

# 하이브리드 커패시터를 적용한 순간전압강하 보상장치에 관한 연구

서안식, 맹주철, 윤중락  
삼화콘덴서공업(주)

## A Study on the dynamic voltage restorer using hybrid capacitor

Ansik Seo, Jucheol Maeng, Junrag Yoon  
R&D Center, Samwha capacitor, Yongin, Korea

### ABSTRACT

최근 산업 및 경제의 급속한 발전으로 컴퓨터를 비롯한 전기 및 전자 장비, 통신기기, 반도체 장비 등 전기적 외란에 민감한 부하 설비의 사용이 급증하면서 전력 품질에 대한 관심이 고조되고 있다. 그 이유는 정밀 부하 장비들이 전압의 순간적 변동에 대하여 민감하여 이 문제로 인하여 파생되는 경제적 피해가 매우 크기 때문에 지속적인 관리가 필요하다. 이러한 문제 중에서 가장 빈번하게 발생하는 순간 전압 강하를 보상하기 위한 장치로 전기 이중 층 커패시터 (EDLC: Electric Double Layer Capacitor)를 에너지 저장장치로 사용한 순간전압강하 보상장치 (DVR: Dynamic Voltage Restorer) 시스템이 개발 되어 적용되고 있다. 본 논문에서는 현재 순간전압강하 보상장치에 사용되는 DVR 시스템에서 주로 사용되는 에너지 저장장치인 EDLC 보다 동일 사이즈 대비 에너지 밀도가 높은 하이브리드 커패시터를 적용하는 연구를 하고자 한다.

### 1. 서론

정보통신기와 각종 전자제품의 전기회로 기관에 장착 되어있는 커패시터(Capacitor)는 전기를 축적 했다가 필요 시 방전함으로써 전기 흐름을 안정화 하는 역할을 한다. 이러한 커패시터가 대용량화됨에 따라 기존의 리튬 2차 전지를 병용하거나 대체하여 사용할 수 있는 새로운 에너지원으로 부각되고 있다.<sup>[1]</sup>

최근 탄소 기반 슈퍼커패시터는 일반 커패시터 보다 고 에너지 밀도를 제공하고 있다. 일반 커패시터 보다 전력 밀도가 약 20~200배가 되는 거대한 용량을 가진다.<sup>[2]</sup>

슈퍼커패시터는 사용되는 전극 메커니즘에 따라 다음 세 가지 종류로 분류 된다. 첫째 활성탄소를 전극으로 사용하고 전기이중층의 전하흡착 메커니즘에 의한 전기 이중층 커패시터(EDLC), 둘째 금속산화물과 전도성고분자를 전극재료로 사용하는 의사 슈퍼커패시터(Pseudo Super capacitor), 셋째 EDLC와 배터리의 중간 특성을 갖는 하이브리드 커패시터(Hybrid Super capacitor)이다.<sup>[3]</sup>

현재 상용화된 커패시터는 주로 EDLC이다. EDLC는 내부 저항이 작아 출력 특성이 좋으나 에너지밀도가 낮다는 단점이 있다. 이러한 점을 보완하고자 하는 대안으로 최근 하이브리드 슈퍼커패시터의 연구 및 상용화를 위한 개발이 활발하게 진행되고 있다.<sup>[4]</sup>

본 연구에서는 DVR의 에너지저장장치를 기존 EDLC와 동일

체적 대비 에너지밀도가 높고 리튬 이차전지보다 출력 특성이 높은 하이브리드 커패시터를 적용하여 모듈 특성을 비교 하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 EDLC와 Hybrid Capacitor

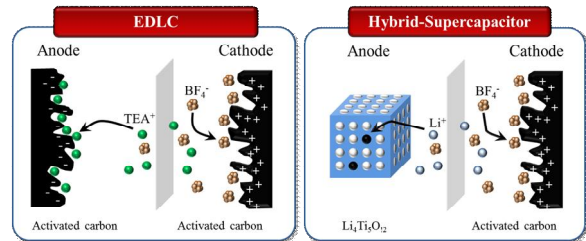


그림 1 EDLC와 Hybrid 커패시터 구조

Fig. 1 The structure of EDLC and Hybrid Capacitor

그림 1은 EDLC와 하이브리드 커패시터의 구조를 나타낸 그림이다. EDLC는 양극과 음극에 각각 활성탄을 사용하였다. 하이브리드 커패시터는 일반적으로 양극(Cathode)은 활성탄을 사용하고 음극(Anode)에 리튬 티타늄 계 금속 산화물(Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>: LTO)을 적용한 비대칭 구조이다. 활성탄 전극에는 이온의 물리적 흡·탈착 반응에 의한 전기 이중층 반응(물리 반응)에 의하여 전하를 저장하며, 반대 전극인 리튬계 전이금속 산화물에서는 리튬의 삽입·탈리 반응(화학 반응)에 의하여 전하를 저장한다. 그 결과 기존 EDLC보다 동일 체적 대비 에너지 밀도를 높일 수 있다.<sup>[5]</sup>

#### 2.2 순간전압강하 보상장치

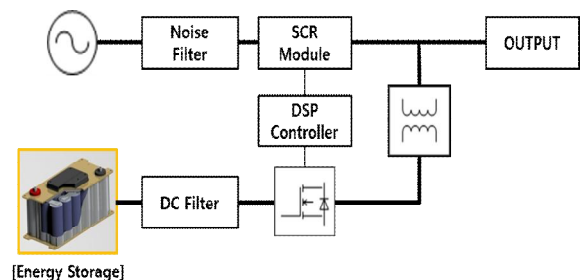


그림 2 순간전압강하 보상장치 시스템 블록도

Fig. 2 DVR system block diagram

그림 2는 DVR의 시스템 블록도 이다. 평상시 계통 전압을 입력 받아 출력을 내보내며 동시에 변압기를 거쳐 인버터를 통해서 에너지 저장장치에 에너지를 저장한다. 계통에 사고 또는 큰 부하 기동에 의한 전압강하현상(SAG)이 발생하면 SCR(Silicon Controlled Rectifier) 동작을 통해 계통 전원을 차단한 후 인버터를 통하여 출력측에 일정 시간 동안 전압을 보상해 주는 장치이다.

### 2.3 에너지 저장장치



	Hybrid-capacitor	Super-capacitor
모듈 사진		
개별 셀	250F / 2.8V	100F / 2.7V
모듈	2.5F 280V (series 100EA)	1F 270V (series 100EA)
셀 크기	45mm / 22Φ	
모듈 크기	130 × 300 × 125mm (W × D × H)	
모듈 무게	2600g	2362g
축적 에너지(E)	26875J	10750J
사용 구간	약 190~240Vdc	
밸런싱 저항	1kΩ±1% (각 셀에 Parallel)	

표 1 EDLC 와 하이브리드 커패시터 모듈 사양  
Table. 1 EDLC and Hybrid capacitor of the module specification

표 1은 실험에 사용한 에너지 저장장치 모듈이다. 저장된 에너지의 양은 식(1)에 의하여 계산할 수 있다.

$$E = \frac{1}{2} C_{sc} (V_{max}^2 - V_{min}^2) = P_{sc} \times T_{sc} \quad (1)$$

에너지 저장장치의 보상 시간은 용량에 의하여 결정 된다. 에너지 저장장치의 사용 전압 범위는 190V~240V이다.

### 3. 실험 결과



그림 3 순간전압강하 보상장치  
Fig. 3 Dynamic Voltage Restorer

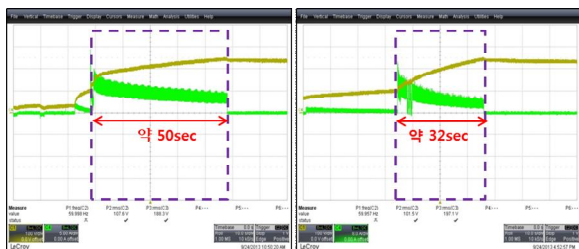


그림 4 에너지 저장장치 충전시간  
Fig. 4 Energy storage charging time

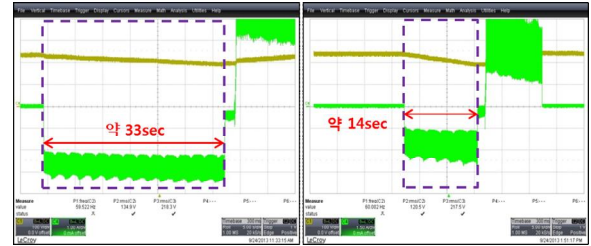


그림 5 에너지 저장장치 보상시간  
Fig. 5 Energy storage discharge time

EDLC와 하이브리드 커패시터의 에너지 밀도 차이에 의한 보상 시간을 비교하기 위한 방법으로 그림 3과 같이 순간전압강하 보상장치에 에너지 저장장치 모듈을 적용하여 실험 하였다. 실험에 사용한 부하는 220V 500W 저항 부하이다. 에너지 저장장치가 완전히 충전된 상태에서 전압 강하 상태를 모사하면 전압 강하 보상 상태로 들어가게 된다. 이때에 에너지 저장장치의 전압, 전류의 변화를 오실로스코프로 측정한다. 측정된 파형을 분석하여 보상시간을 계산한다.

그림 4는 에너지 저장장치의 충전 시간을 나타낸 것이다. 에너지 밀도 차이에 의해 충전 시간이 EDLC 보다 하이브리드 커패시터가 더 길다는 것을 알 수 있다.

그림 5는 인버터 보상 동작을 통해 에너지 저장장치의 전압이 240V 에서 190V로 떨어지는 시간을 측정한 것이다. 측정 결과 EDLC 보다 하이브리드 커패시터가 약 2.3배 정도 보상 시간이 더 길다는 것을 실험을 통하여 알 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 EDLC와 하이브리드 커패시터를 DVR의 에너지 저장장치로 적용하여 실험 하였다. 동일 한 크기의 EDLC 보다 하이브리드 커패시터가 축적 에너지가 2배 이상 높아 보상 시간이 2.3배 정도 더 길다는 것을 알 수 있다. 이를 통해 순간 전압 보상 장치 제품의 소형화 및 경량화에 이바지 할 수 있다.

향후에는 납 축전지 및 리튬 이온 배터리를 에너지 저장장치로 사용하는 시스템 어플리케이션에 하이브리드 커패시터 적용에 관한 연구를 진행 할 예정이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 김종휘, “고전압/초고용량 커패시터 개발” 한국에너지 기술연구소/과학기술부, 2000, 9, pp.547~572
- [2] Schneuwly, A. and Gallay, R. “Properties and applications of supercapacitors from the state of the art to future trends”, Proceeding PCIM 2000, pp1~10.
- [3] 전자부품연구원, “Supercapacitor 시장동향”, (주) 알앤디 비즈, 2005, 9, pp.1~17
- [4] Yoon, J. H., Bang, H. J., Prakash, J. and Sun, Y. K., “Comparative Study of Li[Ni1/3Co1/3Mn1/3]O2 Cathode Material Synthesized Via Different Synthetic Routes for Asymmetric Electrochemical Capacitor Applications,” *Matt. Chem. Phy.*, 110, 222~227 (2008).
- [5] Wang, Y. G. and Xia, Y. Y., “A New Concept Hybrid Electrochemical Supercapacitor Carbon/LiMn2O4 Aqueous System,” *Electrochem. Commum.*, 7, 1138~1142 (2005).