

가정용 하이브리드 배전시스템에 대한 연구

변병주, 서현욱, 이영진, 최종묵, 김승열, 김동진*, 최규하
건국대 전기공학과 전력전자연구실(KOPEL), 선광LTI(주)*

The Study on Residential Hybrid Distribution System

Byeng Joo Byen, H.U. Seo, Y.J. Lee, J.M. Choi, S.E. Kim, D.J. Kim*, G.H. Choe
Dept. of Electrical Eng., Konkuk Univ., SunKwang LTI*

국문요약

본 연구는 가정에서 사용하는 부하는 IT 직류 부하가 증가함에 따라서 기존의 배전망이 내재하고 있는 변환 손실을 줄이고자 직류와 교류를 동시에 사용하는 Hybrid 배전을 적용하여 실제 데이터 분석을 통하여 Hybrid 배전시스템에 대한 연구하였다.

1. 서론

현재 보편화된 교류계통에 주택, 건물, 빌딩과 같은 상업용 또는 주거용 건물에서 사용하는 에너지수요양이 매년 증가하고 있다. 특히 가정에서 직류를 사용하는 부하와 태양광, 연료전지 같은 직류전원으로 발전되는 분산전원의 수요가 증대되고 있다. 또한 점차적으로 직류를 사용하는 부하의 비율이 증가하여 2020년도에는 5:5의 비율로 증가할 것으로 예측이 된다.^[1] 직류를 사용하는 부하에서의 변환손실과 직류전원으로 발전되는 분산전원들의 기존배전에서 발생하는 손실을 줄이고자 새로운 배전망에 대한 요구가 발생하고 있다. 이에 따라 해결책중 하나로써 떠오르는 것이 직류배전이다. 직류배전이 떠오르는 주된 이유는 교류배전에서 발생하는 변환손실을 감소시킬 수 있다는 점에 있다. 주로 사용되는 태양광, 연료전지의 경우 직류로 발전되므로 교류배전에서 사용하려면 2차례 이상의 변환이 필요하며, 직류를 사용하는 IT 기기의 대부분은 교류 직류 변환기가 내장되어 있으므로 또한 변환이 필요하다.^[2]

그러나 직류배전이 현실화되기 위해서는 배전뿐만 아니라 사용되는 부하들 또한 직류배전에 맞게 최적화 되어야 한다. 이러한 최적화에는 비용적인 부분도 만만치 않다. 따라서 모든 인프라를 무조건 다 변환하기 보다는 기존의 인프라를 최대한 사용하여 효율을 향상 시키는 방안이 필요하다.

본 논문에서는 기존의 인프라를 사용하는 방안인 기존부하를 사용한 Hybrid 배전망을 실험을 통하여 하이브리드 배전시스템에 대하여 연구하였다.

2. 하이브리드 배전 시스템

하이브리드 배전 시스템은 연계하는 방식에 따라서 교류연계형과 직류연계형으로 분류할 수 있다. 이 두 방식을 비교하였을 때 교류연계형 같은 경우 직류 연계에 비해서 안전성 면에서 뛰어나나 효율성, 제어성, 소자수, 신재생에너지와의 연계

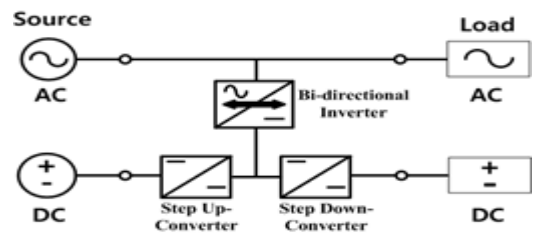


그림 1 하이브리드 배전 시스템
Fig. 1 Hybrid Distribution System

성면에서 직류연계형에 비하여 떨어지므로 본 시스템은 직류연계형으로 구성 하였다.^[3]

본 시스템은 크게 세부부분으로 구성된다. 그 세부부분은 계통과의 연계 그리고 무효전력을 제어하여 역률을 1로 제어해 주기 위한 양방향 계통연계형 인버터, 태양광에서 발전되는 에너지를 MPPT제어를 통하여 최대로 사용하기 위한 승압형 컨버터 그리고 직류부하에 일정한 전압으로 에너지를 공급하기 위하여 강압 컨버터로 구성되어 있다.^{[4][5]}

3. 부하군 분류

가정에서 사용하는 부하들을 표 1과 같이 세 가지 유형으로 분류해 보았다. 유형은 전열 부하, 직류 부하, 유도성 부하로 나누었다. 전열 부하의 경우 역률 1을 갖는 저항성 부하를 나타낸다. 이 부하의 경우 공급 전압에 따라서 흐르는 전류의 양이 변하기 때문에 정격 전압이 아닌 전압에서는 동작이 가능하나 정상적으로 동작하기 위해서는 교류를 입력으로 받아서 실효치와 동일하게 공급해야 한다. 직류부하의 경우 교류를 입력을 받아서 직류를 사용하는 부하를 나타낸다. 이런 부하들은 교류 직류 변환기가 입력에 장착되어 있어서 PFC 기능이 없을 경우 역률이 좋지 않은 경향이 있다. 유도성 부하의 경우 선풍기와 냉장고와 같이 전동기 구동을 위해서 교류입력을 그대로 사용하는 부하를 나타낸다.^[3]

표 1 부하 유형별 분류표
Table. 1 Classification of load

유형	종류
전열 부하	전기다리미, 커피포트, 전기난로 등
직류 부하	노트북, 스캐너, PC본체, LCD모니터, LED형광등용, LED 백열등용, LED면광원 등
유도성 부하	선풍기, 냉장고, 진공청소기, 전자레인지 등

4. 배전 실험 결과 및 검토

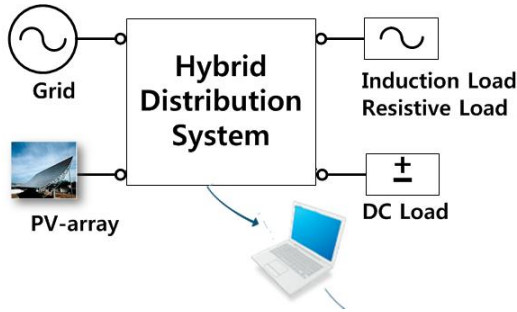


그림 2 하이브리드 배전 실험 구성도
Fig. 2 Diagram of the hybrid distribution system

본 연구에서 목적으로 하고 있는 기존부하를 사용하여 배전망에 따른 비교분석을 위하여 하이브리드 시스템을 이용한 배전망과 기존의 배전망을 그림 2와 같이 시스템을 구성하였고, 하이브리드 시스템의 정격은 3[kW]이며, 태양광모듈의 발전용량은 2.5[kW]이다. 실제 소비전력을 비교하기 위하여 대조군과 동시에 동일 시간동안 동일한 부하를 사용하여 실험을 진행하였고, 실제 데이터를 모니터링 시스템을 통하여 로깅을 받아서 데이터 수집을 하였다. 그리고 실험을 위하여 구비한 부하는 LED 전등, LED 스탠드, LED 모니터, 컴퓨터 본체, 노트북, 커피포트, 선풍기이다.

그림 2와 같이 실제 부하와 시스템을 구성한 뒤에 실험을 통하여 하이브리드 배전망 출력 소비전력에 대한 데이터를 수집하여 분석하였다. 분석을 위한 데이터 수집하는 방법은 하루 동안 시스템을 동작시키고 부하를 정해진 시간에 사용하여 데이터 로깅을 받았다. 또한 하이브리드 배전의 직류 인가전압을 선정하기 위하여 직류 부하의 인가전압을 150부터 290까지 변경시키면서 소비전력을 분석 하였다. 그림 3는 하루 동안에 입출력의 소비전력을 데이터 로깅을 받아 나타낸 그래프이고, 각부의 소비전력의 패턴을 볼 수 가 있다. 그리고 그림 4는 직류부하의 출력전압을 상승됨에 따라서 부하의 소비전력의 변동을 나타낸 그래프이다. 부하의 소비전력이 상승함에 따라서 출력부하의 소비전력이 점차 감소하는 것을 확인 할 수 있다. 이러한 현상은 공급전압이 상승함에 따라 공급전류가 감소하고 선로손실과 정류하는 과정에서 발생하는 정류손실이 감소하기 때문에 발생하는 현상이다.

5. 결론

본 연구에서 기존 가정의 배전망에서 발생하는 변환과정에서 발생하는 손실을 개선할 수 있는 방안으로써 하이브리드 배전 시스템에 대하여 연구 하였다. 하이브리드 배전을 위하여 실제로 시스템을 설계하였고, 가정에서 사용하는 부하를 세 가지 유형으로 분류 하여 실험을 진행 하였다. 실제로 하루 동안 부하를 사용하고 결과 데이터를 로깅하여 분석을 하였고, 직류출력을 변화 시키면서 데이터를 분석하였다. 실제 실험결과 하이브리드 배전망에서 시스템의 효율이 중요한 요소로 작용할

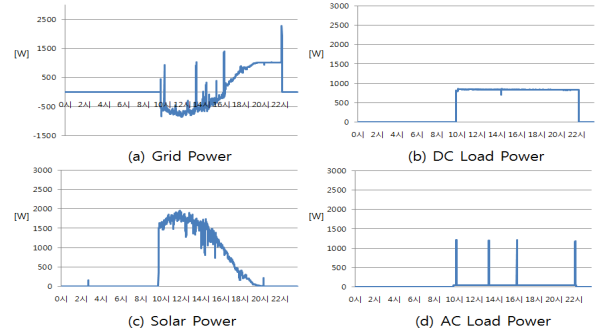


그림 3 하이브리드시스템의 각부 파형

Fig. 3 Waveform of hybrid distribution system

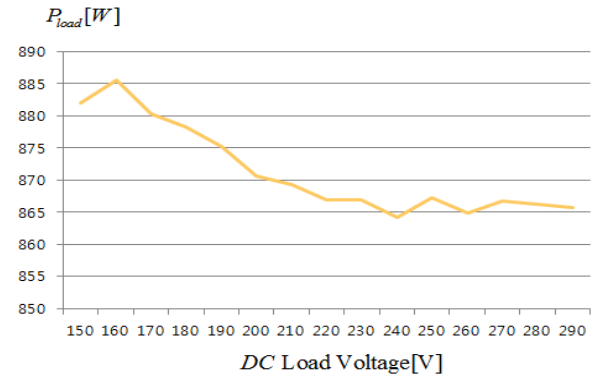


그림 4 하이브리드 시스템의 직류출력전압에 따른 부하 소비전력 비교

Fig. 4 Power consumption comparison between dc load voltage

것으로 보이며, 기존 부하의 경우 인가 전압이 상승함에 따라서 소비전력이 감소하는 추세를 보였다. 따라서 가정의 배전망에 적용하기 위해서는 높은 효율의 시스템과 부하의 소비전력이 최소가 되게 하는 인가전압을 결정해야할 것으로 보인다.

본 연구는 2009년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. 2009T100100100)

참 고 문 헌

- [1] 이경호, 구경완, "구내 직류배전기술과 그린홈 구현사례", 대한전기학회, 전기의 세계, 제 59권 제7호 2010.7
- [2] Kristof Engelen et al, "The Feasibility of Small Scale Residential DC Distribution Systems", IEEE Industrial Electronics, Nov 2006.
- [3] 이영진, 김동진 외, "하이브리드 급전을 위한 다양한 가정용 교류부하의 직류특성연구", 전력전자학회 논문지, 제15권, 제3호, 2010년
- [4] 이영진 외, "태양광 발전과 연계된 직류배전 시스템의 특성연구", 전력전자학회 추계논문집, 2011년 11월.
- [5] Donghwa Han et al., "Improving the Overall Efficiency for DC/DC Converter with LoV HiC System", Journal of Power Electronics, Vol.12(3), May 2012.