

# 전력품질 향상용 슈퍼커패시터 기술

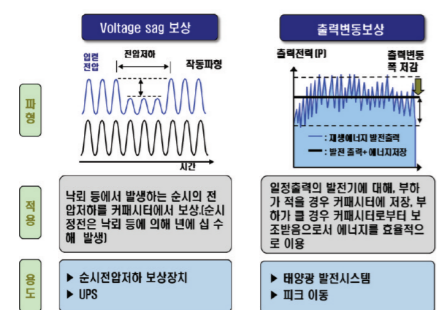
차세대전지연구센터 | 김익준, 양선혜

○ 슈퍼커패시터는 높은 출력 특성과 빠른 응답속도(msec), 장수명, 효율이 높은 충방전 특성을 가지는 에너지 저장 디바이스이며, 이러한 특성으로 출력 변동 평준화 및 정류, 피크 전력 대응을 위한 출력 보조용 전원으로 활용가능한 최적의 에너지 저장 장치임. 뿐만 아니라 휴대통신기기 및 가전제품의 메모리 백업 전원 및 무정전 전원장치, HEV, EV에서의 주전원 및 보조전원 등에 활용됨.

## 기술개념 및 구성

### 기술개념

▶ 슈퍼커패시터는 분산전원 또는 전력계통에서 발생하는 단주기 출력 변동을 순간적인 에너지 공급으로 보상하여 전력품질의 향상을 제공하는 에너지 저장 디바이스



### 기술의 구성도

▶ 슈퍼커패시터는 탄소 (활성탄, 흑연 등)를 활물질로 하고, 이들 탄소를 전극으로 사용하여 셀 (원통형, 각형, 파우치형)을 제조함



▶ 한국전기연구원 (KERI)의 슈퍼커패시터는 탄소제조 기술, 탄소전극 기술, 탄소전극 기반 셀 제조기술로 구성됨

- ◆ **Carbons for high-capacitance and high-power**
  - rGO (Reduced Graphite Oxide) derived from soft-carbon
  - N-doped Activated Carbon
  - Joule-heated Activated Carbon
- ◆ **Carbon-electrodes**
  - Slurry coated electrode / Sheet laminated electrode for EDLC
  - Vertically aligned monolithic rGO electrode for Hybrid capacitor
  - Carbon-electrode with high-power performance for Hybrid capacitor
- ◆ **Supercapacitors based on carbons and carbon-electrodes**
  - 3.3V coin EDLC, 2.7V radial & prismatic EDLC, 3.0V pouch EDLC
  - 3.8V pouch and radial LIC
  - 160V bipolar EDLC

[KERI의 슈퍼커패시터 구성도와 각 구성품 제조기술]

## 1. 기술 개요

### 기술개발의 필요성

- ▶ 문제점) 태양광, 풍력 등은 기상 상황과 시간대에 따른 출력 예측이 어렵고, 출력 패턴이 불규칙함으로, 유틸리티 기업과의 계통 연계 시에 급격한 출력 변동에 의한 전력의 안정적 공급 및 전력 품질의 확보에 지장을 초래함.
- ▶ 현황) 시간 (h) 단위의 장주기 출력 변동 완화는 이차전지 (LIB, Pb-battery)가 주로 대응하고 있으나 msec~min 단위의 단주기 출력 변동 완화에는 슈퍼커패시터 가장 우수한 특성을 나타냄.
- ▶ 필요성) 분산전원의 급격한 부하변동 및 전력계통에서 발생하는 순시정전(Voltage sag)과 출력변동(고주파, 고조파)에 대응하기 위해서는 다양한 변동에 대응하는 고출력, 고에너지의 슈퍼커패시터 (Supercapacitor) 기술 개발이 필요함.

## 2. 기술 내용

### 기술의 특징

- ▶ 기술의 특징점
  - 이차전지보다 높은 출력 특성, 우수한 저온(-30°C)특성 및 10년 이상의 장기신뢰성을 보유한 슈퍼커패시터 기술 보유

- 탄소기반 소재기술, 탄소 전극 기술 및 셀 (원통형, 각형, 파우치형) 제조 기술 보유
  - 응용분야 (단주기 출력변동완화, 제동 에너지 회수 및 백업)에 적합한 셀 설계 및 제조기술 보유
- ▶ 기술의 상세 규격

구분	규격
소재	-활성탄 표면개질 -다공성 탄소 제조기술
탄소 전극	-Slurry coating 기술 -Sheet-laminating 기술
슈퍼커패시터 셀	-3.3V coin, 2.7V, 3.1V EDLC -3.8V pouch/radial Li ion capacitor (LIC) -160V bipolar EDLC

### 경쟁기술과 차별성

- ▶ 국내외 유사·경쟁 기술 현황
  - 국내는 중 소형 전기이중용 커패시터 (EDLC) 제조기술 보유
  - 국외는 일본의 EDLC, LIC 기술 보유

구분	기술명	슈퍼커패시터 셀
국내	기술 내용	• 바인더, etching Al 이의 대부분 수입 의존 • 2.7, 3.0V 중소형 EDLC 제조기술
	기술명	슈퍼커패시터 셀
국외	기술 내용	• 일본을 중심으로 활성탄, 바인더 제조 • 일본은 2.5V-EDLC, 3.8V-LIC 제조 • 미국은 2.7, 3.0V EDLC 제조 • 중국은 2.7V EDLC, 하이브리드 커패시터

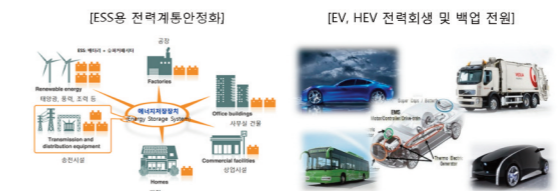
### 경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
고출력 기술	• 활성탄 계면에서의 부반응 억제 기술 • 셀 저항 최소화 기술 (RC time ≤ 0.41s)
고에너지 기술	• NiMH 기반 고에너지 하이브리드 커패시터 기술 • LIB 기반 고에너지 하이브리드 커패시터 기술 (≥ LIC)
고전압 기술	• 3.0V-파우치 EDLC 제조기술 • 160V-bipolar EDLC 제조기술

## 3. 기술의 시장성

### 기술 응용분야 및 제품

- 휴대통신기기 및 가전제품에서의 메모리 백업용 전원으로 활용
- 무정전 전원장치 (UPS) 및 EV/HEV에서 전력 회생, 백업 전원으로 활용
- ESS(Energy Storage System), 신재생 에너지의 단주기 출력 변동 완화 및 전력 계통 품질 향상에 활용



### 시장이슈

- 산업통상자원부는 2020년 이후 출범하는 신기후체제 대응방안으로 2016년부터 2030년 에너지신산업 확산전략을 추진 중임
- 국내 신재생 에너지의 스마트 그리드 내 확대 적용 및 전력 고품질화를 위한 최적화된 에너지 저장 장치 도입이 요구됨
- 또한 전력공급 신뢰성 향상, 출력의 불안정성 해소, 피크 전력 대응을 위한 에너지 저장 장치의 필요성으로 인하여 향후 슈퍼 커패시터의 수요가 급증할 것으로 예상됨(CAGR 20% 전망)

### Supply chain

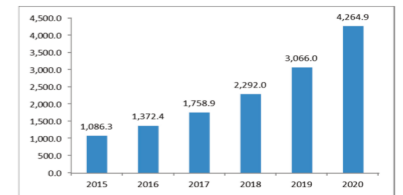
- 본 기술은 슈퍼커패시터 소재 및 셀 제조기술로, 가전 통신기기용 백업, 전력회생 및 ESS에 적용됨



### 수요전망

- 세계 슈퍼 커패시터 시장은 2015년 10억 달러 규모에서 2020년 42억 달러 규모로 성장할 것으로 전망됨

[세계 슈퍼커패시터 시장규모 및 전망] (단위: 백만 달러)



자료: Analysis of the global ultracapacitor market, FROST & SULLIVAN

## 4. 주요 연구성과

### 특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
등록	전기이중용 커패시터용 탄소-폴리테트라플루오로에틸렌-친수성 바인더 시트 전극 및 그 제조방법	한국	10-1198297	2012
등록	그래핀을 포함하는 전기이중용 커패시터용 시트 전극 및 그 제조방법	한국	10-1243296	2013
등록	그래핀을 포함하는 도전성 접착제 및 이를 이용한 슈퍼커패시터	한국	10-1381956	2014
등록	탄소계 표면 개질용 통전장치	한국	10-1454404	2014
등록	원통형 비대칭 슈퍼커패시터	한국	10-1493976	2015
등록	온도 특성 개선을 위한 전해액, 전해액의 제조 방법 및 이를 포함하는 에너지 저장 디바이스	한국	10-1604442	2016
출원	하이브리드 커패시터 양극 활물질 제조방법 및 이를 포함하는 하이브리드 커패시터	한국	10-2018-0107068	2018
출원	부식 억제 첨가제를 포함하는 전도층을 포함하는 전극, 이의 제조방법 및 이를 이용하는 슈퍼커패시터	한국	10-2018-0136471	2018

### 기술의 완성도

**개발 대상 제품**

셀) 원통형 전기이중용 커패시터 (EDLC)	TRL : 6
셀) 파우치 전기이중용 커패시터 (EDLC)	TRL : 7
셀) 원통형 하이브리드 커패시터 (21700형)	TRL : 6
소재) Carbon-electrode (접착제 포함)	TRL : 6

## 5. 기대 효과

### 기술 도입 효과

- ▶ 경제적인 효과
  - 국제적인 저탄소 배출정책과 스마트 그리드의 본격적인 도입으로 인하여, 국내 전력저장 수요시장에서 분산전원(신재생에너지) 분야의 비중이 크게 높아질 것으로 전망됨
  - 슈퍼커패시터는 신재생 에너지 및 전력 저장 분야를 비롯하여 모바일 IT 기기, 하이브리드 자동차(Hybrid Electric Vehicle, HEV) 등 다양한 산업에 활용되고 있으며 그 수요량이 점차 확대되고 있음. 이에 따라 세계 슈퍼커패시터 시장의 전체 규모는 2012년 6억 달러에서 2022년에는 89억 달러로 크게 성장할 것으로 예상됨

### 기술·산업적 파급 효과

- ▶ 기술적 파급 효과
  - 전력전송 분야, 지하철, 전철 등의 수송 분야 및 재생에너지 발전분야에서 산업분야에서의 슈퍼커패시터의 적용 확대
  - 스마트 전송, 스마트 수송, 스마트 분산전원 분야에서의 적용 시스템 확보 및 실증 운영기술 확대
  - 소재, 전극 및 셀 산업 생태계 활성화에 의한 기술선도의 시장 점유율 확대와 함께 무역적자 해소, 기술 중속 탈피 국내 초고용량 커패시터 전후방 제품의 완전 국산화 및 산업군의 활성화 기여

[R&R : 4-2-1]