

의료용 SMPS 개발 및 노이즈 감소 대책에 대한 연구

이 정 우* · 김 응 석* · 김 기 만** · 윤 형 로*

A Study on the Low Noise Medical SMPS

Jung Woo Lee*, Eong Sok Kim*, Ki Man Kim**, and Hyung Ro Yoon*

요약 Switching Mode Power Supply(SMPS)에서 전자파 노이즈 발생의 주된 요인은 스위칭 소자, 2차측 정류 다이오드, 그리고 출력 트랜스포머 및 초크 코일의 세부분이다. 본 논문에서는 노이즈 특성을 정량화 하기 어려운 트랜스포머에 초점을 맞추고, 보빈의 형태, 권선 방법에 따른 노이즈를 분석하고 최적 트랜스포머를 설계 하였다. 이들의 비교 분석을 위해 전자파 전도노이즈, 스위칭 소자의 스위칭 파형, 출력의 리플/노이즈 전압, 누설 전류의 4가지 특성을 측정하였다. 이 결과 수직 형태의 보빈과 1·2차 병렬 샌드위치 권선법을 사용한 트랜스포머의 경우가 가장 좋은 특성을 나타냄을 알 수 있었고, 이를 바탕으로 최적의 트랜스포머를 제안하였다. 전기적 특성과 안전 규격에 대한 실험을 통해 개발된 SMPS가 의료기용 국제 규격인 IEC 601-1을 만족함을 확인하였다.

Abstract The main noise sources in SMPS are divided into three parts: the switching devices, the rectifiers in secondary part, the output transformer and choke coil. In this paper, we performed the noise analysis with respect to bobbin type and winding method, and designed an optimized transformer focusing on the transformer. For the comparison, we measured four parameters for each cases, including EMI conducted emission noise, signal from the switching devices, output ripple/noise voltage and leakage current. As the result, the transformer using a vertically-typed bobbin and a parallel, sandwich winding method showed the best performance. We confirmed that the SMPS developed in this research is satisfied with the IEC 601-1 international standard for the medical instrumentation, by testing its electrical characteristics and safety.

Key Words : IEC 601-1, EMI Conducted emission noise,

1. 서 론

전자파 장애(EMI)는 이미 알려진 바와 같이 기기 상호간의 오동작을 일으킴으로 인해 피해가 속출하고 있고 전파 환경에 위해를 가할 뿐 아니라 최근 일부에서는 인체 유해론까지 대두되어 사회문제로까지 거론되고 있다[1,2].

인체에 직접 접촉하는 의료기기 분야에서 전자파에 의한 기기 및 시스템의 오동작은 인체에 치명적인 영향을 미치게 된다. 1979년에서 1993년 사이에 미국 FDA에서는 의료기기의 EMI에 의한 사고가 100여건이 접수되었고, 국내뿐만 아니라 해외 각국에서도 자국의 EMI 관련 규격을 제정하여 모든 전기 전자기기의 전자파 노

이즈를 규제하고 있어 제품을 판매하기 위해서는 해당 국가의 EMI규격을 획득하여야 하는데, 제품 개발시 성능 및 기능에 못지 않게 중요한 것이 해당 EMI 규격에 적합하게 설계하는 것이다[3,4].

기기 내부에서 전자파 노이즈 문제가 가장 현저히 나타나는 부분은 전원이다. 최근 반도체의 집적화 기술과 스위칭 트랜지스터, 다이오드, 콘덴서 등의 부품을 저잡음화 하기 위한 연구 개발에 힘입어 안정화 전원 공급기도 소형화, 경량화하기 쉽고 효율이 높은 스위칭 모드 전원(Switching mode power supply, SMPS)의 사용이 일반화되었다. 그러나, 고속 스위칭 동작으로 인하여 출력 측에 리플 및 노이즈 성분이 나타나게 되며 또한 방사노이즈 및 입력 측으로 나가는 전도 노이즈는 다른 기기의 오동작을 유발하는 원인이 되기도 한다. SMPS에서 전자파 노이즈 발생의 요인이 되는 주된 요인은 스위칭 소자, 2차측 정류 다이오드, 출력 트랜스포머

*연세대학교 의용계측 및 재활공학연구소

** (주)화인전자 기술연구소

본 논문은 과학기술부에서 지원하는 2000년도 연세대학교 "의용계측 및 재활공학 연구센터(RRC)" 연구과제에 의한 결과이며 의료기기 국산화에 필수적인 국제 규격을 만족할 수 있는 직류 전원공급기로서 국제 경쟁력 확보에 기여할 수 있을 것이다.
(E-mail: hryoon@dragon.yonsei.ac.kr)

및 쇼크코일 등의 세 부분이다. 이중 트랜스포머는 노이즈 특성이 정량화 되기 어렵고, 개발자의 경험 등에 의해 설계되어 사용하는 경우가 대부분이다. 트랜스포머의 경우 1차 권선에 발생한 자속이 2차 권선에 유도되고 그 유도되는 정도를 결합도라고 한다. 이때 유도되지 않는 성분은 누설성분이 되어 출력의 노이즈성분이 되므로, 결합도를 높이기 위해 많은 연구가 있어 왔다. 일반적으로 1차 권선 - 2차 권선 - 1차 보조권선-1차 권선의 순서로 감는 샌드위치 권선법이 결합도를 높이는 방법으로 알려져 있다. 샌드위치 권선법에는 1차 직렬 샌드위치 권선법, 1차 병렬 샌드위치 권선법, 1·2차 직렬 샌드위치 권선법, 1·2차 병렬 샌드위치 권선법 등 여러 가지가 있다[5,6].

본 논문에서는 트랜스포머에 초점을 맞추어서 보빈의 형태, 권선 순서, 샌드위치 권선법과 샌드위치 권선법이 아닌 경우, 마지막으로 각종 샌드위치 권선법에 대하여 각각 트랜스포머를 제작하였다. 그리고 트랜스포머의 특성을 비교 분석하기 위하여 전자파 전도노이즈, 스위칭 소자의 스위칭 파형, 출력의 리플/노이즈 전압, 그리고 누설전류 4개의 데이터를 측정, 비교 분석하였다.

이 트랜스포머를 이용해 파워 모듈내에서 AC입력을 받아 DC로 한번 스위칭 후 다시 DC/DC 컨버터(converter)의 동작을 통해 최종 출력까지 얻어내는 완전한 모듈형 파워 서플라이를 개발하였다. 전기적 특성 및 안전규격에 대한 여러 가지 실험을 통해 개발된 SMPS가 의료가 관련 국제 규격인 IEC (International Electrotechnical Commission, 국제 전기기술 위원회) 601-1에 만족함을 확인하였다.

2. 개발된 파워 서플라이

개발된 파워 모듈은 의료기기에 사용을 목적으로 개발되었으며, 파워 모듈내에서 AC입력을 받아 DC로 한번 스위칭 후 다시 DC/DC 컨버터(converter)의 동작을 통해 최종 출력까지 얻어내는 완전한 모듈형 파워 서플라이로 사양은 다음 Table 1과 같다. 만족해야 할 의료기기 규격으로 누설전류, 내전압, 그리고 전압에 따른 절연 거리 등이 있다[8].

SMPS는 PWM(Pulse Width Modulation)방식을 사용하였고 EMI필터 내장, 원격 on/off, 넓은 입력전압 (Free Voltage Input(85-264V)), 과전류 보호회로, 과전압 보호회로, 퀘환회로, 전지(battery) 사용을 위한 단자, 출력 단자 단락보호회로(Short Circuit Protection) 등을 부가하여 의료기기에 적용이 가능하도록 하였다.

AC/DC 부분은 넓은 입력전압 기능을 위해 플라이백

Table 1. 파워 서플라이 사양

	전압(V)	전류(A)	전력(W)
용량	3.3	0.6	1.98
	5	3.5	17.5
	12	3	36
	-12	0.4	4.8
	합계		60.28
규격	접지누설전류	정상상태	500uA이내
		단일고장상태	1mA이내
	환자누설전류	정상상태	10uA이내
		단일고장상태	50uA이내
	내전압	AC 4000V에서 1분간 견디어야함	
	연면거리	5mm이상	
공간거리	8mm이상		

(flyback) 타입으로 설계를 하였고, 출력은 16V로 하였다. DC/DC 부분은 출력 용량 50W-60W, 고주파스위칭에 의한 소형화 이 모두에 적합한 휘워드(forward) 방식으로 사용하였다. DC 입력의 경우 10-16V까지의 어느 전압에서도 동작이 가능하게 하였고, 3.3V, 5V, 12V, -12V의 네 개의 출력을 얻을 수 있도록 설계하였다. 5V, 3.3V, -12V는 5V를 통해서 주궤환(Main feedback)이 일어나게 하였고, 12V의 경우는 자체적으로 자기 증폭기(Magnetic Amplifier : MAG AMP)를 통해서 궤환이 일어나게 하였다.

전체적인 블록다이어그램은 Figure 1과 같다. 스위칭 주파수는 65 KHz로 하였으며, PWM IC는 unitorde사의 전류보드 PWM 제어 IC인 UC3842를 사용하였다. 보호회로로는 과전압보호회로, 과전류 보호회로, 출력 전압의 궤환을 통한 회로의 안정화를 기했으며 이 모두는 포토 커플러(photo coupler)를 통하여 절연을 하였다.

트랜스포머 설계 및 사양

1차측 턴수(Np) 계산식은 다음과 같다[6,8].

$$N_p = \frac{V_{in(max)} \times T_{off(max)}}{(B_m - B_r) \times A_c} \times 10^8 \quad (1)$$

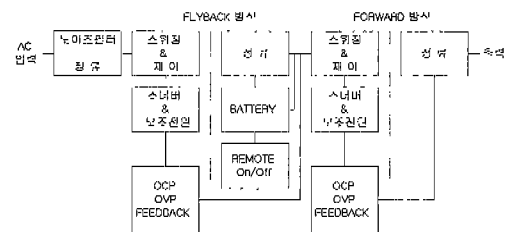


Figure 1. 블록다이어그램.

V_{in} : 최저 입력 전압(V)
 T_{on} : 턴온시간(us)
 B_m : 최대 자속밀도(Gauss)
 B_r : 사용한 코어의 자속밀도(Gauss)
 A_e : 코어 단면적(cm²)

2차측 턴수(N_s) 계산식은 다음과 같다[6,8].

$$N_s = \frac{V_{out} \cdot N_p (1-D)}{V_{in} \cdot D} \quad (2)$$

여기서 V_{out} 는 출력 전압(V)을, N_p 는 1차 측 턴수를, D 는 T_{on}/T (T =주기)로 구할 수 있으며, V_{in} 은 1차 측 전압(V)을 말한다[8].

실험에 사용한 트랜스포머의 사양은 다음과 같다.

트랜스포머는 함침을 하지 않았다.

- 1) 코어 : 수직타입 EE3530 보빈 18핀
수평타입 EE3435 보빈 14핀

2) Barrier : 4 mm/each side

3) GAP : 0.3 mm/each side

4) 권선 규격

5) 권선 종류 : 폴리우레탄 동선

6) 절연테이프 : 폴리에스테르 테이프

 * 폭 - 수평의 경우 : 21 mm

 * 수직의 경우 : 18 mm

 * 턴수 - 1차와 2차간은 3 turns

 * 1차와 1차간, 2차와 2차간 2 turns

7) 코일 결선도, 코일 인출 위치도

코일 결선도는 보빈에 코일이 감긴 모양을 나타낸 것으로, 각각의 번호는 코일이 감긴 보빈의 다리 번호를 가리키고, ●은 코일을 감기 시작한 곳을 나타낸다.

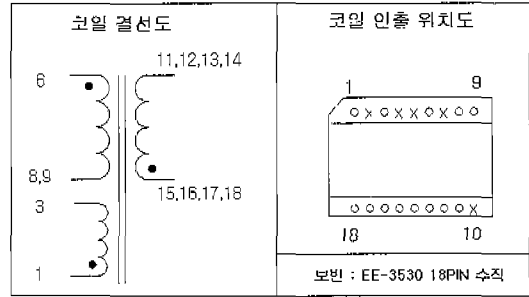
코일 인출 위치도는 보빈을 아래에서 본 모습을 나타낸 것으로, 코일이 감긴 곳의 보빈 다리 번호에는 o로, 감기지 않은 곳은 X로 나타내었다.

3. 실험 및 결과

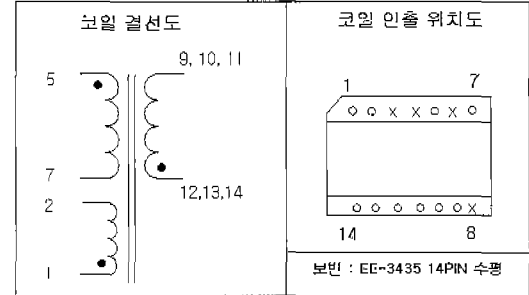
실험은 수직 형태와 수평 형태의 보빈을 사용하여 보

Table 2. 권선의 규격

항목	설명	선종 및 선경	턴수	권선방법	권선방향
P1	1차측 주권선	∅0.45*1	35T	2층 정열권	시계방향
S1	2차측 권선	∅0.45*4	11T	2층 정열권	시계방향
P2	1차측 보조권선	∅0.3*1	5T	1층 간격권	시계방향



a) 수직 타입 트랜스포머



b) 수평 타입 트랜스포머

Figure 2. 코일 결선도, 인출 위치도.

빈의 형태, 권선을 감는 순서를 달리하여서 권선 순서, 샌드위치 권선법과 샌드위치 권선법이 아닌 경우, 그리고 각종 샌드위치 권선법을 적용하여 트랜스포머를 제작하여 직접 SMPS에 적용하여 데이터를 얻었다.

각각의 트랜스포머 제작에 있어서 코어, 절연테이프, 배리어테이프, 보빈(실험1은 제외)등의 모든 조건은 같게 하였다. 실험 측정은 동일 PCB에서 트랜스포머를 변경하여 측정하였다.

실험 1) 보빈의 형태

: 같은 와트급 수직 및 수평형태의 보빈 사용

실험 2) 권선 순서

: 트랜스포머에 동선 감는 순서를 다르게

실험 3) 권선 방법

: 일반 권선과 샌드위치 권선법

각종 샌드위치 권선법에 대한 비교



수직 형태의 보빈

수평 형태의 보빈

Figure 3. 실험에 사용한 보빈의 형태.

Table 3. 권선 순서 실험에 사용한 트랜스포머

번호	권선 순서	기호화
1	1차주권선 - 2차권선 - 1차보조권선	P1-S1-P2
2	1차주권선 - 1차보조권선 - 2차권선	P1-P2-S1
3	1차보조권선 - 1차주권선 - 2차권선	P2-P1-S1
4	2차권선 - 1차주권선 - 1차 보조권선	S1-P1-P2

Table 4. 권선 방법 실험에 사용한 트랜스포머

번호	권선 순서	기호화
1	일반 권선	P1-S1-P2-P1
2	1차 직렬 샌드위치 권선	P1(1/2)-S1-P1(1/2)-P2
3	1차 병렬 샌드위치 권선	P1-S1-P1-P2
4	1·2차 직렬 샌드위치 권선	P1(1/2)-S1(1/2)-P1(1/2)-S1(1/2)-P2
5		P1(1/2)-S1(1/2)-S1(1/2)-P1(1/2)-P2
6	1·2차 병렬	P1-S1-P1-S1-P2
7	샌드위치 권선	P1-S1-S1-P1-P2

각각의 실험을 통하여 다음 데이터를 얻었다.

- ① 출력 전원의 노이즈/리플 전압
- ② FET의 스위칭 파형
- ③ EMI 전도노이즈
- ④ 누설전류 : 접지누설전류, 환자누설전류

3.1. 보빈의 형태

같은 와트급의 수직형태의 보빈과 수평형태의 보빈을 사용하여 실험한 결과 권선 방법등이 같으므로 누설전류와 리플/스위칭 노이즈에서는 비슷한 값을 나타냈으며 Table 5의 데이터에서 나타나듯이 EMI 전도노이즈에서는 10dB가량의 큰 차이를 보여 수평타입의 경우 넓은 창 번적이 전도노이즈에 영향을 미침을 알 수 있다. 따라서 수직형태의 보빈이 더 좋은 특성을 보임을 알 수 있다.

3.2. 권선순서

이번 실험은 트랜스포머의 권선 순서를 달리하는 경우 즉, 1차 주권선-2차 권선-1차 보조권선, 1차 축을 먼저 감은 경우(주권선먼저, 보조권선먼저), 2차 축을 먼저 감은 경우 회로에 미치는 영향에 대한 실험이었다.

Table 5. 실험 1의 결과

번호	접지누설 전류(uA)	환자누설 전류(uA)	리플/노이즈 전압(mV)	EMI 전도노이즈	
				결과	최대치(dB)
1	283	6	25/35	만족	51.82
2	285	7	30/35	불만족	61.07

(1 : 수직형태의 보빈, 2 : 수평형태의 보빈)

Table 6. 실험 2(권선순서)의 결과

번호	접지누설 전류(uA)	환자누설 전류(uA)	리플/노이즈 전압(mV)	EMI 전도노이즈	
				결과	최대치(dB)
1	282	6	35/45	만족	54.70
2	285	7	40/60	만족	56.80
3	288	7	40/60	만족	52.22
4	287	7	40/60	만족	54.42

각각 실험을 한 결과 우선 스위칭 노이즈의 경우 1차 축을 먼저 감은 경우가 다른 경우 보다 크게 증가하였고, 이는 출력에도 영향을 미쳐 리플/노이즈도 증가함을 알 수 있었다. 누설전류의 경우도 1차 주권선 2차 권선-1차 보조권선의 경우가 특성이 좋음을 확인할 수 있었다. 전자파 전도노이즈의 경우는 권선순서의 변화가 영향을 미치지만 모두 클래스 B규격을 만족함을 알 수 있었다.

이상과 같은 실험을 통해 권선 순서를 달리함에 따라 스위칭 노이즈와 출력의 리플/노이즈 전압이 영향을 받을 수 있었고, 결합도와 누설전류 면에서 볼 때 1차 주권선-2차 권선-1차 보조권선의 권선 순서가 가장 좋은 특성을 보임을 알 수 있다.

3.3. 권선방법

스위칭 노이즈의 경우 1차 직렬 샌드위치 권선법과 1차 병렬 샌드위치 권선법은 일반 권선 방법보다 특성이 나쁘며, 1·2차 모두 샌드위치 권선법을 사용한 경우는 특성이 좋아짐을 알 수 있다. 또한 리플/노이즈의 전압도 같은 결과를 보인다. 접지누설전류의 경우는 일반 권선 방법에 비해 각종 직렬, 병렬 샌드위치 권선법의 측정값이 조금 증가(2uA-5uA)함을 알 수 있었으나 권선을 하는 층이 증가했으므로 당연한 결과라고 할 수 있다. 그러나 전자파 전도노이즈의 경우는 일반 권선 방법과 1·2차 병렬 샌드위치 권선법만이 클래스 B 규격을

Table 7. 실험 3(권선방법)의 결과

번호	접지누설 전류(uA)	환자누설 전류(uA)	리플/노이즈 전압(mV)	EMI 전도노이즈	
				결과	최대치(dB)
1	282	6	35/45	만족	55.87
2	284	8	25/35	불만족	60.32
3	282	7	25/35	불만족	68.97
4	284	7	25/35	불만족	61.20
5	275	7	25/35	불만족	63.84
6	283	7	25/35	만족	64.72
7	282	6	25/35	만족	51.83

만족하였고 나머지의 경우 26MHz부분에서 한계치인 60dB를 조금씩 넘는 특징을 보여 샌드위치 권선법의 권선층의 증가가 전도노이즈에 영향을 미침을 알 수 있다. 일반 권선 방법과 각종 샌드위치 권선법의 비교에서는 샌드위치 권선법의 경우가 출력 측의 스위칭/리플전압이 감소하는 특징이 있으나 어떤 샌드위치 권선법의 경우는 전자파 전도노이즈나 스위칭 파형의 특성이 오히려 나빠지는 성질을 보임을 알 수 있어 샌드위치 권선법의 사용시에도 적절한 선택이 필요함을 보이고 있다. 또한 샌드위치 권선법 내에서의 권선 순서의 변화는 다른 측정 데이터에서는 거의 같은 결과를 보이나 전자파 전도노이즈의 경우 1차 권선-2차 권선의 반복 권선 (P1-S1-P1-S1-P2)보다는 1차 권선-2차 권선-1차 권선 (P1-S1-S1-P1- P2)의 경우가 더 좋은 특성을 보인다. 이상과 같은 실험을 통해 여러 가지 샌드위치 권선법과 일반 권선법 중에서 1·2차 병렬 샌드위치 권선법이 가장 좋은 특성을 보임을 알 수 있다.

3.4. 출력 특성

실험을 통해 가장 특성이 좋게 나타난 수직타입의 보빈과 1차, 2차 병렬 샌드위치 권선법으로 제작한 트랜스포머를 사용하여 개발된 파형의 특성을 실험해 보았다. 개발된 파형의 전기적 특성에 대해서는 입력전압변화에 대한 안정도(Line regulation), 부하 변동에 대한 안정도(Load regulation), 입력전압과 부하 변동에 대한 안정도(Cross regulation), 그리고 출력의 리플/노이즈 전압 등의 테스트를 하였다.

Table 8은 입력 전압의 변동이 출력 전압에 미치는 영향인 입력전압 변동에 대한 안정도에 대한 결과이다.

다음은 부하의 변동에 따른 출력전압의 변화를 보는

Table 8. Line regulation 테스트 결과

출력전압	5V	12V	-12V	3.3V
AC입력				
85V	5.08	12.03	-12.02	3.27
110V	5.08	12.03	-12.02	3.27
132V	5.08	12.03	-12.02	3.27
180V	5.08	12.03	-12.02	3.27
220V	5.08	12.02	-12.02	3.27
264V	5.09	12.02	-12.02	3.27
ΔV(mV)	10	10	0	0
출력전압	5V	12V	-12V	3.3V
DC입력				
10V	5.08	12.08	-12.05	3.27
12V	5.08	12.08	-12.04	3.28
14V	5.09	12.03	-12.04	3.28
16V	5.08	12.05	-12.03	3.28
18V	5.09	12.05	-12.03	3.28
ΔV(mV)	10	50	20	10

Table 9. Load regulation 테스트 결과

출력전압	5V	12V	-12V	3.3V
부하				
0%	5.08	12.04	12.06	3.27
50%	5.08	12.03	-12.04	3.27
100%	5.08	12.02	-12.01	3.27
ΔV(mV)	0	20	50	0

부하변동에 따른 안정도에 대한 실험 결과이다. 각각의 출력전압에 대하여 무부하 상태, 50%의 부하상태, 100%의 부하를 건 상태에 대하여 측정을 하였고 부하는 후지쯔 덴시사의 전기부하기를 사용하여서 실험을 하였다.

다음은 각 출력 사이의 부하에 대한 상호 간섭의 관계를 알 수 있는 Cross regulation에 대한 실험으로 각 출력이 10%, 50%, 100%로 변함에 따라 다른 전압에 미치는 영향을 실험하는 것으로 부하는 전기부하기로 사용하였으며 실험 결과는 Table 10과 같다.

출력전압의 안정도를 평가하기 위해 출력의 리플/노이즈 전압을 측정하였고 측정시 접지와 측정 전압에 0.1μF 전해 콘덴서와 2A104 마이러 콘덴서를 연결하여 각각의 값에 대하여 측정하였다.

전자파 전도 노이즈파형은 Figure 4와 같다.

Table 10. Cross regulation 테스트 결과

출력전압	5V	12V	-12V	3.3V
	5.08	12.03	-12.03	3.27
	100%	50%	50%	10%
	5.08	12.02	-12.03	3.27
	50%	100%	50%	100%
	5.08	12.01	-12.02	3.27
	10%	50%	100%	50%
ΔV(mV)	0	20	10	0

Table 11. 정격 부하시 리플/노이즈 전압

출력전압	5V	12V	-12V	3.3V
	ripple	noise	ripple	noise
단위(mV)	25	35	30	40
	25	35	15	25

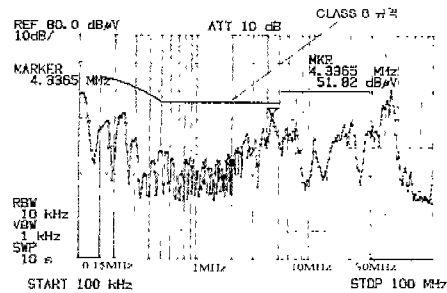


Figure 4. 전자파 전도노이즈.

Table 12. 안전규격 테스트 결과

	IEC601-1 규격		개발된 파워
	정상상태	500uA이내	
접지누설전류	정상상태	500uA이내	261uA
	단일고장상태	1mA이내	283uA
환자누설전류	정상상태	10uA이내	6uA
	단일고장상태	50uA이내	6uA
내전압	AC 4000V에서 1분간 전디아하함		테스트 결과 이상 없음
연면거리	5mm이상		5mm이상
공간거리	8mm이상		8mm이상

의료기용 파워에서 만족해야할 안전사양으로는 누설 전류, 내전압, 연면거리, 공간거리 등이 있다.

이상에 대한 규격은 각각에 대하여 IEC 601-1규격에 의해 테스트를 하였으며 그 결과는 Table 12에 나타나 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 파워 서플라이의 노이즈 발생 요인 중 성장확화가 힘든 부품인 트랜스포머에 대해 보빈 형태, 권선 순서, 권선 방법 등 3가지의 경우에 대해 각각 다른 형태의 트랜스포머를 제작하여 이에 대해 출력 전압의 리플/스위칭 노이즈, 입력 측의 EMI 전도 노이즈, 스위칭 소자의 스위칭 파형, 누설전류 등 4가지의 데이터를 각각 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 같은 와트급의 경우 수직형태의 보빈이 수평 형태의 보빈에 비해 좋은 전자파 전도 노이즈 특성을 보인다.
 2. 권선 순서만을 달리한 경우 1차 권선-2차 권선, 2차 권선-1차 권선으로 감은 경우 모두 FET의 스위칭 특성이 나빠짐을 알 수 있어 1차 주권선 - 2차 권선-1차 보조권선의 순서가 가장 특성이 좋을 수 있다.
 3. 권선 방법을 달리한 경우의 실험에서는 샌드위치 권선법이 일반 권선법보다 좋은 특성을 보이며, 샌드위치 권선법 중에서도 1·2차 샌드위치 권선법이 가장 좋은 특성을 보임을 알 수 있다.
- 이상과 같은 실험을 통해 제작된 여러 가지 트랜스포

머 중에서 수직 형태의 보빈과 1·2차 병렬 샌드위치 권선법을 사용한 경우 가장 특성이 좋을 수 있었다.

이 트랜스포머를 이용해 파워 모듈내에서 AC입력을 받아 DC로 변환한 후, 다시 DC/DC 컨버터(converter)의 동작을 통해 최종 출력까지 얻어내는 완전한 모듈형 파워 서플라이를 개발하였다. 전기적 특성 및 안전규격에 대한 여러 가지 실험을 통해 개발된 SMPS가 의료기 관련 국제 규격인 IEC 601-1에 만족함을 확인하였다.

최근 스위칭 전원 분야도 다른 기기와 마찬가지로 소형 경량화에 대한 요구가 더욱 높아지고 있는 실정이며, 이를 위해 효율을 높이고 스위칭 주파수를 높이기 위한 연구가 계속 진행중이다. 또한, SMPS 입력 전류의 고주파왜곡에 대한 규제가 강화되고 있어 이러한 규제를 만족시키기 위해 75 W 이상의 전원장치는 역률 보상회로(Power Factor Correction)의 사용이 의무화되는 추세이다. 복잡한 제어회로 및 나쁜 노이즈 특성 등의 단점이 보완된다면 역률 보상회로와 공진형 컨버터 회로를 사용한 SMPS의 실세가 필수적으로 될 것이다

참 고 문 헌

- [1] 김기채, “전자파에 의한 산업기기의 오동작과 인체 장애” 전기학회지, 02 v.42, n.2, pp. 5-11, 1993
- [2] 이준근, “국내의 EMI-EMC 현황 및 발전 추세” 전기학회지, 09 v.38, n.9, pp. 7-10, 1989
- [3] 장영호, 김달중, “무선기기가 의료기기에 미치는 영향” 1998년도 한국통신학회 추계종합학술발표회 논문집, pp864-867, Nov. 14, 1998
- [4] R. Anderson, “The European Medical Device EMC Specifications”, IEEE 1996 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Aug., 1996
- [5] 황상열, 김영래, “SMPS의 EMI 노이즈 대책 기술”, 전기학회지, 01 v.41, n.1, pp. 23-34, 1992
- [6] 김희준, “최근의 스위칭 전원” 전기학회지, 08 v.36, n.8, pp. 572-577, 1987
- [7] 한국 생산 기술 연구소 부설 산업 기술 시험 평가 연구소, “국제 규격 IEC 601-1”
- [8] 과학 기술 정보 연구소, “실무를 위한 SMPS 설계 핵심기술 및 응용”