

國產電子部品の 品質에 關하여

노 홍 조
韓國科學技術研究所

전자부품의 신뢰성

오늘날 전자장비의 고도화와 복잡화가 가속됨에 따라 신뢰성에 대한 필요성은 매우 고저되고 있다. 전자기기로서 System 이나 제품이 정상동작뿐만 아니라 고장이 적고 수명이 길다는 것은 매력이지만 기술적으로 신뢰성에 대한 부담은 더욱 커진다.

신뢰성이라 함은 제품의 동작 또는 성능에 대한 시간적 안정성을 나타내는 척도라고 정의할 수 있지만 System 이나 제품의 고장을 감소시키기 위해서는 고신뢰성 부품의 사용과 신뢰성을 고려한 회로설계 그리고 적절한 사용방법에 좌우되고 이중에서도 특히 전자부품의 신뢰성은 가장 기초요건이 되고 있다.

따라서 우수한 고품질 전자기기의 국산화에 앞서 해결할 연구과제는 각종 전자 부품의 신뢰성향상과 양산화체제확립이며 그작업으로 1973년 및 1974년도 과학기술처 연구자금에 의하여 탄소피막고정저항기, 알미늄 박전해콘덴서, 고정자기 콘덴서, 플라스틱콘덴서 및 탄소계 가변

저항기에 관련된 기존 생산업체의 제조체계를 통해서 이들의 제특성을 고찰하였다. 여기에 수록한 내용은 이들 전자부품 중고정자기 콘덴서를 통하여 본 품질과 신뢰성수준을 간단히 수록한 것이다.

전자장비의 고장에 관한 자료를 수록한 MIL-HDBK-217A에 의하면 전자기기의 부품중 콘덴서의 사용비중은 25%이며 기기 고장원인 중 15%가 콘덴서에 의한 것이라고 보고되고 있다. 또한 이들 고장중 50%는 부적당한 사용조건에 기인하고 있으나 나머지 50%는 부품자체의 불량에 기인하고 있으므로 이것은 오로지 부품메이커의 책임이라고 볼수 있다.

고장자기 콘덴서의 제조기술은 요업적수법을 기초로 하고 있으나 이미 오래전부터 우리나라에는 요업용 소재를 구입하여 성형, 소성, 전극형성, 단자취부 및 외장등 자기콘덴서로서의 제품가공에 종사하는 업체가 4개사에 달하고 있다

자기콘덴서의 신뢰도

여기에 수록한 수명시험은 허용동작온도범위

의 최고온도에서 정격정압의 1.5배 부하로 약 3개월간(시험시간 1000hr~2000hr) 실시한 것이므로 가속 수명시험의 성격을 띄고 있다. 일반적으로 수명시험에 관한 이상조건을 생각한다면

※시료의 개수와 시험기간은 이기간에 일어나는 고장수를 크게하기 위하여 충분히 클것
 ※시험조건은 최종적인 사용조건과 가급적 유사할 것

※고장이외의 정보를 얻기 위하여 시험기간중에 일어나는 Parameter의 변동을 임의로 파악할 수 있는 측정기를 사용할 것

등이지만 현실적으로 경비, 시험을 종료하여야 할 기간, 시험설비와 인원등 여러가지 제약을 면치 못한다. 따라서 이와같은 제약을 극복하기 위하여 기존자료에 의거 시험조건과 시간단축에 대한 판계를 면밀히 검토하였다.

가. 고장율의 적용범위

일반적으로 제품의 신뢰도는 규정한 기간중 주어진 조건하에서 고장을 일으키지 않고 원만한 기능을 수행할 수 있는 확률로서 정의되고 있으나 전자부품과 같은 개개부품에 대한 신뢰도 추정에는 고장율이라는 척도를 활용하게 된다.

고장율은 부품이 어떤기간 동안 고장없이 동작한 후 계속되는 단위 기간내에 고장을 일으키는 확률로 정의되고 있다. 즉 통계적 수법에 의하여 대상부품중임의의 시료를 통해서 관측한 성능(고장을 일으키는 정도)을 무한개의 유사부품에 대한 확률적인 성능과 결부시키게 되므로 시험에 공한 시료수와 시간수와의 적은 통계상의 척도이고 여기에 추출한 시료는 이것이 속하고 있는 모체를 대표한다. 그러므로 경과시간에 따라 관측된 성능변화는 일반적인 pattern을 나타내야만 한다.

따라서 고장율을 추정할 대상시료로는 본질적으로 동일설계하에 연속적으로 제조되고 또한 확립된 품질관리에 의하여 생산된 부품이라야만 하고 원칙적으로 기대되는 수명시간중 시간에 대하여 일정한 고장율을 합리적으로 가정할 수 있는 부품이어야만 할 것이다.

나. 고장율의 신뢰수준

부품에 대한 신뢰도를 산출한 고장율의 최적 추정(best-estimate)은 실제 관측된 고장수와 총 시험시간수(component hour)의 비로 %/1000시간 또는 10^{-6} /시간 단위에 의하여 표현하는 것이 가장 간편한 방법이다. 따라서 고장율의 산출에 앞서 고장의 종류와 한계를 다음과 같이 정의하였다.

1) 파국고장(catastrophic failure)

단락(short circuit)

개방(interruption)

2) 열화고장(Degradation failure)

※시험기간 1000 시간 후의 소요조건을 2배 이상 초과하는 정전용량변화

※ 시험기간 1000시간 후의 소요조건을 2배 이상 초과하는 유전정접변화

※ 시험기간 1000시간 후의 소요조건에 대하여 1/10 이하로 감소하는 절연저항

이 파국고장과 열화고장은 비슷하겠지만 완전기능마비에 대한 "파국고장율"(FR cat)과 이 파국고장에 열화고장이 반영된 "파국-열화고장율"(FR cat-teg)로 구분하여 산출 하였다. 즉 파국고장율 (FR cat) : 파국고장만을 생각한 고장율

파국-열화고장율(FR cat-deg) : 파국고장에 열화고장을 반영한 고장율

한편 실제 적용면에서 "최적추정고장율" (FR be)은 전술한 바와 같이 어디까지나 통계적 추정치이므로 여기에는 당연히 오차가 개입된다고 보아야 할 것이다. 즉 최적방법으로 sampling 한 시료를 임의시간 시험에서 고장율을 구하였다고 해도 고장자체가 random 하게 일어나고 있으므로 다음 동일기간에 같은 고장수가 일어난다고 볼 수 없는것이다. 따라서 실제 고장율의 표현은 이러한 오차까지를 고려한 신뢰구간 즉 신뢰수준(confidence level)을 기초로 하고 있으며 일반적으로 전자부품에 대한 고장율의 신뢰수준은 60%를 통례로 다음과 같이 표시한다. 단 고장수에 대한 신뢰수준치는 poisson distribution를 기초로 함.

$$FR_{60} = \frac{\text{고장수(신뢰수준 60\%)}}{\text{총 시험시간 수}}$$

지금 총시험시간수 2.5×10^6 일때 고장수 0, 1, 2, 3, 4, 5에 대한 신뢰수준 50% 및 95%인 고장율을 보면 다음 표1과 같이 최적추정 고장율과 현저한 차이를 나타낸다.

표 1 총시험시간 2.5×10^6 에 대한 고장율

고장수	최적추정 Fr_{be} ($10^{-6}/h$)	신뢰수준 : 60%		신뢰수 : 95%	
		고장수 (60)	FR_{60} ($10^{-6}/h$)	고장수 (95)	FR_{95} ($10^{-6}/h$)
0	0	3,917	0.37	2,996	1.19
1	0.4	2,023	0.81	4,744	1.90
2	0.8	3,106	1.24	6,296	2.52
3	1.2	4,176	1.67	7,754	3.10
4	1.6	5,237	2.09	9,154	3.66
5	2.0	6.3	2.52	10.5	4.2

FR_{60} : 최적추정으로 산출한 고장율
 FR_{60} : 신뢰수준 60%로 산출한 고장율
 FR_{95} : 신뢰수준 95%로 산출한 고장율

다. 수명시간에 대한 고장율

다음 표 2는 본 연구기간 중 실시한 시험결과를 종합한 것이다. 최대 시험기간은 2,500 시간이며 총시험시간수 3,300개 총시험시간수의 누계는 7,808,000 시간에 달한다.

시험결과를 분석하면 자기 콘텐서의 정전용량 차이에서 오는 뚜렷한 증상은 없으므로 이들 고장율은 동일 제조체계의 제품에 그대로 적용할 수 있다고 보아야 할 것이다. 다만 같은 고유전율계 자기 콘텐서에서 외장에 대한 wax 처리여부에 따라 고장율의 차이가 다소 나타나고 있다 한편 다음 표2와 같이 온도계수가 다른 각 온도 보상용 자기콘텐서간에는 다른 고장형태를 갖고 있으나 고장율은 전체적으로 평균하였다. 또한 이들 고장품에 대한 내역을 살펴보면 표3과 같이 절연저항 감소가 6건, 정전용량변화율의 증대가 14건 기타 파국고장이 5건이다.

라. 시험기간에 대한 고장율

표3에서 알 수 있드시 시험결과를 분석해보면 극히 단시간 내에 일어난 고장이 없었고 매 고장발생시간이 불규칙하다는 점에서 산출된 고장율의 시간의존성은 없다고 볼 수 있다. 다만, 보다 충분한 시험기간을 갖지 못했다는 점이 아쉽지만 장기적으로 볼때 자기 콘텐서의 신뢰성

표 2 수명시험결과 나타난 고장율(신뢰수준 60%)

종 류	고 유 전 율		온도보상(Wax처리)	
	Wax미처리	Wax처리	NPO N220, N330N330 N470	N220 85°C
시험조건 온 도 하	85°C 1.5×정격	85°C 1.5×정격	85°C 1.5×정격	85°C 1.5×정격
시험시료 수	600	900	900	900
총시험시 간수	1,200,000	2,408,000	1,800,000	2,400,000
파국고장 수	1	1	2	3
열화 고 장수	2	0	5	15
파국고장 율($\times 10^{-6}/h$)	1.69	0.84	1.5	
파국-열 화고장율 ($\times 10^{-6}/h$)	3.48	0.84	6.43	

표 3 고장 자기콘텐서의 내역

자기 콘텐 서 종 류	정전용량 (PF)	수량 (개)	고장시간 (h)	고장내용	시험조건	
					온도 (°C)	부하 (V)
고유전율	330	1	1,000	단 락	85	1.5단락
고유전율	470	1	1,000	단 락	85	"
고유전율	680	1	2,000	ΔC 42%	85	"
고유전율	820	1	2,000	절연저항 <10M Ω	85	"
온도보상	7/8/10	3	1,500	절연저항 <10M Ω	85	"
온도보상	15/100	3	2,000	절연저항 <9M Ω	85	"
온도보상	7/100	2	1,500	단 락	85	"
온도보상	15	1	1,500	개 방	85	"
온도보상	10/15/100	6	1,500	ΔC > 5%	85	"
온도보상	8/10	2	1,500	단 락	85	"
온도보상	15/100	8	2,000	ΔC > 109%	85	"

이 시간에 관해서 지수 함수적으로 변할것이고 보다 많은 시험기간에 대해서도 표2에 추정된 고장율이 계속 유효할 것으로 추정된다.

마. Stress에 따른 고장율

표 2에서 종합한 고장율은 어디까지나 최고 동작온도와 50%의 과부하 조건으로 실시한 시험에서만 유효한 것이다. 그러나 실제의 경우 이들 부품이 건의 연제나 저감된 상태하에서 사용될 것이므로 전술한 고장율을 온도 및 부하의

저감시에 적절히 활용한다는 것이 매우 중요하다. MILH-DBK-217A에는 자기콘덴서를 위한 고장율이 각종 온도 및 부하와 대응시켜 수록되어 있다.

본 연구의 시험에 적용한 고유전율 자기콘덴서와 온도보상용자기 콘덴서는 각각 MIL-c-11015의 특성 A형 및 MIL-C-20 특성 B 형에 해당하는 것이므로 MIL-HDBK-217A에 수록한 자기콘덴서에 대한 Stress (온도 및 부하)의 가속 인자를 그대로 공용하여도 무방할 것이다. 이렇게 하면 본 시험결과에서 얻은 고장율은 저감조건하의 고장율에도 원용할 수 있게 된다.

結 論

자기콘덴서는 전자기기의 구성부품중 사용비중이 매우 큰 전자부품이며 기능면에서도 중요한 위치를 점하고 있는 제품이다. 각종 전자장치의 콘덴서 소자로서 이 자기콘덴서가 많이 활용되고 있는 이유는 제조공정이 양산화에 적합하고 원료가 다른 콘덴서에 비하여 저렴한 반면 전기적, 물리적 특성이 우수할 뿐만 아니라 소형대용량으로 본질적으로 신뢰성이 높은 단일 구조체의 콘덴서이기 때문이다. 그러나 유전체로서의 자기소체이다 전극소부, 단자취부, 외장 등 여러가지 가공공정이 수반되어야만 제품화되기 때문에 꾸준한 재료개발, 고도의 제조기술과 세심한 품질관리를 기하지 않으면 손쉽게 고신뢰도 제품을 기대할 수 없다는 것을 본 연구의 고장 요인분석에서 말해주고 있다. 특히 본 자기 콘덴서와 같은 양산 제품은 매공정마다 철저한 품질관리를 기하지 않는다면 소기의 신뢰성을 기대할 수 없다는 것을 확신하게 되었다.

이러한 관점에서 본연구는 최초로 각 생산업체에서 나오는 제품의 품질평가와 제조기술실태 조사를 통해서 잠재적 기술능력여부를 측정하였

고 이어 원료 및 부자재수입에서부터 제품출하까지 제품의 생산활동에 관련된 모든 제조공정을 면밀하게 고찰분석하는 한편 고장형태를 추구하여 결함요인을 구체화함으로써 매공정에 대한 기술관리점과 관리수법을 제시하였다.

그러나 산업용 전자장비에 부합할 수 있는 고신뢰도제품 생산과 생산체제의 영속화에는 다음과 같은 문제점을 시급히 해결하여야 할 것이다.

가. 자기콘덴서의 본질적인 특성(전기적, 물리적)은 유전체원료에 의한 자기소체의 특성에 좌우되고 있으나 이 원료는 전량도입에 의존하고 있으므로 품질적인 자주성을 확립하지 못하고 있다. 따라서 시급히 유전체용 원료의 국산화대책을 강구 하여야 한다.

나. 자기콘덴서 제조에 소요되는 각종부자재(은액, 도선 및 외장용 도료)의 국산화 대책도 강구하여야 한다.

다. 제반 신뢰성시험 결과 고온부하에 의한 수명특성은 만족할만한 것이나 룯트에 따라 흡습으로 인한 환경내성이 저하되고 있으므로 외장용 도료의 재질 및 전처리 공정(배합 및 혼합)을 재차 분석 검토하여야 한다.

라. 외장도료에 대한 wax 진 공함침은 부품의 신뢰도 특히 환경특성을 좌우하는 큰 요인이므로 고신뢰성 제품은 반드시 이공정을 거치도록 하여야 한다.

마. 초기고장품에 대한 debugging을 강화한 결과 자기콘덴서의 고장율은 KS 규격에 정한 제반요건을 만족하는 고신뢰도 제품이다. 따라서 초기고장요인이 가장 많은 소정공정 및 은소공정에 이어 철저한 선별 외관검사공정을 강화(작업환경과 작업방법의 개선 등) 하여야 한다.

바. 고신뢰로 제품생산의 제도적 강화와 신규 재료 및 제조기술의 채택에 따른 타당성평가 등을 기할 수 있게 제조공정의로 기본적인 품질검사시설과 신뢰도 시험장치를 자체적으로 구비하여야 한다.