

## 직류 구동 조명 시스템의 구성 및 활용

한수빈, 박석인, 정학근, 송유진, 정봉만  
한국에너지기술연구원

### Construction and Application of DC Based Lighting System

Soo-Bin Han, Suck-In Park, Hak-Kun Jung, Eu-Gine Song, Bong-Man Jung,  
Korea Institute of Energy Research

#### ABSTRACT

In recent, DC power is familiar around human's life. Specially, a lot of renewable energy such as fuel-cell and solar cell system are DC power generation system. This paper consider how DC lighting system can be constructed on DC power system and what is necessary for an efficient operation.

#### 1. 서론

최근에 우리나라에서도 많이 보급되기 시작한 신재생 에너지는 대부분 직류전원을 사용한다. 또한 많이 상용되는 축전지도 직류전원이다. 이 경우 조명시스템이 기존의 교류전력에 맞게 구성된 것을 직류전력에 사용하는 것은 비효율적이라는 문제가 제기되고 있다.

본 논문에서는 따라서 직류 전력을 근간으로 할때의 조명시스템의 구성과 가능한 역할 그리고 구성부의 설계에 대해 검토해보기로 한다.

#### 2. 직류에너지에 대한 조명시스템의 장점

직류조명시스템은 현재는 건물의 비상전원설비와 관련하여 축전지를 사용할 경우 비상조명에 이용이 되고 있다. 직류에너지를 사용하게 되므로 현재의 교류 조명 시스템 보다 효율이 높은 조명시스템이 가능하다. 최근에는 태양광 및 연료전지 등 신재생에너지의 경우 대부분이 직류에너지원으로 발전하며 보급을 위해서는 이를 적절히 활용하는 방안이 실제로 필요한데 직류전용 조명 시스템으로의 활용이 주 대안이 될 수 있다.

예로서 태양광 또는 축전지를 이용한 분산형 발전시스템은 대부분 직류로 발전되고 있지만 기존의 조명시스템은 모두 교류전력에 적합하도록 동작된다. 따라서 기존의 조명시스템을 직류에너지원에 사용하기 위해서는 그림 1과 같이 직류에너지원으로부터 인버터를 사용하여 상용 교류전원을 조명시스템에 공급해야 한다.

교류전원에 대해서 기존의 전자식 안정기를 비롯하여

대부분 전기기기들은 내부에서 교류를 정류하여 다시 직류로 다시 바꾸고 또 램프를 구동하기 위해 내부의 인버터를 통해 또 다시 교류를 발생하게 되어 3단계의 전력 변환이 필요하다. 그러나 직류 조명시스템은 그림 2와 같이 직류에너지원으로부터 1단계의 전력변환만이 필요하므로 매우 고효율로 동작을 하게 되므로 직류에너지원을 이용할 경우는 직류조명시스템이 보다 효율적인 것을 알 수 있다.

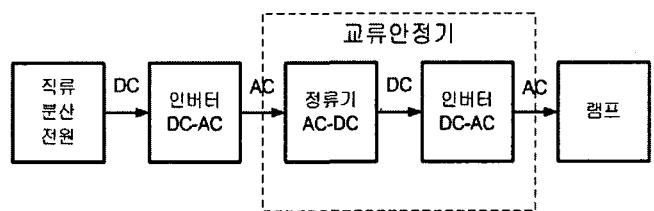


그림 1 직류 분산전원에서 교류안정기를 사용하는 경우  
Fig. 1 A case of using AC ballast based on DC power

이러한 개념을 활용하여 미국의 일부 회사에서는 이를 제품화하고 있는데 그 개념도는 그림 3과 같이 직류에너지를 중심으로 다양한 에너지원을 이용하는 것이다. 이 직류 조명시스템은 교류전원에서 무정전 조명이 필요한 경우에도 기존의 시스템보다 매우 고효율로 동작될 수 있다. 또 다른 직류조명시스템의 적극적인 응용으로는 그림 4와 같이 축전지를 이용하여 심야시간대 충전하여 에너지를 저장하였다가 이를 피크부하 때 축전된 에너지를 사용

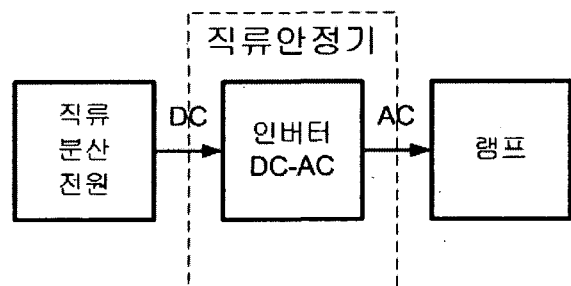


그림 2 직류 분산전원에서 직류안정기를 사용하는 경우  
Fig. 2 A case using DC ballast based on DC power

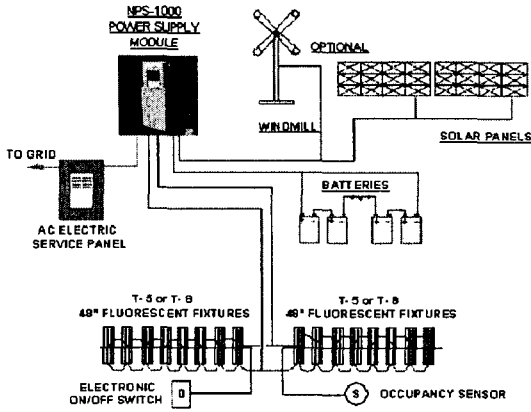


그림 3 직류 조명시스템의 개념 구성  
Fig. 3 Concept construction of DC lighting system

하여 전력 침투치를 줄이는 방법이 전력수요관리 측면에서 유효하다.

### 3. Hybrid power module의 역할과 구성

Hybrid Power Module은 서로 다른 여러 에너지원(상용 교류전원, 축전지, 연료전지/태양전지 등 직류에너지원)이 혼합되어 필요한 직류 부하에 대해서 문제가 발생되지 않도록 전기에너지를 공급하는 역할을 하도록 한다. 가능한 대체에너지원들을 사용하여 조명에너지를 공급하되 대체에너지원들이 충분하지 않은 경우 상용전원의 에너지를 이용하여 조명에너지를 공급하는 것으로 구성하였다.

여러 전력시스템이 무리없이 연계될 수 있도록 본 Hybrid Power Module의 경우는 그림 5와 같이 연료전지/태양전지 등 직류에너지원은 전압-전류 변환방식으로 동작하고, 교류의 에너지는 전압-전압 변환 방식으로 동작하여 최종 출력인 축전지

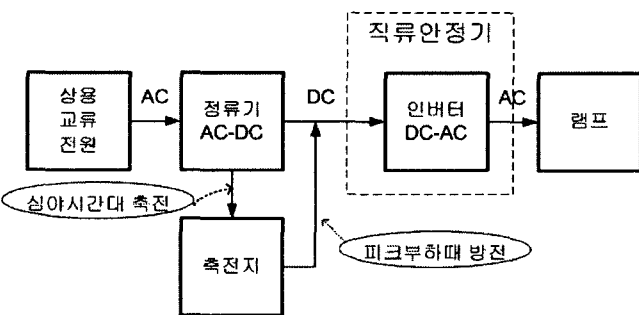


그림 4 전력 피크 억제를 위한 직류 조명시스템의 이용  
Fig. 4 A usage of DC lighting system for power demand control

에 연결되도록 하였다. 전압-전류 변환방식에서는 전류원으로 에너지를 변환하여 축전지와 부하에 에너지를 전달하게 된다.

Hybrid Power Module의 구성은 그림 6과 같이 상용 교류 컨버터부와 직류에너지 컨버터부로 구성하였다. 연

료전지/태양전지 등 직류에너지원은 직류에너지 컨버터부에 의해서 직류를 50kHz의 고주파 인버터로 변환되고 트랜스포모를 통해 절연과 함께 필요한 입출력 이득이 얻어지도록 구성되었으며 트랜스의 출력은 고속 정류기로 정류하고 필터를 통해서 직류 에너지를 공급하게 된다. 한편 상용 교류 컨버터부는 정류기를 통해서 전원이 정류되고 역율제어회로(Power Factor Controller)에 의해서 상용전원 측에 고역율과 낮은 고조파 함유율(Total Harmonic Distortion)을 제공하도록 구성되었고 DC-DC 컨버터를 통해서 축전지에 연결될 수 있도록 전압이 조정된다.

축전지는 출력이 최소 24V 이상이 공급되며 부하에서 요구하는 전력이 높을수록 출력전압이 높은 것이 바람직하다. 따라서 500W급을 위해서는 24V로 설정하고 5kW급을 위해서는 48V로 설정하는 것이 바람직하다.

### 4. 하이브리드 모듈의 사양 설계

#### 4.1 입력전압 및 출력전압

상용 교류 컨버터부의 경우는 입력전압이 교류 220V에서 20% 변동을 고려하여야 하므로 교류 170V-270V의 영역을 허용하도록 하였다. 직류 에너지 컨버터부의 경우는 연료전지나 태양전지 등이 모두 제조사 그리고 구성방식에 의해서 전압의 범위가 다르게 되어 일관성 있게 정해지기가 어렵다. 따라서 0-150V의 넓은 입력 영역을 허용하도록 하였고 500W이상 5kW의 전력을 출력할 경우 전압변동이 대부분 이 영역안에 들어올 수 있게 구성이 가능하다.

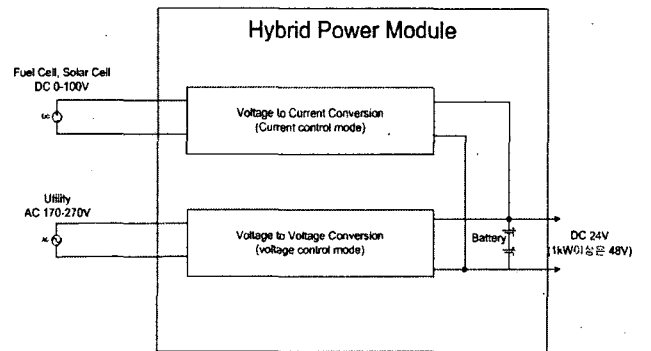


그림 5 하이브리드 파워 모듈의 개념  
Fig. 5 Concept of hybrid power module

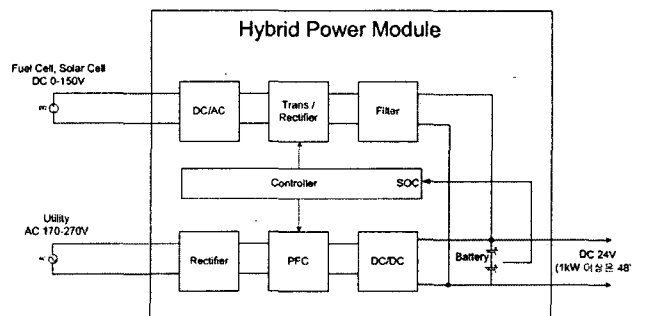


그림 6 하이브리드 파워 모듈의 내부 구성  
Fig. 6 Inner structure of hybrid power module

## 5 결론

출력전압은 높은 전력에 대해서 전류가 적어질 수 있도록 해야하나 축전지를 가능한 최소화하는 입장에서 기본적으로 500W급에서는 축전지 24V로 설정하였다. 그러나 설치 환경 또는 요건에 의해서 출력 직류 전압의 변동 설정은 가능하다.

### 4.2 입력 전력 및 출력 전력

출력전력은 500W(또는 5kW)의 시장이 가능하며 이 경우 Hybrid Power Module의 효율을 최소 90%로 제작할 때 직류에너지 컨버터부에 입력되어야 하는 전력은 550W이며 시스템의 전체적인 여유를 두어 전력처리능력은 600W로 제작된다. 교류 컨버터의 경우는 직류에너지의 가용분이 부족할 경우를 대비한 것으로 최대 500W를 상용전원에서 얻을 수 있도록 하였다.

### 4.3 교류 측의 역율과 THD

교류측의 경우는 상용전원에 미치는 영향을 최소화하기 위해서 최소 역율은 90%이상, THD는 통상 20%이하로 동작되어야 하였다. 본 Hybrid Power Module의 경우는 교류 컨버터부의 경우 500W출력시 역율 98%이상 THD 15%로 동작되도록 설계되었다.

### 4.4 축전지

축전지의 종류는 연축전지를 대상으로 하였고 축전지의 가동시간은 사용자의 요구에 의해서 결정되나 최소 15분을 기본으로 추가로 필요한 축전지는 외부모듈로서 연결되도록 하였다.

### 4.5 통합에너지 관리를 위한 파워모듈 제어기

다양한 직류에너지 전원의 상태를 파악하는 것이 효율적인 시스템 운전에 있어서 중요하며 에너지가 현재 공급이 가능한지를 알 수 있어야 한다. 또한 에너지공급 중에 직류에너지원이 안전한 동작 영역에서 운전되는지도 항상 파악하여야 할 필요가 있으므로 지속적인 상태 모니터링이 필요하며 이를 위해서 중앙제어기가 필요하다. 이 중앙제어기의 역할은 파워모듈의 동작을 제어하여 에너지의 분배 및 관리를 수행하게 된다.

복합적인 에너지원들을 함께 효율적으로 운영하기 위해서는 각 에너지원과 부하에서의 에너지의 사용 및 발생을 파악하여야 하며 특히 축전지의 에너지 잔여량 산출을 파악하는 것이 중요하다. 이는 통합적인 에너지관리를 성공적으로 수행하기 위해서 요구되는 것이다. 예로서 태양전지가 그날의 일조량에 의해서 1 kW만이 발전되고 부하가 3kW를 요구하고 있다면 축전지가 남은 2kW를 공급해야 하며 공급시간이 길어져서 축전지의 에너지 잔여상태가 너무 낮아지면 상용 교류전원에서 에너지를 공급받아야 한다. 만약에 태양전지의 일조량이 3kW인데 부하가 1kW를 요구하고 있다면 남은 2kW는 축전지에 에너지를 저장하는 방향으로 이용하도록 하는 것이 최적화 된다. 따라서 이러한 알고리즘을 구현하기 위해서 각 컨버터들은 독립적으로 운영이 될 수도 있지만 마이크로컨트롤러가 각 컨버터의 에너지 흐름을 판단하여 종합적으로 제어하도록 해야 한다.

본 논문에서는 우리의 주변에 다양하게 볼 수 있는 직류전력에 대해 이를 조명에 효과적으로 이용하는 방법 및 구성에 대해 생각하여 보았다. 개념적인 사양설계를 제시하였으며 이에 대한 실험적인 타당성 시도는 현재 연구가 진행중이다. 직류 조명이 기존의 교류조명을 대체할 수 있는 것은 아니지만 그 나름대로 적절히 이용될 수 있는 분야가 증가하고 있으므로 이에 대한 향후 지속적인 관심이 필요하다.