

소형전원장치에 대한 통계적 분석[†]

신재경¹

¹창원대학교 통계학과

접수 2011년 6월 26일, 수정 2011년 7월 11일, 게재확정 2011년 7월 15일

요약

최근 전자기기의 소형화, 인텔리전트화, 다기능화, 광대역화에 관심이 집중되어 많은 발전이 이루어졌으며, 이들 전자기기들에 이용되는 모듈형의 전원장치 (SMPS : Switching-mode power supply)도 소형화, 경량화, 고효율화, 고신뢰성화, 저노이즈화를 실현하고 있다. 85~265 볼트교류전압 (VAC : Voltage alternating current) 상용 전원을 공급받아 DC 출력을 공급하는 전원장치인 파워 모듈은 마이크로컨트롤러, 릴레이 등 전기, 전자 회로용 전원 공급기를 간단하고 쉽게 설계하도록 개발되고 있다. 이 모듈은 전원을 사용하는 장비에 광범위하게 적용할 수 있어 에너지 절감이라는 세계적인 대과제에 적합한 제품이라는 하나 제품의 품질과 성능에 대한 통계적분석이 필요한 바 적용제품의 부하별, 출력전압별 성능분석을 하여 그 문제점을 찾아보려고 한다.

주요용어: 대기전력, 소형전원장치, 스위칭 모드 파워 서플라이.

1. 서론

현재 유럽연합 및 국제에너지기구에서 에너지 절감차원으로 대기전력을 줄이기 위한 각종 프로젝트를 채택하고 있다. 우리나라에서는 의무적 정책수단으로 2010년부터 직류전원장치의 대기전력 (1W이하) 및 효율기준 미달 시 경고마크를 부착하고 있으며, 국제에너지기구에서는 세계통일 기준을 제시할 것이며, 기준미달 제품은 수출도 어려울 전망이다. 최근 OA기기 등의 발전은 컴퓨터를 중심으로 하는 전자기술의 발달과 함께 전기 기기의 고성능화도 발전해 소형·저소비 전력으로 제어성이 높은 제품이 개발되어 보급이 확산되고 있다 (김태근 등, 2003; 강구홍과 이재근, 1998). 그런데, 이러한 전자·통신 기기에 있어서 시스템 영역은 반도체 집적회로의 발전과 함께 소형화·경량화가 이루어지고 있는 반면, 전원 영역은 에너지 축적 소자인 인덕터 및 커패시터의 존재로 인하여 소형화·경량화가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 따라서 전자·통신 기기의 소형화·경량화라는 측면에서는 SMPS (Switching-mode power supply)의 소형화·경량화가 큰 비중을 차지하고 있다고 볼 수 있다 (김희준, 1997; SMPS 기술조사전문위원회, 1997; 장덕규, 1991).

가전기기, 산업용 정밀 가공기기 등 일반적으로 기기라함은 기기를 제어하기 위해서는 대부분 전기가 필요하다. 현재 국내 시장의 규모는 소형가전기기와 일반 산업기기 전반적인 부분에 수요가 되고 있으며, 지속적인 소형화·고성능화 등을 요구하고 있는 실정이다. 이에 따라 국가정책에 부응하는 전원장치로서 85~265 볼트 교류전압 (VAC : Voltage alternating current) 상용 전원을 공급받아 DC 출력을 공급하는 파워모듈은 마이크로컨트롤러, 릴레이 등 전기·전자 회로용 전원 공급기를 간단하

[†] 이 논문은 2009-2010년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

¹ (641-773) 경남 창원시 사림동 9번지, 창원대학교 통계학과, 교수. E-mail: jkshin@changwon.ac.kr

고 쉽게 설계할 수 있다. 이 모듈은 일반 가전제품은 물론 지능형 홈 관련, 대기전력을 많이 소비하는 셋톱박스과 산업용장비까지 광범위하게 적용할 수 있어 에너지 절감이라는 대과제에 적합한 제품이다.

다른 학문분야의 자료를 통계적으로 분석한 연구논문은 많으나 (강성모와 김주환, 2009; 김지은과 최기현, 2010; Kim, 2011; Kim과 Choi, 2010), 현재 국제에너지기구에서 에너지 절감차원으로 대기전력을 줄이기 위한 각종 프로젝트를 채택하여 추진하고 있는 상황에서 수입대체가 가능한 국내 생산제품인 소형화와 경량화된 파워모듈에 대한 성능 분석은 국내외에서도 연구된 바가 거의 없다. 따라서 파워모듈의 부하별, 출력전압별에 따른 분석을 통계적 방법으로 접근함으로써, 파워모듈의 불량요소나 오류가 되는 원인을 찾아 회로 및 부품설계에 적용한다면 안정성이 높은 전원장치로 개발할 수 있다. 본 논문에서는 소형 SMPS의 부하별, 출력전압별 추이에 대한 연구를 하고자 한다.

2장에서는 SMPS에 대해 간단히 소개하고 3장에서는 SMPS 제품의 품질과 성능에 대한 통계적분석이 필요한 바 적용제품의 부하별, 출력전압별에 따른 분석을 통해 추이를 살펴보고자 한다. 외부부하가 변에 따른 출력전압 변동율의 변화를 살펴보기 위해 직류와 교류전압에 대해 각각 5단계의 부하율을 적용시켜 각 출력전압에 대해 각 부하율에 따라 어떤 차이가 있는지에 대해서 살펴본다. 마지막 4장에서는 결론 및 향후과제에 대하여 살펴보기로 한다.

2. 소형전원장치

전자기기의 소형화·경량화 추세와 함께 SMPS의 소형화·경량화도 중요한 위치를 점하고 있다고 볼 수 있다. SMPS는 스위칭 주파수를 높여 에너지 축적용 소자를 소형화하여 SMPS의 소형화·경량화를 이룰 수 있다. 이를 위해서는 고속의 반도체 스위칭 소자의 개발이 필요하다. 그러나, 스위칭 주파수를 고주파화하면 스위칭 손실, 인덕터 손실 등 전력손실이 크게 되며 또한, 스위칭에 의해 발생하는 서지·노이즈 문제도 함께 고려하여야 한다 (김희준, 1997).

또한, SMPS는 전자·통신기기에 있어서 안정된 전력을 공급해야하므로 시스템의 심장부와 같으며, 많은 경우 시스템의 고장이 전력을 안정되게 공급하지 못한다는 사실에서 SMPS의 연구 개발은 현대의 전자·정보·통신 산업의 발달의 기본적이고 필수적이라 할 수 있다. 그러나 SMPS는 부하에 공급되는 전력이 미리 결정되므로 전압·전류를 감소시킬 수 없으므로 소형화를 위해서는 손실을 최대한 줄여 효율을 높일 필요가 있다.

3. 자료분석

3.1. 실험조건

SMPS 제품의 품질과 성능에 대한 통계적 분석을 위한 자료 수집을 위해 다음과 같은 조건에서 부하별 각각 20번의 반복실험을 하여 자료를 얻었다.

1. SMPS 제품 : 입력 단자 1개, 출력단자 2개 (5V와 12V)
2. 입력전압 : 220V
3. 부하 : DC (0~1.6A) AC (0~0.15A)
4. 반복횟수 : 각 부하별로 20회

3.2. 실험 데이터

표 3.1은 앞의 3.1절의 실험 조건에서 얻은 각각의 20개의 자료를 평균값에 대해 정리한 것이다.

표 3.1의 자료에서 부하(AC)에 따른 출력전압 5V와 12V의 각 부하(DC)별 출력전압을 그래프로 나타낸 것이 각각 그림 3.1과 그림 3.2이다.

표 3.1 외부부하 가변에 따른 출력전압의 평균

부하(DC)		부하(AC)				
		0%	25%	50%	75%	100%
0%	출력전압 5V	5.12	5.09	5.07	5.05	5.03
	출력전압 12V	11.85	13.20	13.20	13.71	13.78
25%	출력전압 5V	5.12	5.09	5.07	5.05	5.03
	출력전압 12V	10.54	12.60	13.06	13.08	13.22
50%	출력전압 5V	5.12	5.09	5.07	5.05	5.02
	출력전압 12V	9.45	12.57	12.78	13.01	13.12
75%	출력전압 5V	5.12	5.09	5.07	5.05	5.02
	출력전압 12V	8.84	12.36	12.72	12.88	12.89
100%	출력전압 5V	5.12	5.09	5.07	5.04	5.02
	출력전압 12V	8.01	12.23	12.59	12.62	12.81

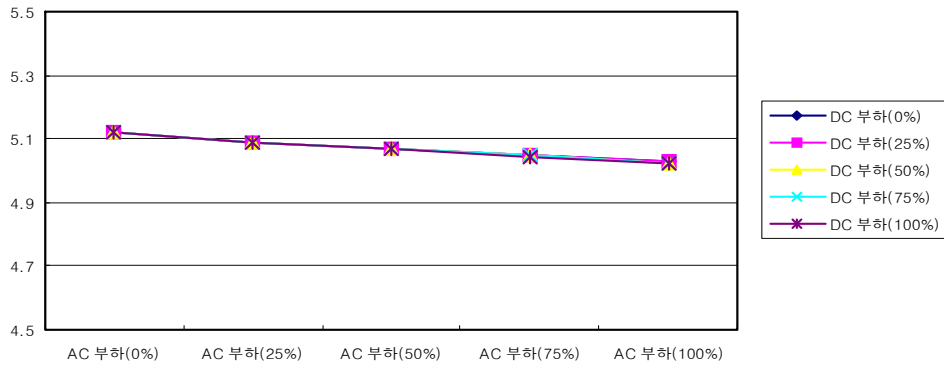


그림 3.1 부하(AC)에 따른 출력전압 5V의 부하(DC)별 출력전압

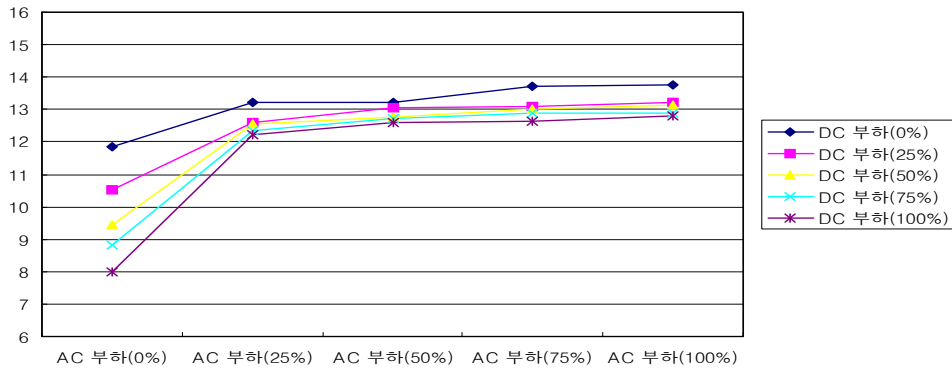


그림 3.2 부하(AC)에 따른 출력전압 12V의 부하(DC)별 출력전압

3.3. 분석결과

또한, 실험에서 얻은 원 자료에 대해 출력전압 5V와 12V의 부하(AC)와 부하(DC)를 요인으로 보고 출력전압 5V와 출력전압 12V에 대해 통계 패키지 PASW (구 SPSS)버전 18을 이용하여 각각 반복 있

는 2원배치 분산분석을 실시하였다. 각 요인인 부하(AC)와 부하(DC)의 부하율에 따라 평균에 차이가 있는지를 살펴보았다. 표 3.2와 표3.3은 출력전압 5V와 12V의 이원배치 분산분석의 결과이다.

표 3.2 출력전압 5V의 이원배치 분산분석 결과

소스	제공합	자유도	평균 제곱	F	유의확률
부하(AC)	.496	4	.124	.826	.509
부하(DC)	.001	4	.000	.002	1.000
부하(AC)*부하(DC)	.003	16	.000	.001	1.000

표 3.3 출력전압 12V의 이원배치 분산분석 결과

소스	제공합	자유도	평균 제곱	F	유의확률
부하(AC)	829.183	4	207.296	756.586	.000
부하(DC)	129.517	4	32.379	118.177	.000
부하(AC)*부하(DC)	91.315	16	5.707	20.830	.000

표 3.2와 표 3.3의 분석결과에서 각 요인별 유의한 차이가 있다는 결과가 나왔을 때 어떤 부하율에 따라 차이가 있는지 알아보기 위해 사후분석을 실시하였다. 표 3.4는 출력전압 12V의 부하(AC)량에 대한 PASW의 사후분석 결과이고, 표 3.5는 출력전압 12V의 부하(DC)량에 대한 PASW의 사후분석 결과이다.

표 3.4 출력전압 12V의 부하(AC)량에 대한 사후분석 결과

부하(AC)	N	집단군			
		1	2	3	4
0%	100	9.74			
25%	100		12.59		
50%	100			12.87	
75%	100				13.10
100%	100				13.13

표 3.5 출력전압 12V의 부하(DC)량에 대한 사후분석 결과

부하(DC)	N	집단군				
		1	2	3	4	5
100%	100	11.71				
75%	100		11.88			
50%	100			12.19		
25%	100				12.50	
0%	100					13.15

4. 결론 및 향후과제

부하가 커면 열이 나고, 부하가 적어도 열이 난다. 적으면 적은대로 회로를 동작시켜 소자들이 출력 V를 충족시키려는 노력을 하기 때문에 열이 나서 결국 기관에 손상을 주게 된다. 좋은 제품은 정전압과 정전류를 유지하는 특성을 가지므로 타 소자나 제품에 무리를 주지 않는다. 제품의 스펙에 따라 다르지만 일반적으로 허용한계는 $\pm 0.5V$ 이다.

그림 3.1과 그림 3.2 및 표 3.1에서 부하(DC)에 대해 출력전압 5V는 부하(AC)가 커지면 감소하는 경향을 보이고 반대로 출력전압 12V는 증가하는 경향을 보이고 있다. 다음으로, 출력전압 5V의 PASW의 분석결과인 표 3.2를 살펴보면 주 효과인 부하(AC), 부하(DC) 및 교호작용인 부하(AC)*부하(DC)의 유의확률이 각각 0.509, 1.000, 1.000으로 유의수준 5%에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 출력전압 5V는 각 부하별 평균의 차이가 없고, 각 부하 간 교호작용도 존재하지 않는다. 표 3.3의 출력전압 12V는 주효과인 부하(AC), 부하(DC) 및 교호작용인 부하(AC)*부하(DC)의 유의확률이 각각 모두 0.000으로 유의수준 5%에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 분석결과 전체적으로 평균에 차이가 있다고 나타났으므로 사후분석 결과를 살펴보자. 먼저 표 3.4를 보면 출력전압 12V의 부하(AC)량은 75%와 100%만 차이가 없고 나머지는 모두 차이가 있다는 결과로 나타났다. 표 3.5를 보면 출력전압 12V의 부하(DC)량은 모든 부하별로 유의수준 5%에서 유의한 차이가 있다고 나타났다. 그림 3.1과 그림 3.2에서도 알 수 있듯이 출력전압이 각 부하별로 안정한 값을 가져야만 제품에도 이상이 없을 것이다. 제품의 선택은 소비자들이 제품의 스펙을 참고하여 결정할 수 있고 생산자는 이들 제품의 불량률을 줄이는 데 노력해야 할 것이다. 향후 과제로는 모듈의 트랜스포머를 제작할 때 감는 동선의 굵기와 감는 횟수 등 여러 요인에 따른 출력전압의 변동에 관한 연구는 중요한 과제로 남아있다.

참고문헌

- 강구홍, 이재근 (1998). MOS FET를 이용한 고전압 인버터용 다출력 증속접속 SMPS에 관한 연구. <한국통신학회논문지>, **23**, 169-174.
- 강성모, 김주환 (2009). 후미추돌사고의 속도변화와 승차자 상해에 관한 실증적 분석. <한국데이터정보과학회지>, **20**, 797-807.
- 김지은, 최기현 (2010). 메타분석을 이용한 대두의 항-고지혈 효과. <한국데이터정보과학회지>, **21**, 651-667.
- 김태근, 정교범, 이완윤 (2003). PCB 캐패시터를 이용한 플라이백 SMPS 출력 리플 저감 대책. <전력전자학회지>, **9**, 102-105.
- 김희준 (1997). SMPS. <전력전자학회지>, **2**, 22-30.
- 장덕규 (1991). SMPS의 기본원리와 SMPS의 시험. <전자공학회지>, **18**, 310-365.
- SMPS 기술조사 전문위원회 (1997). <기술조사보고 : SMPS 기술현황>, 사단법인 대한전기학회, 서울.
- Kim, T. H. (2011). Test for substitution in telecommunication market system. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **22**, 9-18.
- Kim, M. J. and Choi, K. H. (2010). The anti-diabetic effect of propolis using Hedges' standardized mean difference. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **21**, 447-459.

Statistical analysis for small power module[†]

Jae-Kyoung Shin¹

¹Department of Statistics, Changwon National University

Received 26 June 2011, revised 11 July 2011, accepted 15 July 2011

Abstract

In recent, electronic devices were able to develop and focus for ultra-compact size, intelligence, multifunction and broadband. Their SMPS is realized to ultra-compact size, light weight, high efficiency, high reliability, low noises. The power module which can be used to supply DC output from a commercial power supply (85 to 265 VAC). A switching power supply can be made easily by adding simply external circuit, such as microcontroller, a relay, etc. It would be apply to mostly electronic devices, and fit the global project “Saving energy”. But we need to statistical analysis for a quality and performance about a load and an output voltage in product.

Keywords: Small power supply, stand-by power, switching-mode power supply.

[†] This research is financially supported by Changwon National University in 2009-2010.

¹ Professor, Department of statistics, Changwon National University, Changwon, Gyeongnam 641-773, Korea. E-mail: jkshin@changwon.ac.kr