

# 프린터 SMPS의 가속수명시험법 개발

박상준\*, 최완수\*, 권중기\*\*

## 요 약

본 논문은 새롭게 설계된 프린터에 적용될 SMPS(Switching Mode Power Supply)의 평균수명을 가속시험을 통해 단기간에 산출하고, 정상사용조건에서의 수명보증을 위한 가속수명시험법 개발에 관한 것이다.

SMPS가 온도, 습도 그리고 부하에 취약하므로 이들을 가속 스트레스로 사용하였으며, 고장시간은 SMPS의 작동 후 더 이상 전원이 공급되지 않을 때까지 걸린 시간으로 정의 하였다. 시험결과 주요 고장부품은 스위치 IC와 저항이었으며 80°C에서 가속계수가 90으로 산출되었다. 또한, 정상사용조건에서의 평균수명 14년을 보증하기 위해서는 온도 80°C, 상대습도 80%RH, 부하 1.5A 그리고 전압 240V에서 10대의 시료를 500시간 시험하였을 때 고장이 하나도 발생하지 않아야 한다는 결론을 얻었다.

## 1. 서 론

새로운 기술이 빠르게 개발됨에 따라 많은 제품들에 이러한 신기술이 도입되고, 소비자의 다양한 욕구를 만족시키기 위해 제조업체의 신제품 개발주기는 급속히 짧아지고 있다. 이러한 환경에 적절하게 대응하기 위해서는 제품의 신뢰성 확보가 무엇보다 중요하다. 일반적으로 제품의 신뢰성은 개발단계에서 대부분 결정이 된다고 해도 과언이 아니다. 그러므로 다수의 대기업들이 신제품의 개발단계에서 신뢰성확보를 위한 다양한 신뢰성시험을 수행하고 있다. 예를 들어, 제품의 취약부위 검출을 위해 온습도 사이클 시험이나 열충격 시험과 같은 환경시험을 수행하며, 제품이 시장에 출하되었을 때 기대되는 평균수명을 예측하기 위해 내구수명시험을 수행한다. 이러한 내구수명시험은 사용조건에서의 평균수명 예측에 있어 많은 시간과 비용이 소요되므로

\* 삼성전자(주) CS경영센터 전문기술그룹

\*\* 삼성전자(주) 디지털프린팅(사) 전문개발그룹

일반적으로 가속수명시험이 자주 사용된다. 본 논문은 그림 1과 같은 프린터 제품에 사용되는 전원공급장치 SMPS(Switching Mode Power Supply)의 평균수명보증을 위한 가속수명시험법 개발에 관한 것이다.

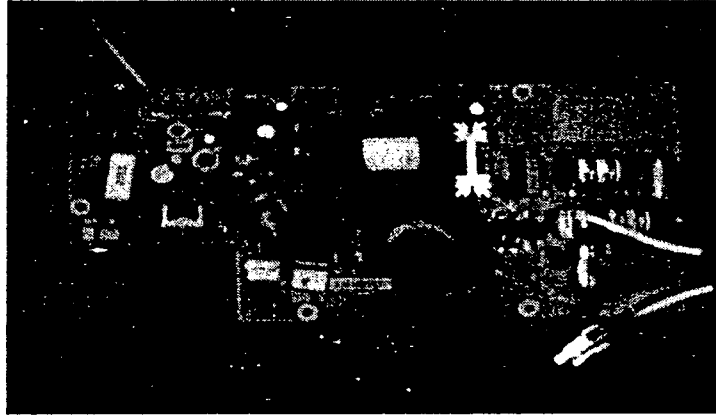


그림 1. 프린터 SMPS

SMPS의 시장불량품을 입수하여 그 불량원인을 분석한 결과 그림 2과 같이 분류되었다.

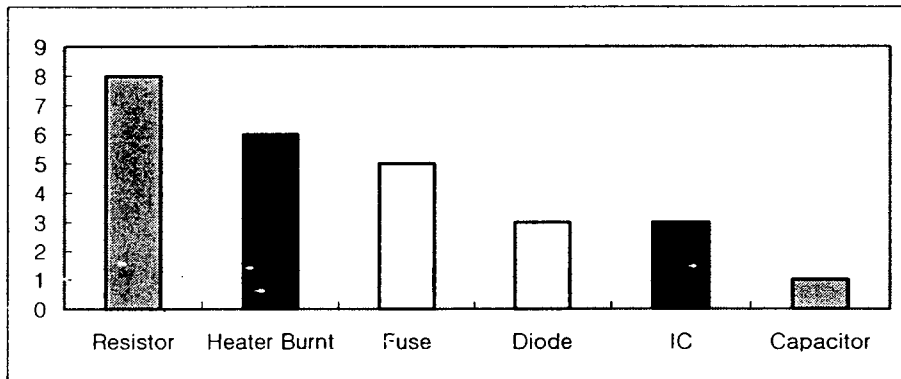


그림 2. SMPS 시장불량 데이터 분석

시장불량의 많은 부분이 저항 불량이었으며 이의 불량은 프린터에 전원 공급을 불가능하게 한다. Fuse의 경우는 대부분 IC나 다이오드가 고장이 나면 회로를 보호하기 위해 주로 발생한다.

## 2. 시험 현황

### 2.1 시험 조건

SMPS의 주요 고장 부품인 저항, 그리고 IC가 고온/고습, 부하와 과전압에 취약하므로 이들을 가속 스트레스 인자로 선정하여 표 1과 같이 실험을 계획하였다. SMPS의 정격부하는 1.5A이며 정격전압은 220V이다. 각 수준별로 시료는 6개씩 할당하였으며 SMPS에 부하가 걸리지 않게 되는 시간을 고장시간으로 정의 하였다. 또한 전원 ON/OFF에 의한 내구성과 고온고습환경에서의 흡습 영향도를 평가하기 위해 온도 80°C와 상대습도 80%RH에서 30분 ON, 1시간 OFF 사이클 시험을 수행하였다.

표 1. 가속수명시험 조건

No	온도/습도	부하	전압	시료수
1	60°C/80%	정격+1.1배(1.7A)	240V	6 ea
2	60°C/80%	정격+1.3배(1.9A)	288V	6 ea
3	80°C/80%	정격+1.1배(1.7A)	288V	6 ea
4	80°C/80%	정격+1.3배(1.9A)	240V	6 ea

## 2.2 시험결과

고장의 발생을 주기적으로 관측하여 표 2와 같은 결과를 얻었다.

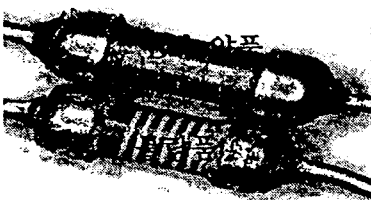
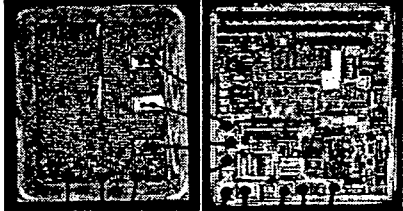
표 2. 가속수명시험 결과 데이터

시험조건	고장시간	고장내용	고장부품
80°C/80% 1.9A/240V	327	No Power	S/W IC
	384	No Power	S/W IC
	425	No Power	S/W IC
	474	No Power	S/W IC
	474	No Power	S/W IC
	720+		
80°C/80% 1.7A/288V	198	No Power	저항
	404	No Power	S/W IC
	449	No Power	S/W IC
	474	No Power	S/W IC
	474	No Power	S/W IC
60°C/80% 1.7A/240V	1393	No Power	저항, S/W IC
	1545+ (5개)	무고장	.
60°C/80% 1.9A/288V	1177	No Power	저항, S/W IC
	1393	No Power	저항, S/W IC
	1545+ (4개)	무고장	

+ : 중도절단 데이터

가속시험결과 SMPS의 주요 고장부품은 시장에서 주로 발생하는 것과 동일하게 저항과 Switching IC 였으며 이들의 불량원인을 분석하여 표 3과 같이 대책을 수립하였다.

표 3. 가속수명시험의 불량현황 및 대책

구 분	저항 부품	S/W IC 부품
사 진		
불 량 원 인	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ A사 저항은 습도에 취약 재질사용(실리콘)</li> <li>○ B사 대비 SIZE 및 통전간격 좁음</li> <li>○ 소형 전력저항은 1차측 전원 설계에 부적합 (1/4W이면서 1W 성능부품)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 입력전압(+20%)에 의해 Control 부위 절연파괴 및 부품 파손(시장불량동일) -표면온도: 98℃ 상승</li> <li>○ 온도 상승에 의해 내부 접합부 부위 파괴 -표면온도:110℃ 상승</li> </ul>
대 책	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 저항 설계 변경(1/4W→1W) - 현재 시장불량중 A사 저항만 발생됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 불량품 제조업체 F/B 실시 -불량원인 및 대책 수립</li> </ul>

전원 ON/OFF 사이클 시험의 경우 720시간 동안 수행하였으며 그 결과 540시간과 720시간에 A사의 저항 고장이 발생하였다.

### 3. 결과 분석

#### 3.1 가속계수 산출

표 2의 고장시간 데이터에 대해 수명분포 적합결과 와이블분포가 잘 맞는 것을 확인할 수 있었다. 수명분포로 와이블분포를 사용하여 분석한 결과 표 4와 같은 결과를 얻었다.

표 4. 각 조건별 고장데이터 분석 - 와이블분포 적합

시험조건	형상모수	척도모수	평균수명
80℃/80% 1.9A/240V	3.26	531.24	476.21
80℃/80% 1.7A/288V	5.56	462.94	427.63
60℃/80% 1.7A/240V	10.32	1817.44	1731.30
60℃/80% 1.9A/288V	6.06	1780.61	1652.80

표 4의 평균수명을 보면 온도 스트레스에 비해 부하와 전압의 효과가 미미함을 알 수 있다. 본 연구에서는 온도스트레스에 의한 가속효과를 파악하기 위해 온도조건 별로 데이터를 병합하여 분석하였다. 온도스트레스와 수명사이의 관계식은 일반적으로 널리 알려져 있는 아레니우스 관계식을 이용하였다.

$$\tau = C \cdot \exp\left[\frac{E_a}{kT}\right] \quad (1)$$

여기서

- $\tau$  = 제품수명,
- $T$  = 절대온도,
- $C$  = 데이터로부터 추정해야 할 미지의 상수,
- $E_a$  = 활성화 에너지,
- $k$  = Boltzmann 상수,  $9.6171E-5$  eV/°C.

고장데이터를 바탕으로 아레니우스 관계식의 활성화에너지  $E_a$ 는  $1.34E-8$ 으로 추정되었고 상수  $C$ 는 8590.18로 추정되었다. 이를 근거로 온도 조건별 가속계수는 표 5와 같이 산출되었다.

표 5. 온도에 대한 가속계수 산출

온도	25℃	60℃	75℃	80℃
가속계수	1	20.69	62.91	89.24

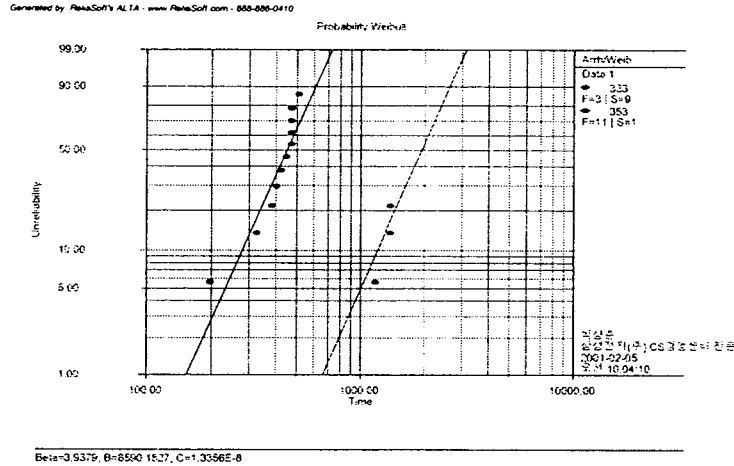


그림 3. 아레니우스-와이블 가속모형 적합

### 3.2 수명보증을 위한 가속수명시험법

온도스트레스에 대한 가속계수를 근거로 SMPS의 평균수명보증을 위한 가속수명 시험법을 개발하였다. 수명보증이 있어 필요한 시험시간, 시료수 및 합격판정개수는 식 [2]를 만족하는 적절한 값을 선택하였다.

$$\sum_{x=0}^c \binom{n}{x} \{R(t)\}^{n-x} \{1-R(t)\}^x \geq 1-\alpha \quad [2]$$

단,

$n$  = 총 시료수,

$c$  = 합격판정개수,

$\alpha$  = 좋은 신뢰도를 가진 lot가 불합격될 확률,

$R(t) = \exp[-(t/\eta)^\beta]$  이다.

식 [2]에 근거하여 온도 80℃, 상대습도 80%RH, 부하 1.5A 그리고 전압 240V 조건에서 SMPS의 평균수명 14년을 신뢰수준 95%로 보증할 수 있는 다양한 방법중에서

시료수와 시험시간이 적절한 표 6과 같은 시험방법을 선택하였다.

표 6. 평균수명보증을 위한 가속수명시험법

시험시간	시료수	합격 판정개수
500시간	10	0

위와 같은 보증체계로 평균수명이 보증된 SMPS가 시장에 출하되었을 때 예상되는 누적고장확률은 표 7과 같다.

표 7. 경과년수에 따른 SMPS의 누적고장확률

경과 년수	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년
누적고장확률(%)	0.0023	0.17	0.53	1.28	2.60	4.71	7.85

#### 4. 결 론

본 연구에서는 프린터 SMPS의 가속수명시험을 통해 취약한 부품을 찾아 그 개선 대책을 제시하였으며 또한 SMPS의 평균수명을 보증하기 위한 가속수명시험법을 개발하였다. 가속수명시험은 시장에서 발생하는 것과 동일한 고장현상을 재현하였고, 정상 사용조건에서의 평균수명 14년을 보증하기 위해서는 온도 80°C, 상대습도 80%RH, 부하 1.5A 그리고 전압 240V에서 10대의 시료를 500시간 시험하였을 때 고장이 하나도 발생하지 않아야 한다는 결론을 얻었다.