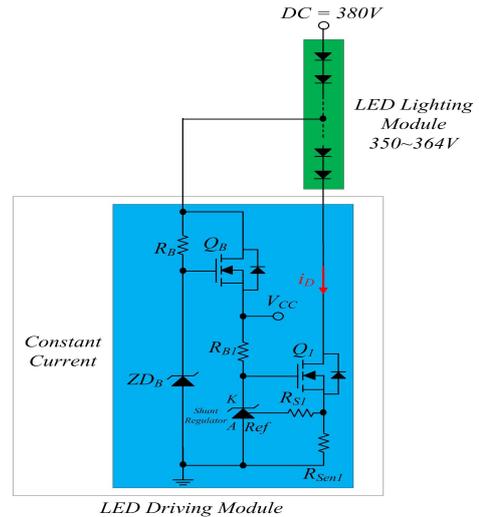


그림 5 고압 LED 구동 모듈
Fig. 5 High-Voltage LED Driving Module

6. 직류 플러그 연구

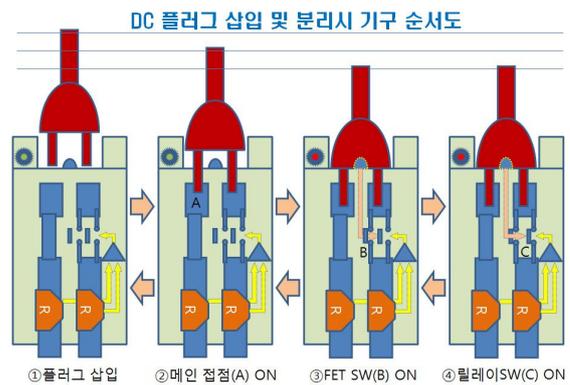


그림 6 직류 플러그 구조
Fig. 6 DC Plug Structure

직류 시스템은 교류 시스템과 달리 전압이 일정하기 때문에 콘센트를 통하여 직류 전원을 인가할 때, 큰 아크가 발생할 수 있으므로 이에 대한 연구가 진행되어야 한다.

7. 결론

본 논문에서는 가정용 직류 배전 시스템을 구축하여 직류 배전을 위한 다양한 연구를 진행하여, 직류 배전 시스템의 타당성을 검증하였다.

참고 문헌

- [1] DC Building Power Japan 2009
- [2] DC Building Power Asia 2010
- [3] DC Power Systems for Sustainable Buildings, CPES, 2010
- [4] Pratt, A.; Kumar, P.; Aldridge, T.V., "Evaluation of 400V DC distribution in telco and data centers to improve energy efficiency", INTELEC 2007.