

# 에너지 효율 향상을 위한 직류/교류 하이브리드 급전시스템의 해석

이영진, 한동화, 최중목, 반중환, 김동진\*, 최규하  
건국대학교, 선광엘티아이\*

## DC/AC Hybrid Distribution System Analysis for Improving Energy Efficiency

Young Jin Lee, DH Han, JM Choi, CH Ban, Dong Jin Kim\*, Gyu Ha Choe  
Konkuk university Samsung Thales\*

### ABSTRACT

Hybrid distribution system is able to use existing AC load under AC power and DC power by providing existing AC power and proper DC voltage at the same time. and, the future expected DC appliance is also available.

Hybrid distribution system is divided into two different type. the one is DC common method and the other is AC common method.

This paper design each system, and study operating characteristics for improving energy efficiency.

### 1.서론

가정용 부하에 직류전원기반 공급 방식은 다양한 기기의 교류-직류 변환 횟수를 줄여주면서 총 전력손실도 감소시킬 수 있게 해 주며, 조명이나 전자기기와의 연계시에도 매우 유리해진다. 특히 최근 신재생에너지와의 연계시 10%까지 에너지변환 손실을 감소시킬 수 있고, 전동기 가변속제어, 운전시전력품질, 신뢰성, 전압안정성 및 무정전성의 관점에서 우수할 뿐만 아니라 심지어 인체의 안전성까지 뛰어난 것으로 평가되고 있다. 나아가서 하이브리드 급전방식의 도입으로 지구 온난화방지를 위한 저탄소-녹색성장을 위한 하나의 방책이 될 수 있다.[1][2]

본 논문은 교류 및 직류가 공존하는 하이브리드 급전 시스템의 동작특성을 다루었다.

### 2.하이브리드 급전시스템의 동작 원리 및 구성

#### 2.1 동작원리

하이브리드 급전시스템은 기존의 교류전원에 적정한 레벨의 직류전원을 동시에 공급함으로써 기존의 교류부하를 교류전원에서 뿐만 아니라 직류전원에서도 사용할 수 있도록 하고, 또 향후 예상되는 직류전용기기도 함께 연결, 사용가능하도록 구성한 복합급전시스템으로 정의한다. 그림1의 하이브리드급전시스템은 교류전원과 직류전원의 두 전원과, 교류 및 직류의 2가지 유형의 부하 즉 직류부하와 교류부하와, 이들을 상호 연계시켜주는 스위칭매트릭스로 구성될 수 있다.

이러한 하이브리드 시스템은 내부적으로 직류와 교류를 모두 공통으로 가지고 있으므로, 그림 2와 같이 직류를 공통으로 하는 직류연계(DC common)방식과 또한 그림3의 교류를 공통

으로 하는 교류연계(AC common)방식으로 구분할 수 있다.

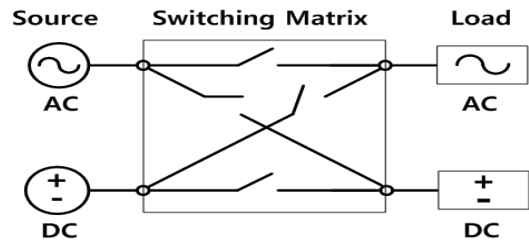


그림 1 하이브리드 급전시스템의 기본 개념.  
Fig. 1 Basic concept of hybrid supply system.

#### 2.2 직류연계방식

직류연계형 하이브리드급전시스템은 기존의 교류 및 직류 부하에 모두 전력을 공급하기 위해 양방향 PWM정류기, Full-Bridge 컨버터(승압컨버터) 및 Buck 컨버터(강압 컨버터) 그리고 조건에 따라 계통의 동작모드 및 입력력특성을 제어하기위한 제어부 등으로 구성된다. 교류전원으로는 단상교류 220[V]를, 직류전원으로는 배터리 뱅크 혹은 PV, 풍력, 연료전지 등의 신재생에너지를 각각 사용할 수 있다.

여기서, PWM정류기는 직류출력전원이 에너지를 공급할 수 없을 경우 교류전원으로부터 에너지를 공급하도록 해 주고, 강압 컨버터가 직류부하에 적합한 전압레벨(220[Vdc])로 변환시켜주게 된다. 만약 교류전원이 정전이 될 경우 직류출력전원으로부터 공급된 에너지가 1차적으로 승압컨버터를 거쳐 PWM정류기로 공급하여 교류부하에 필요한 에너지를 공급하도록 하였고, 이러한 연결구조는 직류연계방식에 해당된다.

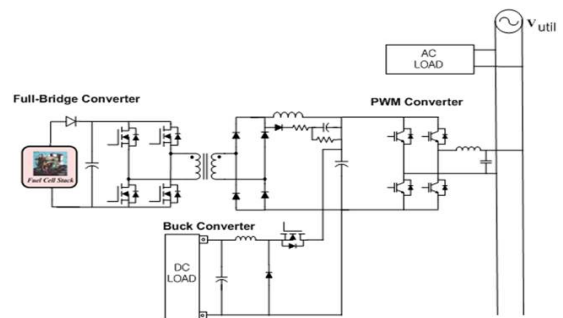


그림 2 직류연계형 하이브리드 급전 시스템.  
Fig. 2 Hybrid distribution system by DC common.

### 2.3 교류연계방식

교류연계형 하이브리드급전계통은 직류연계형 방식과는 달리 교류220[Vac]를 기준으로 하여 PFC 부스트 컨버터와 계통연계형 PCS가 독립적으로 동작을 하며, 기존의 교류 및 직류 부하에 전력을 공급하는 방식으로 현재 상용중인 계통 연계형 분산전원시스템에 PFC정류기를 추가한 방식으로 그 구성이 간단하나 신재생에너지와의 연계측면에서 볼 때 직류출력전원을 교류로 변환하였다가 다시 직류로 변환해서 사용하기 때문에 시스템 효율이 떨어지는 단점이 있다. 시스템의 구성 그림3과 같이 PFC부스트 컨버터, 계통연계형 PCS 제어부 등으로 구성된다.

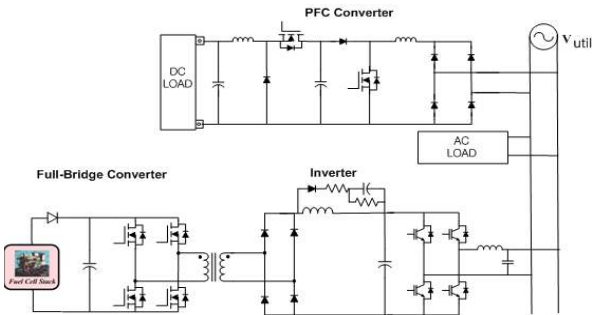


그림 3 교류연계형 하이브리드 급전 시스템.  
Fig. 3 Hybrid distribution system by AC common.

## 3. 실험 및 결과

### 3.1 직류연계형 시스템의 모드별 실험파형

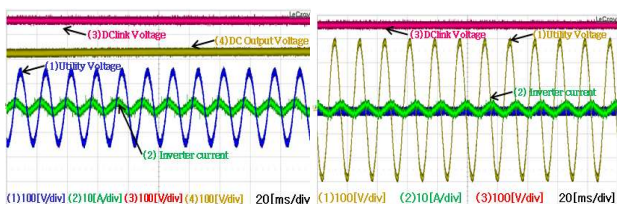
전체 시스템의 동작은 3가지로 모드로 나눌 수 있으며, 각 모드의 구분은 직류부하의 소비전력에 따라 정격부하모드(모드1), 중부하모드(모드2), 발전모드(모드3)로 나눌 수 있다.

그림4(a)는 무부하시 PWM컨버터의 입출력 및 직류출력전압을 나타내며 직류 출력전압이 220[Vdc]로 제어 되고 있다.

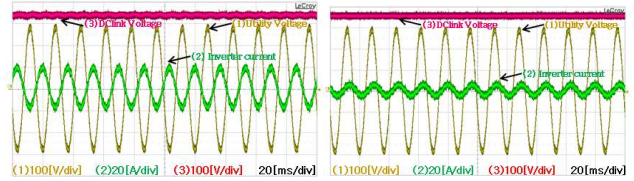
그림4(b)는 정격부하모드로 직류출력전원의 공급전력(1000[W])과 직류부하의 소비전력(1000[W])이 같은 경우로 정의하며, 직류부하의 공급에너지가 Full-Bridge 컨버터를 통해 송입되어 Bcuk 컨버터를 거쳐 전달되는 직류 출력전원의 에너지가 전부 일 때이다.

그림 4(c)의 중부하 모드는 직류부하의 소비전력(2500[W])이 직류출력전원(0[W])에서 공급하는 에너지 보다 많을 경우이며 PWM정류기를 통해 상용전원으로부터 전력(2500[W])을 공급받아 직류부하에 전력을 공급한다.

마지막으로 그림 4(d)는 발전모드로 직류 출력전원의 발전전력(1000[W])이 직류부하의 소비전력(500[W])보다 많은 영역으로 직류 출력전원 발전량이 많아 직류부하에서 소모하고 남는 에너지(500[W])를 PWM 정류기의 인버팅 모드를 통해 계통으로 발전을 하거나 교류부하에 전력을 공급한다.



(a) 무부하시 (b) 정격부하모드



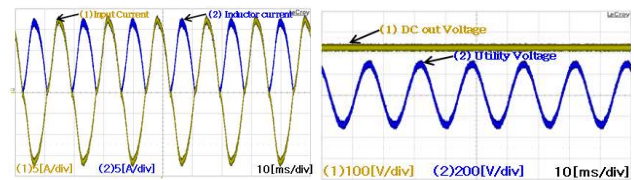
(c) 중부하모드 (d) 발전모드

그림 4 직류부하의 소비전력에 따른 시스템의 출력파형  
Fig. 4 output wave of the system according to the consumption power in DC load

### 3.2 교류연계형 시스템 PFC부스트 컨버터 실험파형

교류연계형 급전시스템은 신재생에너지용 전력변환 시스템과 직류급전용 PFC부스트 컨버터가 각각 독립적으로 동작을 하므로 모드별 동작 특성을 구분 하지 않았으며, 본 연구에서는 PFC 부스트 컨버터의 동작특성을 연구하였다.

직류부하 소비전력이 3[kW]시 교류연계형 시스템의 PFC부스트 컨버터의 각부의 파형을 살펴보면 입력전류의 파형은 그림 5의(a)와 같이 THD가 4.1[%]인 정현파 전류로 제어되며, 출력전압은 그림 (b)와 같이 백컨버터에 의해 220[Vdc]로 제어된다.



(a) 입력전류 및 인덕터전류 (b) 입출력 전압  
그림 5 PFC부스트 컨버터 각부파형

Fig. 5 A simple power transmission system with thyristor controlled shunt compensator

## 4. 결론

다가오는 디지털 부하시대에 직류급전은 시스템의 에너지 효율 향상 과 계통의 품질향상을 위해 도입되어야 할 과제이다. 본 논문에서는 직류급전 시스템으로써의 직류연계형 시스템과 교류연계형 시스템 PFC 부스트컨버터의 동작특성을 확인하였다. 직류급전 전압은 입력전압에 따른 제품의 소비전력과 동시에 기존의 교류배전선에서 발생하는 손실 및 전압강하를 고려하여 직류 220[V]를 인가하였다. 직류급전방식은 향후 가정용 부하의 효율상승 및 입력측 고조파 전류로 인한 계통 측으로 악영향 감소, 배전선의 이용률 및 손실 감소 등의 장점을 예상할 수 있다.

○ 본 연구는 지식경제부 에너지자원기술개발사업의 일환(2009T100100100)으로 수행되었습니다.

## 참고 문헌

[1] 이경호, "직류(DC)배전 동향 및 안전대책" 전력전자학회지, 제14권, 제2호, pp.21~26, 2009.  
[2] D.Nilsson, "Efficiency analysis of low- and medium voltage DC distribution systems," IEEE and Ambra Sannino, Member, IEEE.