

국내외 제조업체 슬림커패시터의 비교분석

임창근* · 김종민** · 김강동** · 박정원*

한국산업기술시험원* · 삼성전기**

The Comparison Analysis for Foreign and Domestic Slim Capacitors

Chang Keun Lim* · Jong Min Kim** · Kang Dong Kim** · Jung Won Park*

Korea Testing Laboratory* · Samsung Electric Co.**

Abstract

As to display products are made slim, the diameter of aluminum electrolytic capacitor is smaller and the length is longer to be fitted in. These small diameter and long length are pointed as the disadvantageous design factors of the capacitor's life cycle. So, the most electronic makers want to use proven capacitors (or well-known) to secure reliability of the electric products. In this study, we carried out the comparison analysis with two domestic capacitors and one foreign made capacitor. We designated separators, rubber breather and debris as the main factors that effect on the lifetime of capacitors. From the comparison results, we suggested the improvement points of the aluminum electrolytic capacitor.

Keywords : Slim, Capacitor, Comparison, Reliability, Testing

1. 서론

TV가 PDP TV, LCD TV, LED TV로 진화를 하면서 두께가 점점 더 얇아지고 있다. TV의 두께가 얇아짐에 따라 TV를 구성하는 부품들의 두께도 따라서 얇아지고 있고 기존에 사용하던 구성부품도 새로운 형태로 개발되고 있다. 그 한 예는 슬림커패시터(Slim Capacitor)로서 기존의 알루미늄 전해커패시터로는 새로 개발되는 TV의 두께와 용량을 맞출 수 없기에 최근 TV의 파워 모듈에 사용되는 알루미늄 전해커패시터는 <그림 1>에서와 같이 지름이 작고 길이가 길다.

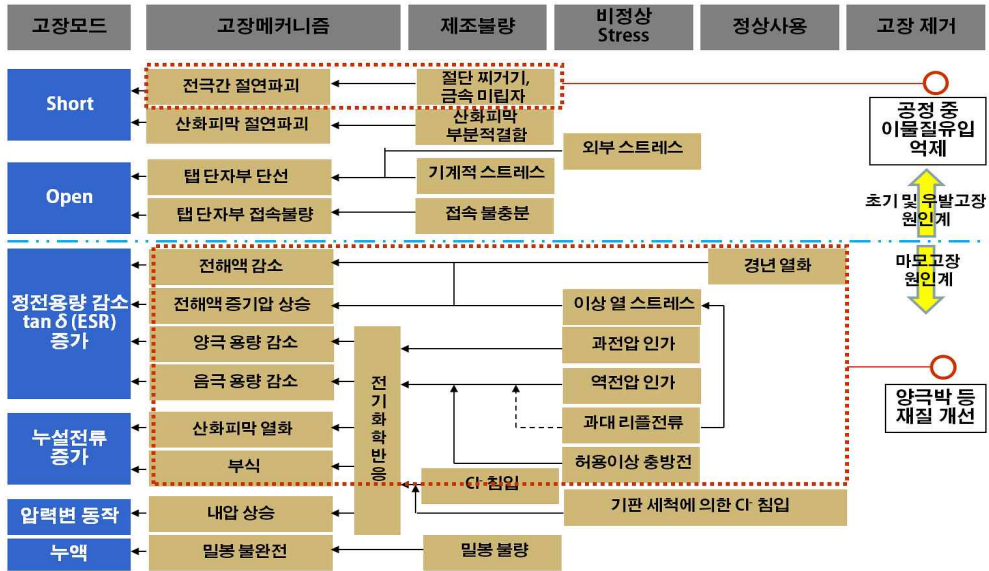


<그림 1> 슬림커패시터의 외형

알루미늄 전해커패시터는 수명이 유한한 부품으로서 일반적으로 파워모듈의 수명을 좌우하는 부품으로 알려져 있다. Han and Narendran(2009)에 따르면 알루미늄 전해커패시터의 수명은 커패시터가 동작함에 따라 전해액이 증발하면서 특성값이 열화되는 정도에 따라서 결정된다. 이러한 알루미늄 전해커패시터의 지름이 작아지면서 전해액이 더 빨리 증발하여 수명이 짧아지는 문제가 발생하고 있다. 그래서 최근 슬림커패시터의 기술은 얇으면서 장수명을 갖도록 만드는 것이다. 이와 같은 신뢰성의 측면에서 국내 제조업체가 해외 선진 제조업체에게 뒤떨어지는 것으로 인식되면서 국내의 TV 제조업체는 외산 슬림커패시터에 의존하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 국내 제조업체와 해외 선진 제조업체의 슬림커패시터를 비교 분석하여 국내 제조업체들이 제품 경쟁력을 확보하기 위하여 제품 개발할 때 고려해야 할 사항들을 제시하였다.

2. 기존 연구 및 특허 조사

Imam et al.(2005)에 따르면 커패시터의 고장형태는 우발적인 단락현상(Short) 및 장기 사용에 의한 특성 열화가 대표적인 고장현상이다. 이와 같은 고장현상의 고장메커니즘을 조사한 결과 <그림 2>와 같이 정리될 수 있었다(일본 케미콘주(2009)). <그림 2>로부터 알루미늄 전해커패시터 고장현상은 커패시터 내의 이물질 양 및 재질에 의하여 주로 영향을 받음을 알 수 있다. CAP-XX (Australia) Pty Ltd(2008)에서도 고장 메커니즘에 영향을 미치는 부품으로 전해지, 러버 브레더(Rubber breather)와 전해액을 꼽고 있었다. 또한 알루미늄 전해커패시터와 관련한 특허분석을 한 결과 상당수(63%)의 자료가 러버 브레더(Rubber Breather)에 대하여 특허가 등록되어 있으며, 이 중 가스배출 및 전해액 증발(Dry-out)에 관한 특허가 80%를 차지하며, 전해액 누액방지에 대한 기술 및 전해액과 반응성 개선에 대한 기술 등이 20%를 차지하였다. <표 1>에 알루미늄 전해커패시터에 대한 공개특허의 일부를 제시하였다. 그러므로 수명개선을 위해서 러버 브레더(Rubber Breather)와 전해지의 재질 및 형상, 전해액의 성분, 이물질 양의 관리가 매우 중요함을 알 수 있다.



<그림 2> 알루미늄 전해커패시터의 고장모드 및 고장메커니즘

<표 1> 알루미늄 전해 커패시터 관련 특허문서

문서번호	등록일	주요 내용	관련 부품	
1	특개평6-338438	1993. 5. 27	봉입구부분 수지물딩	러버 브레더, 리드
2	특개평6-338439	1993. 5. 27	봉입구의 강도 및 가스투과성 개선	러버 브레더, 리드
3	특개평7-86102	1993. 6. 30	가스투과성 개선	러버 브레더, 리드
4	특허제3631771	2004. 12. 24	전해액 증발 개선	러버 브레더
5	특허제3333284	2002. 7. 16	전해액 누액 방지	러버 브레더, 리드
6	특허제3953214	2007. 5. 11	전해액 개선을 통한 고수명 제품 개발	전해액
7	특개2000-182906	2000. 6. 30	고온 리플로우시 내부압력 상승을 견딜 수 있는 제품	러버 브레더, 전해지, 절연지 등
8	특개2010-186955	2010. 8. 26	절연 등급을 개선	절연지, 리드

3. 국내외 슬립커패시터 비교 평가

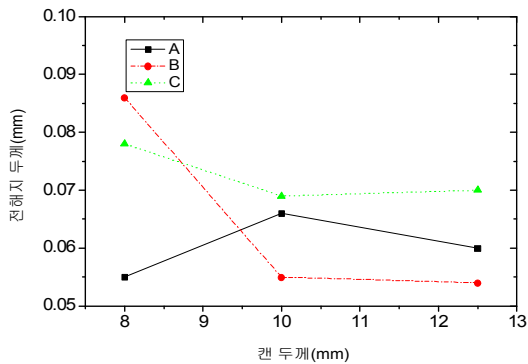
알루미늄 전해 커패시터 비교의 목적은 전해지, 러버 브레더(Rubber Breather), 이물질의 차이를 분석하고, 추후에 내구시험을 진행하여 초기불량 및 수명 등의 차이를 설명하기 위한 자료를 마련하며, 제품개선의 자료로 활용하기 위함이다. 국내외 3개사 제품인 A사, B사 및 C사를 대상으로 실시하였고, 전해지, 러버 브레더(Rubber Breather), 이물질의 3가지 관점에서 비교하였다. 전해액은 각 회사의 고유한 배합비에 의해 제조된 것으로 성분을 분석할 수 없어서 비교할 수 없었다.

<표 2> 국내외 슬림커패시터 비교의 개요

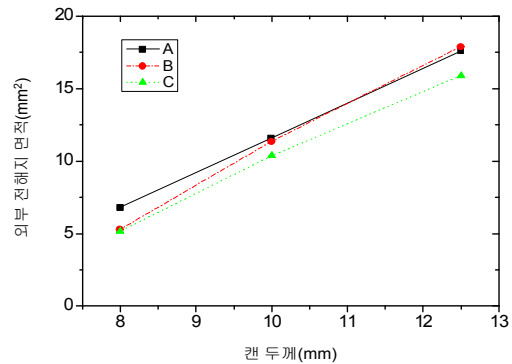
비교제품	목적	비교내용	방법
국내 2개사 외국 1개사	1.초기불량 및 장기사용수명 차이를 설명하기 위한. 2.개선을 위한 자료.	전해지	치수, 면적
		리버브레더	외형, 성분
		이물질	이물질 개수 및 크기

3.1 전해지

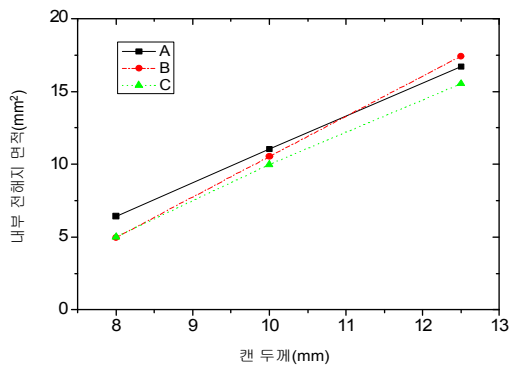
전해지는 전해지의 두께와 면적을 비교하였다. 전해지 두께가 얇으면 전해지 면적이 넓어지고 같은 권취 회수라고 해도 외부 캔과의 마진(Margin)을 충분히 확보 할 수 있으며, 전해지 면적이 넓은 경우 전해액을 많이 충전시킬 수 있어 전해액 증발(Dry-out)에 보다 유리할 것으로 예측된다. 제품 간 비교 결과는 <그림 3>과 같았다. 단, <그림 3>의 값들은 각 사별로 5개씩 시료를 이용하여 측정한 후 값을 평균한 것이다.



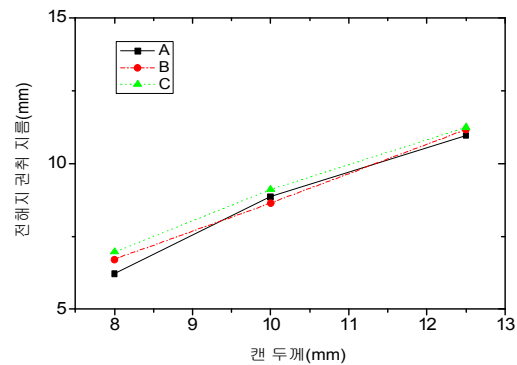
(a) 캔 지름별 3사 전해지 두께 비교



(b) 캔 지름별 3사 외부 전해지 면적 비교



(c) 캔 지름별 3사 내부 전해지 면적 비교



(d) 캔 지름별 3사 권취 지름 비교



















<그림 3> 국내외 3사 슬림커패시터 전해지 특성 비교

<그림 3>에서 나타나듯이 캔지름이 작은 경우 일본 업체는 전해지 두께가 얇고, 전해지 면적이 넓으며, 권취 지름이 작음을 알 수 있다. 이는 전해액을 상대적으로 많이 포함할 수 있어 전해액의 증발에 유리하고, 외부 캔과의 사이에 공간을 더 여유있게 함으로써 가스가 생길 때 가스압에 의한 문제 발생 가능성을 줄일 수 있는 장점이 있다.

3.2 러버 브레더(Rubber Breather)

러버 브레더(Rubber Breather)는 외형, 성분 및 분자 구조를 비교하였다. 먼저 러버 브레더(Rubber Breather)의 외형 비교한 결과를 <표 3>에 제시하였다. C사 제품을 제외하고 A사 제품 및 B사 제품은 용량에 맞게 러버 브레더(Rubber Breather)의 외형을 바꾸었다. 특히 A사 제품은 안쪽의 나이트 모양이 권취된 전해지와 거의 일치 하게 양각이 되어있다. 이는 전해지 아래 쪽을 일정하게 유지하여 전해액의 양이 균일하게 도포되어 있는 상태를 유지하려는 것으로 판단된다.

<표 3> 3사 제품의 러버브레더 외형 비교

구분		모델	A사	B사	C사
∅8mm	Inside				
	Outside				
∅10mm	Inside				
	Outside				
∅12.5mm	Inside				
	Outside				

또한, 성분 분석 결과 모든 제품에서 비슷한 성분을 함유하고 있는 것으로 파악되었으나, <표 4>에서와 같이 Si, Mg, Al의 구성비에서 차이를 보임을 알 수 있었다. Ø8mm 제품의 경우 A사의 러버 브레더에 Si 함량이 타사에 비해 매우 높은 것으로 나타났다. 이는 러버 브레더의 가스배출이 잘 되도록 신축성이 높고, 가스 통과가 용이하게 하기 위한 것으로 판단된다(단, 전해액 증발에는 취약한 구조임). A사의 Ø10mm 제품의 경우 러버 브레더의 경도가 높고 Si 함유가 가장 낮아 가스배출을 최대한 억제할 수 있는 재질을 사용한 것으로 파악되며, 전해액 증발에는 상대적으로 강할 것으로 판단된다. 러버 브레더(Rubber Breather)를 구성하는 필러(Filler)의 분자구조는 B사의 경우 구형과 판상이 7대3 비율로 구성되어 있으며, A사의 경우 타원형과 구형이 9대1 비율로 배합되어 있어 A사 러버 브레더(Rubber Breather)가 가스배출에 용이한 분자구조를 갖고 있음을 알 수 있다.

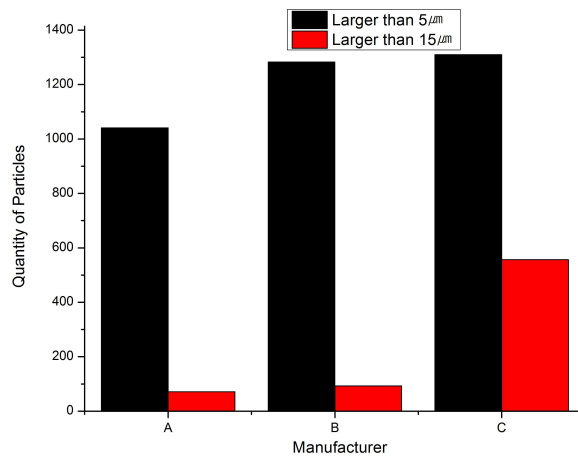
<표 4> 러버 브레더(Rubber Breather) 성분분석표 - EDX분석

제품구분	성분	A	B	C
		Weight%	Weight%	Weight%
Ø8mm	C	63.78	64.73	67.03
	O	15.00	18.13	15.39
	Mg	1.85	2.73	1.95
	Al	4.08	5.57	5.67
	Si	15.29	8.84	9.96
Ø10mm	C	59.06	56.02	64.30
	O	18.91	21.60	19.67
	Al	1.06	2.82	4.61
	Si	4.60	5.34	7.86
	Ca	13.24	12.51	-
	Zn	3.14	-	1.61
	Mg	-	1.70	1.96
Ø12mm	C	56.75	63.22	60.12
	O	24.56	20.39	26.31
	Al	7.21	2.12	4.63
	Si	7.31	5.02	7.28
	Ca	2.59	7.14	-
	Zn	1.58	-	1.61
	Mg	-	2.11	1.66

3.3 이물질

실제로 슬림커패시터에서 가장 많이 발생하는 고장은 이물질에 의한 단락이며, 이물질의 개수 및 크기에 의하여 슬림커패시터의 수명이 결정될 정도로 중요한 요인이다. 3사의 슬림커패시터를 분해하여 이물질의 개수 및 크기를 조사한 결과 <그림 4>와 같았다.

<그림 4>에서 보면 15 μm 초과의 먼지 수는 A사와 B사가 비슷한 수준이며 양사 모두 15 μm 이 초과되는 이물질에 대하여 비슷한 수준으로 관리를 하고 있음을 알 수 있다. C사는 상대적으로 많은 수의 이물질을 포함하고 있었다.



<그림 4> 제품별 이물질 개수

하지만 5 μm 초과의 먼지 수는 B사와 C사가 비슷한 수준이며, A사의 제품은 20~30%정도 낮은 수치를 나타냈다. 국내 제조업체들이 세계최고 수준으로 자리매김하기 위해서는 작은 크기의 이물질 관리가 필요하고, 이를 위해 권취 공정 등 대기 중 이물질 유입이 가능한 공정에 대한 관리가 필요할 것으로 판단되었다. 일본 FUSKO사에서 발행한 「정진기에 대하여」에 따르면 작은 먼지의 경우 권취 공정에서 발생하는 500V~3,000V사이의 정전기로 인하여 유입될 가능성이 충분히 있다.

4. 슬림커패시터 개선 방향

구성재료의 특징에 따라서 제품에 미치는 영향에 대하여 <표 5>와 같이 정리하였다. 전해질의 경우 초기특성에 영향을 많이 미치는 반면, 러버 브레더와 이물질은 수명에 영향을 미치는 것으로 파악되었으며, 주 개선 포인트는 러버 브레더의 설계와 공정 중 이물질 제거에 있음을 알 수 있었다.

<표 5> 구성재료의 특징에 따라서 제품에 미치는 영향

대상품목 및 관점		상태	비교	
대상품목	관점		장점	단점
전해지	면적	넓음	전해액량 多	권취지름 高/유전손실 高
	두께	두꺼움	전해액량 多(정전용량 高)	전해액량 小
	권취 지름	얇음	전해지와 캔 공간 多	전해액 도포균일성 小
	내외 면적 차	많음	ESR/유전손실 小	권취 지름 高
러버 브레더	두께	얇음	가스방출 유리	전해액 증발 가능성 高
	경도	높음	브레더 두께 小(공간 확보 多)	가스방출 불리
	누름력	낮음	가스압 완충 高	전해액 증발 가능성 高
	Si함유	높음	가스 유출입 원활	전해액 증발 가능성 高
	형상	-	최적화된 가스 유출입	-
이물질	크기	큼	-	단락 발생 가능성 高
	갯수	많음	-	단락 발생 가능성 高

<표 5>에 정리된 요인들이 제품의 수명에 미치는 영향을 확인하기 위하여 한국산업기술시험원에서 개발한 <그림 5>의 가속시험장치를 이용하여 150℃조건에서 264시간(11일)동안 고온가속 시험을 진행한 결과 <표 6>과 같은 결과를 얻었다. 이 시험은 지름이 Ø10mm인 커패시터를 대상으로 실시한 것이다.



<그림 5> 슬림 커패시터(Slim capacitor) 고온가속시험장비

<표 6> 고온 가속시험 결과

		A (5EA)	B (5EA)	C (5EA)	계
초기 고장(1시간 미만)		0	1(12min)	1(40min)	2
사용고장	1-72시간	0	0	1(1h 24min)	1
	72-144시간	0	1(75h 27min)	0	1
	144-264시간	1(249h 41min)	0	0	1
총계		1	2	2	5

<표 6>의 결과를 보면 이물질이 5µm 초과되는 먼지 수가 상대적으로 적은 A 기업에서는 초기 고장이 발생하지 않았고, A 기업의 사용고장시간도 상대적으로 길게 나타났다. 사용고장

시간이 상대적으로 길게 나타난 것은 현 시험결과만으로는 정확한 원인을 파악하기 어려워 향후 <표 6>에서 수명에 영향을 미치는 것으로 파악된 요인들을 실험계획에 의해 추가적으로 분석할 예정이다.

5. 결론

본 연구에서는 외국 선진 제조업체와 국내 제조업체 슬림커패시터의 구성 재료 및 이물질의 특성을 비교함으로써 수명 개선을 위해 고려해야 할 사항들을 제시하였다. 디스플레이 파워모듈에 사용되는 슬림커패시터의 수명 개선을 위하여 러버 브레드의 성분, 필러의 형상, 외관 디자인을 고려한 최적의 러버 브레드를 선택하는 부분이 필요하며, 이물질에 의한 문제를 최소화하기 위하여 공정 중 미세먼지 흡착을 최대한 억제 할 수 있는 공정 개선을 실시하는 것이 필요함을 알 수 있었다. 향후 본 연구에서 고려해야 할 사항으로 선정된 인자들에 대하여 실험계획을 통해 좀 더 다양한 시료의 경우에 대해 수명시험을 실시해 봄으로써 인자들이 커패시터 수명에 미치는 영향을 확인하고, 영향이 큰 인자와 그 인자의 수준을 최적화하는 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

- [1] Lei Han and Nadarajah Narendran(2009), Developing an Accelerated Life Test Method for LED driver, Light Research Center , SPIE
- [2] CAP-XX (Australia) Pty Ltd(2008), Simple Measurement of Supercapacitor Parameters, Application Note AN1005 revision 2.1, 1-7
- [3] Imam, A.M., Habetler, T.G., Harley, R.G., Divan, D.(2005), Failure Prediction of Electrolytic Capacitor Using DSP Methods, Applied Power Electronics Conference and Exposition, Twentieth Annual IEEE., Vol.2, 965-970
- [4] 이토 조우(1993), 알루미늄 전해콘덴서, 특개평6-338438, 2-6
- [5] 이토 조우(1993), 표면실장형 알루미늄 전해콘덴서를 개선하기 위한 제조방법, 특개평6-338439, 2-4
- [6] 이토 조우(1993), 알루미늄 전해콘덴서, 특개평7-86102, 2-4
- [7] 유키무라 외 1인(2000), 전해콘덴서, 특개2000-182906, 1-8
- [8] 유키무라 외 3인(2002), 알루미늄 전해콘덴서, 특허제3333284, 1-7
- [9] 유키무라 외 2인(2004), 표면실장형 알루미늄 전해콘덴서를 개선하기 위한 제조방법, 특허제3631771, 1-4
- [10] 우자와 시케루(2007), 전해콘덴서, 특허제3953214, 1-8
- [11] 다마다 외 2인(2010), 콘덴서용가스를 개선한 콘덴서소자, 특개2010-186955, 1-8
- [12] 일본 케미콘(주)(2009), Capacitor 기술자료, 112-113
- [13] FUSKO사(2009), 정전기에 대하여, 7-8