

# 최근의 전력전자 회로에서의 최신 콘덴서 기술

(Advances in Capacitor Technology for Modern Power Electronics)

김 광 수

Intericap Co. 대표/전기기술사



이 내용은 뉴욕 주립대학교 W.J. Sarjeant 박사의 기고문을 번역 요약한 것이다.

소형이면서 고밀도 전기에너지설비에 대한 소비자 및 산업계의 요구는 향후 10여 년간 점점 증대될 것이기 때문에 고밀도 에너지 저장용 콘덴서기술의 개발이 핵심과제가 되고 있다.

백만분의 일초에서 수십분의 일초에 전기에너지를 충·방전시켜야 하는 미래의 광범위한 요구에 대하여 지금의 콘덴서 기술은 다양성이나 적용성에서 따라가지 못하고 있다. 현재 제품의 방전완료 시간은 메가볼트(MV) 대에서는 마이크로세크, 1000V 이하에서는 밀리세크 대이다. 혁신적인 새로운 콘덴서와 절연체의 개발만이 미래의 요구를 만족시킬 수 있을 것이다. Repetition Rate도 수 MHz에 이를 것이다. 에너지 용량에 따른 콘덴서의 응용분야와 사용조건을 표 1에 정리하였다.

콘덴서는 에너지를 충전하는데 비교적 장시간이 필요한데 비하여 방전시에 걸리는 시간은 수천분의 일초로 순식간이다(물론 방전회로조건을 설정하여 시간을 조절할 수도 있다). 그러므로 콘덴서 설계시에는 방전시 열적 충격을 최소화하기 위하여 고효율의 설계기술(단위 중량당 체적)이 필요하다. 또한 시스템이 요구하는 수명과 신뢰성에 대한 특별한 주의가 필요하다. 아래에 필터 회로에 적용되는 콘덴서의 용도를 기술하였다.

- Low and high frequency filtering

〈표 1〉 콘덴서의 응용분야와 사용조건

Power(kW) (평균)	Voltage(kV) (피크전압)	Run-Time (second)	적용 분야
1 미만	50 미만	1000 이상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UPS</li> <li>• LADAR</li> <li>• Communications</li> <li>• Microcomputer</li> </ul>
1~10	100 미만	10 이상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LADAR</li> <li>• RADAR</li> <li>• Computer</li> </ul>
10~1000	500 미만	100 이상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High-power</li> <li>• Microwaves</li> <li>• RADAR</li> <li>• Power Quality</li> <li>• Distributed P/System</li> </ul>
1000 이상	100 이상	100 이상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Directed</li> <li>• Energy Weapons</li> <li>• Induction Heating</li> <li>• Emergency Power</li> <li>• VAR Stabilization</li> <li>• Industrial Processing</li> </ul>

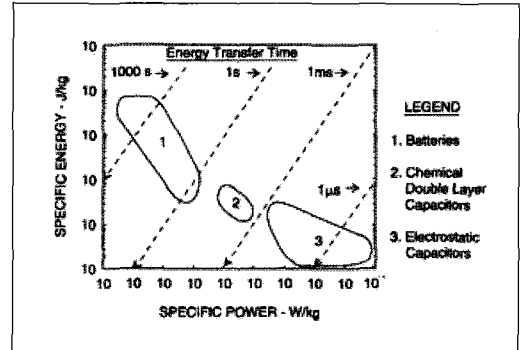
- AC resonant-charging power supplies
- Switched-mode power supplies
- Energy discharge
- High frequency bypass

휴대가 가능하고 전기자동차 등에 사용가능한 미래의 요구조건을 충족시키기 위해서는 에너지 밀도(kJ/kg)를 현재보다 10배 정도 높여야 한다.

콘덴서의 현재의 수준과 미래의 요구조건을 비교하여 표 2에 나타내었다. 아울러 에너지 저장용 콘덴서에 있

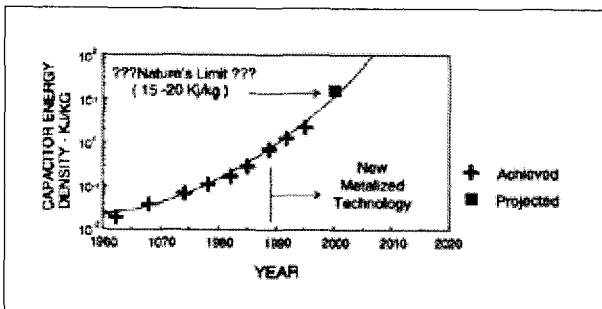
〈표 2〉 현재의 수준과 미래의 요구조건 비교

유전체	kJ/kg		kWe/kg		Rep-rate (Hz)	주요과제
	현재	미래	현재	미래		
고분자 필름	0.40	20.00	5.00	2,000	100 이상	신소재/합침제 Voltage Reversal Pulse Duration
세라믹	0.01	5.00	10.00	10,000	100k 이상	성형/전극 Voltage Scaling Fusing
전해질	0.20	2.00	0.20	10,000	100 이상	전해질/세퍼레이터 Gassing/Sealing Vtge Rev/Rpt Rate
마이카	0.10	5.00	5.00	50,000	1Meg 이상	전극/충진제 Voltage Scaling Voltage Reversal

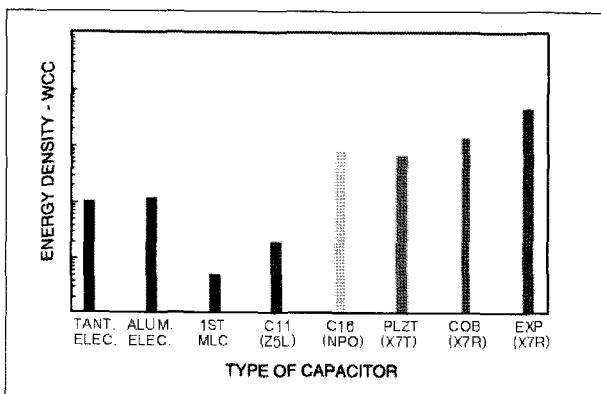


〈그림 3〉 Capabilities of Batteries and Capacitors in Power Electronics

어서 미래의 첨단기술이 수행해야 할 에너지 밀도를 그림 1에 도시하였다. 또한 AC/DC 고주파 필터용으로 사용할 콘덴서의 에너지 밀도 수준은 그림 2를 참조하기 바란다.



〈그림 1〉 Capacitor Technology High Energy Storage Type



〈그림 2〉 Energy Density of Capacitors

미래에 진보된 전원공급 장치를 찾는 사람들을 위해서는 소형이면서 충분한 에너지 밀도를 갖는 콘덴서 기술이 상당히 편리하고 가능성 있는 분야이다. 첨단기술을 이용하여 에너지 밀도는 현재보다 2배 내지 10배까지 높이면서 가격 경쟁력은 현재수준과 대등하게 하는 것이 관건이다. 그림1에서 보는 바와 같이 고밀도 에너지 콘덴서의 기술은 점점 가속화되고 있으며 일반 전력용 콘덴서 발전속도와 비교하면 10년간 대략 18배 수준으로 추정된다.

고온에서 긴 수명을 자랑하는 세라믹 콘덴서의 에너지 밀도도 급속히 증가하고 있으며 500VDC까지도 사용이 가능하게 되었고 가격도 마이크로파라드당 1.0볼에서 0.25볼 수준으로 떨어지고 있다.

그림 3에 전력전자회로에 사용될 미래의 배터리와 콘덴서에 요구되는 에너지 밀도에 대하여 도시하였다. 입방미터당 10~20MVAR의 용량을 갖기 위해서는 현재보다 대략 30~50%의 체적이 감소해야만 한다. 또한 고주파 회로에 적용하기 위해서는 제품자체의 ESR (Equivalent Series Resistance)이나 인덕턴스를 감소시키는 기술이 개발되어야만 한다.

다행히도 전통적인 콘덴서와 현재의 배터리 성능의 장점을 제고시킬 수 있는 전기화학 이중층 콘덴서 기술이 급속히 진전되고 있으며 새로운 생산라인이 속속 개발되고 있다. ■