

SMPS의 EMI 노이즈 대책 기술

황상열* · 김영래**

(*동안전자 부설연구소 소장, **동 EMI대책실장)

1. 머릿말

최근 산업사회가 고도화 되어감에 따라 가정뿐 아니라 산업전반에 전기 전자기기의 수요가 급증하고 있으며, 이와 더불어 기기에 안정된 전원을 공급하는 전원장치는 고신뢰성, 안정성, 경량화, 고효율 등의 필요성이 절실히 요구되고 있다. 이러한 요구에 맞는 고속 스위칭 소자를 이용한 SMPS(Switching Mode Power Supply) 전원은 직류를 고주파로 변환하고 이를 다시 직류로 변환하므로써 전원이 소형화, 경량화된 것은 물론, 효율을 높일 수 있는 잇점이 있으므로 최근에는 특수한 경우를 제외하고는 거의 모든 기기에서 SMPS 전원 방식을 채택하고 있으며, 적용 범위가 날로 확대되는 추세이다.

그러나 SMPS의 소형, 경량화를 실현하기 위하여 동작 스위칭 주파수가 점차 고속화되고 있는데, 반도체 스위칭 소자 기술의 발전에 따라 최근에는 스위칭 주파수를 MHz대까지 실용화 할 수 있는 기술이 개발되고 있어 스위칭에 의한 노이즈 발생의 심각성이 증가하고 있다. 따라서 SMPS에서 소형, 고효율, 고신뢰성 등을 추구할 때, 발생하는 EMI 노이즈는 SMPS 기술 발전에 있어 어려운 문제점으로 인식되고 있다.

본고에서는 일반적인 EMI 노이즈 개요 및 SMPS에서 EMI 노이즈 발생메커니즘과 대책 기술에 대하여 언급하고자 한다.

2. EMI 노이즈 개요

2.1 노이즈 종류

일반적으로 전자파 노이즈는 발생원인에 따라 2가지로 대별되는데, 태양 노이즈와 낙뢰 등으로 대표되는 자연노이즈(Natural Noise)와 통신, 방송, 전자기기 등과 같은 인공노이즈(Man-Made Noise)가 있다. 인공노이즈는 다시 의도성노이즈(Intentional Noise)와 비의도성노이즈(Unintentional Noise)로 분류된다. (그림 2.1)

2.2 EMI 문제대두

우리의 현대생활은 거의 모든면에 있어서 각종 전자파의 사용에 전적으로 의존하고 있다. 늘상 사용하는 컴퓨터, 라디오, TV 등의 가전제품 및 전화를

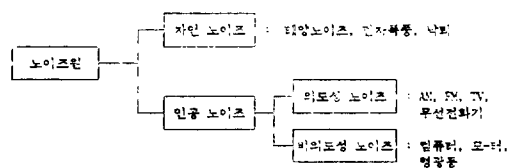


그림 2.1 노이즈의 종류

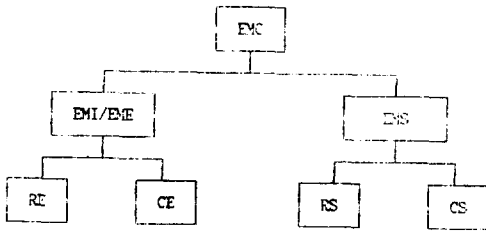


그림 2.2 EMC 관련용어체계

비롯한 각종 통신분야는 물론, 마이크로오븐 등 산업용기기로 부터, 비행기나 선박의 항해, 우주탐색에 이르기까지 그 어느것 하나 전자파가 아니면 상상도 할 수 없는 것들이다.

여기서, EMI(Electromagnetic Interference)란 무전기나 TV, 라디오 전파처럼 의도적으로 발생시키는 전자파 외에, 전기 전자기기의 동작과정에서 필연적으로 발생하는 불요전자파가 다른 기기에 나쁜 영향을 주는 것을 말하며, 미래 전자/통신/정보사회발전을 저해하는 복병으로 등장하고 있다.

이러한 전자파 장애는 매개경로의 형태에 따라, 공간중으로 방사되는 방사성 장애(Radiated EMI)와 기기에 연결된 전원선이나 신호선을 통하여 전도되는 전도성 장애(Conducted EMI)로 크게 2가지로 나뉘어진다. 방사성 장애는 다시 방사성 노이즈 방출(Radiated Emission)과 방사성 노이즈 감응(Radiated Susceptibility)으로 구분되며, 전도성 장애 역시 전도성 노이즈 방출(Conducted Emission)과 전도성 노이즈 감응(Conducted Susceptibility)으로 분류할 수 있다. (그림 2.2)

전자기적 양립성(EMC : Electromagnetic Compatibility)을 만족하기 위해서는, 기기동작 시에 방출하는 전자파를 줄이고, 다른 기기에서 방출되는 불요 전자파에 대하여 내성 특성을 가져야 한다.

2.3 전원계의 노이즈

전자기기 내부에서 노이즈 문제가 가장 현저히 나타나는 부분은 전원이다. 특히 대전류의 스위칭 프로세스를 이용한 전원이 보급되는데 따른 노이즈 문제가 심각해지고 있다. 이러한 전원 노이즈는 스위칭 회로의 기본파 노이즈, 고조파 노이즈 및 정류파형 노이즈와 같은 전원회로내 자체 발생 노이즈 뿐

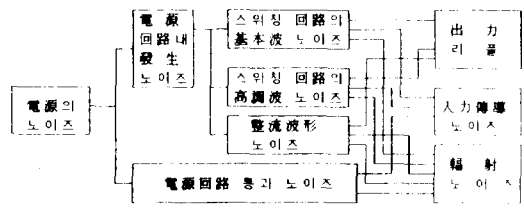


그림 2.3 전원계의 노이즈와 리플

만아니라, AC LINE에 의해 통과되는 전원회로 통과 노이즈도 중요한 문제가 되며, 이러한 노이즈에 의하여 출력 리플이 생기고, 입력라인의 전도노이즈와 기기로부터의 방사노이즈의 원인이 되고 있으며, 이것을 그림 2.3에 나타내었다.

2.4 각국의 노이즈 관련규격

최근 전기 전자기기의 고기능화, 고속화, 고집적화 및 소전류화가 추진되면서 다른 전자기기에 전파 장애를 초래하거나 타기기의 전자파 노이즈에 의해 오동작을 일으키는 요인으로 발전되고 있는 가운데, 국내 뿐만 아니라 해외 각국에서도 자국의 전자파 장애(EMI) 관련 규격을 제정하여 모든 전기 전자기기의 전자파 노이즈를 규제하고 있어 제품을 판매하기 위해서는 해당국가의 EMI규격을 획득하여야 하는데, 제품개발시 성능 및 기능에 못지 않게 중요한 것이 해당 EMI 규격에 적합하게 설계하는 것이다.

2.4.1 CISPR

EMC 규제와 관련된 국제 기구로서 CISPR (Committee International Special des Perturbations Radioelectriques : 국제 무선장애 특별위원회)는 IEC(국제전기기술위원회) 산하의 한 기구로서 1934년에 설립된 특별위원회로 무선통신에 대한 장애를 방지하는 대책, 허용치 등을 권고하고 통신기기의 국제무역추진을 목적으로 하고 있다. 이 CISPR는 이러한 전자파 장애를 효과적이고 합리적으로 해결하기 위한 측정절차, 측정방법, 주파수 대역 및 규제치 등에 관한 사항을 결정하여 권고하고 있으며, 세계 각국에서는 일반적으로 이러한 CISPR의 권고 사항을 따르고 이에 준하여 자국의 규격을 정하고

있으며, SMPS 관련된 CISPR 권고안으로는,
 -CISPR Pub.11 : 공업, 과학 및 의료용(ISM) 장치의 전자파 장애 특성에 대한 규제치 및 측정방법
 -CISPR Pub.13 : 방송 및 TV 수신기의 무선방해 특성에 대한 규제치 및 측정방법
 -CISPR Pub.22 : 정보처리장치(ITE)의 전자파 장애 특성에 대한 규제치 및 측정방법
 등의 규격이 있다.

2.4.2 FCC

미국의 전자파장해에 대해서는 FCC(Federal Communication Commission : 연방통신위원회)에서 관장하고 있으며, 대부분의 제품에 대하여, 시장 판매 전 사전 승인을 받도록하는 강제 규격으로서 SMPS와 관련된 규격으로는,

- CFR-47 Part 15 : Digital Device(FM 및 TV 수신기, 게임기, 컴퓨터 및 주변기기)
- CFR-47 Part 18 : 산업, 과학 및 의료용(ISM) 기기(전자레인지, 초음파기기, 아크용접기, 형광등 기구 등)
- CFR-47 Part 68 : 전화선에 연결 사용되는 기기(전화기, 모뎀, 팩시밀리 등)
 등의 규격이 있다.

2.4.3 FTZ/VDE

독일의 전자파장해 규제는 DBP(우정부)의 기술기관인 FIZ(중앙전기통신국)에서 관할하고 있으며, ZZF(중앙통신설비인가국)에 의해 승인수속이 이루어진다. 또한 민간단체로서 VDE(독일 전기기술자협회)가 있어 전기/전자와 관련된 주요규격제정과 각종 시험 업무를 담당하고 있다.

SMPS와 관련된 VDE 규격으로는,

- VDE 0871 : 산업, 과학, 의료용(ISM) 및 유사기기의 EMI 방해 규제
- VDE 0875 : 일반 가정기기(광대역 노이즈 발생기기)의 EMI 방해 규제
- VDE 0877 : EMI 측정방법에 관한 사항
- VDE 0878 : 전기 통신 시스템에서의 EMI 방해 규제

등의 규격이 있다.

2.4.4 VCCI

일본의 VCCI(Voluntary Control Council for Interference by data processing equipment and electronic office machine : 정보처리장치 등 전파장해 자주규제협의회)는 정보처리장치 및 전자사무용기기(ITE) 등에서 발생하는 불요전자파에 대한 자주 규제 조치를 취하기 위해 민간 주요 4개 단체가 중심이 되어 운영되고 있으며, 이 VCCI의 기술기준은 국가에서 시행하는 강제규격은 아니지만 일본내에 ITE 기기를 상품 출하하고자 할 때에는 이 규격을 따르도록 유도하고 있어, 실제 상당한 영향력을 행사하고 있다.

2.4.5 국내 전자파 장해검정

우리나라의 전자파장해(EMI) 관련규제는 미국, 독일, 일본 등의 선진국보다는 다소 늦게 시작되어, 1989년 12월 국회에서 '전파관리법'을 개정하여 '전자파 장해 방지'장을 신설함으로써, 법령기틀을 마련하여, 시행령으로 1990년 9월 '전자파 장해검정 규칙'을 제정 공포함으로써 실질적인 국가의 법적 규제 시작되었다. 현재까지 적용대상 품목 고시가 3개 품목류에 대해 25개 품목에 대하여 적용고시가 되었으

품 목 류	품 목
유선통신 단말기 (9종)	모뎀, 키폰, 구매전화기, 텔리텍스, 신용카드조회기, 팩시밀리, 비디오 텍스, 화상전화기, 인쇄전신기
정 보 기 기 (11종)	퍼스날 컴퓨터, 프린터, 미니컴퓨터, 사무용컴퓨터, 공업용컴퓨터, 범용컴퓨터, 워드프로세서, 간접정전 복사기, 데이터서비스장치, 데이터다중화장치, XY프롯터(트래싱 머신)
전기·전자기기 (5종)	전기 세탁기, 전기 탈수기, 전기 냉장고, 전자 레인지, 텔레비전 수상기

그림 2.4 검정 대상 기기

며, 향후 계속하여 확대될 전망이다. (그림 2.4)

2.5 규제치 및 측정방법

EMI는 전자기기 동작중에 발생하는 불요 전자파를 말하는데, 전달되는 형태에 의해 통상 2가지로 구분하며, 이에 따른 측정방법과 검출과 사용되는 기기나 기구도 다르다.

전자파 전도노이즈와 전자파 방사노이즈 측정으로 구분하며, 일반적으로 주파수 30MHz를 기준으로 하여, 이 이상이 되면 도체를 따라 전도되기 보다는 공간으로 방사되기 쉽다는 이유 때문에 구분되며, SMPS에서는 방사노이즈 보다는 대부분 전자파 전도노이즈가 문제점으로 되고 있다.

2.5.1 전자파 전도노이즈

전도노이즈라 함은 30MHz 이하 주파수에서 도체 즉, 전원선을 통하여 전파/전도되는 불요전자파를 말한다.

이에 대한 규제는 각 국가 규격마다 주파수와 규제치가 약간씩 차이가 있으나 기본적인 평가방법은 같다. 그림 2.5에는 각 규격의 전도 규제치를 나타내었다.

측정은 외부노이즈에 의해서 영향을 받지 않도록 일반적으로 전자파 차폐실(Shielding Room) 내에서 실시하며, 이는 기기 동작중에 전원선을 통해 전도되는 전자파노이즈를 측정하기 위해 LISN(Line Impedance Stabilization Network : 전원선 임피던스 안정화 회로망)이 사용되며, 그림 2.6에는 국내 규격

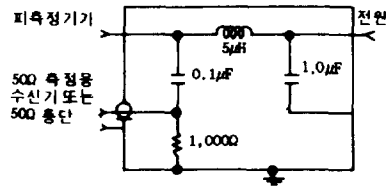


그림 2.6 LISN의 예

및 FCC 규격에서 사용되는 LISN의 예를 나타내었다.

2.5.2 전자파 방사노이즈

방사노이즈란 전자기기 동작중에 도체 즉 LINE을 따라 이동하지 않고 공간으로 방사되는 불요전자파를 총칭한다. 방사노이즈는 전계 노이즈 성분과 자계 노이즈로 구분될 수 있으나, 일반적으로 전계노이즈 성분을 많이 규제하고 있다.

방사노이즈 규제 주파수 범위는 일반적으로 30MHz~1000MHz로 되어 있으나, 최근 각 국가의 추세는 규제 주파수 대역을 넓혀가고 있다. 이 규제치는 전도노이즈와 같이 각 국가마다 약간의 차이가 있으며, 그림 2.7에 각 국가의 방사노이즈 규제치를 나타내었다.

전자파 방사 노이즈는 기기의 내부에서 발생한 불요전파가 기기의 몸체 또는 각종 연결케이블로 부터 자유공간으로 방사되는 노이즈를 측정하는 것으로, 규정된 거리의 지점에 설치한 측정용 안테나를 이용, Pick-Up해서 측정한다. 이런 전계 강도 측정을 실시하기 위한 기본 측정장은 야외시험장(Open

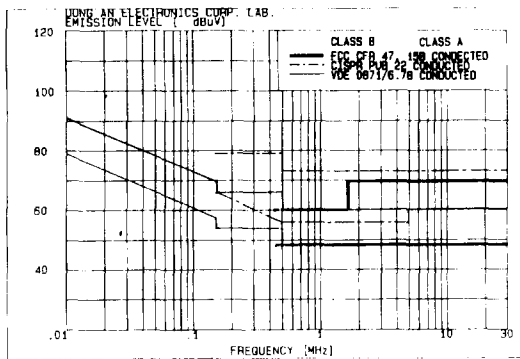


그림 2.5 각 규격의 전도노이즈 규제치

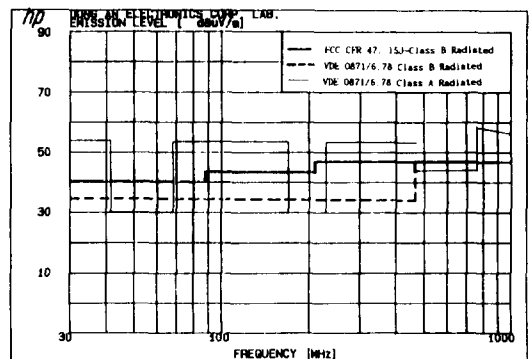


그림 2.7 각 규격의 방사노이즈 규제치

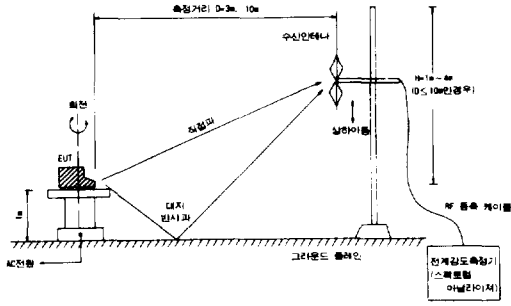


그림 2.8 전자파 방사노이즈 측정을 위한 배치도

Test Site)이 사용된다. 그림 2.8은 방사노이즈 측정 원리를 나타낸 배치도로서 측정할 대상제품(컴퓨터, SMPS 등)을 올려놓고 360도 회전이 가능한 Turn-Table과 최대 전계위치를 찾기위해 수신 안테나의 높이를 변화 할 수 있는 Antenna-Mast가 함께 필요하다.

3. SMPS의 노이즈 발생

3.1 개요

일반적인 전기 전자회로에 있어서는 다소의 노이즈가 항상 발생하고 있는데, 특히 SMPS의 경우는 전류나 전압이 크게 변화함을 인하여 노이즈 성분도 비교적 크게 나타난다. 스위칭 과형이 구형과 형태이므로 기본파 성분 이외에 많은 고조파 성분을 포함하고 있으며, 특히 3차와 5차 고조파가 주요인이다.

이밖에 큰 전류를 스위칭 함으로 인해 과도현상으로 노이즈 전압이 발생한다. 이것이 코일에 발생하는 역 전압으로 전류의 변화속도 di/dt 에 비례한다.

$$V_n = -L \frac{di}{dt}$$

또한, 이 노이즈 전압 V_n 은 특히 스위칭 TR이 Off시, 회로의 임피던스가 높을수록 큰 값이 된다.

실제 설계에 있어서 배선이나 프린트 기판 패턴 형태에 의한 "L"도 있을 수 있기 때문에, 최단거리 배선 패턴 형태로 하는 것이 노이즈 감소를 위한 중요한 포인트가 된다. (그림 3.1)

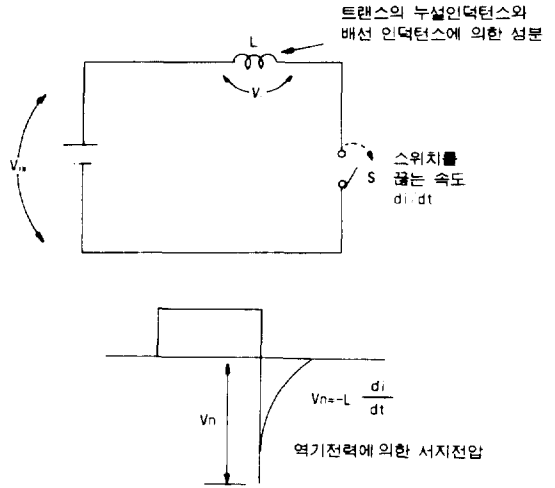


그림 3.1 과도현상에서의 노이즈 전압

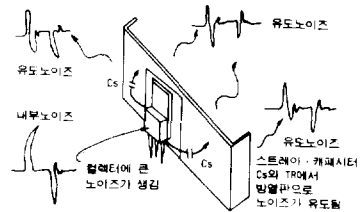


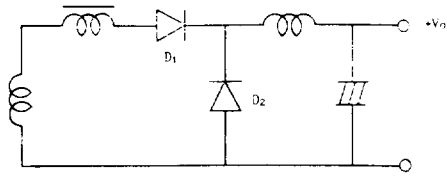
그림 3.2 스위칭 TR의 각종 노이즈

3.2 스위칭 TR에서 발생 노이즈

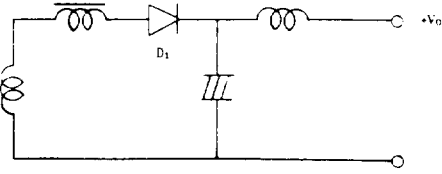
스위칭 레귤레이터에 사용되는 TR은 손실을 줄이기 위하여 고속으로 스위칭을 해야하며, 이와 동시에 발생 노이즈 전압도 di/dt 에 비례한다. 따라서 스위칭 속도가 빨라질수록 노이즈 전압도 커지게된다.

일반적으로 스위칭 TR의 컬렉터측에서 큰 전압과형(노이즈 전압포함)이 스위칭됨으로 인해 파워 TR의 컬렉터가 금속케이스 또는 금속체로 되어 있으며, 따라서 온도상승을 억제키 위해서는 이 금속체를 방열판에 접합해 사용해야 한다. 이로인하여 컬렉터 전극에 노이즈를 포함한 전압이 방열판으로 넘어가 이 방열판이 넓은 면적을 가지고 있으므로 방사의 원인이 된다. (그림 3.2)

3.3 2차측 정류 DIODE 발생노이즈



(a) 포워드 방식



(b) 콘덴서 방식

그림 3.3 포워드방식(a)와 콘덴서 입력형(b) 회로

회로방식에 따라 다르지만 스위칭 레귤레이터에서 가장 큰 노이즈원은 2차측의 정류 DIODE이다. 통상 DIODE는 역회복시간 T_{rr} 이 있다. 예를들면 그림 3.3의 (a)와 같은 포워드 컨버터에 있어서 TR이 On된 순간에 D_2 의 t_{rr} 에 의해 단락전류 i_s 가 흐른다. (b)와 같이 콘덴서 입력형의 경우에는 출력전압에서 전극이 클램프됨으로서 노이즈의 발생량이 적게된다.

3.4 출력 Trans나 Choike Coil에서의 노이즈

출력트랜스에서 발생하는 노이즈는 주로 RCC 방식에서 많이 일어나는데 이것은 권선의 인덕턴스를 갭에 의해 조정하고 있으므로 인해 갭 주변에서 그림 3.4와 같이 누설플럭스가 발생한다. 이것이 주변에 있는 금속내에서 노이즈 성분의 과전류가 되고 있다. 포워드 컨버터 등에서는 2차측 정류회로의 쇼크 코일에도 큰 갭을 설정하고 있지만 이것은 자속의 변화폭이 작기 때문에 트랜스와 비교해 누설 플

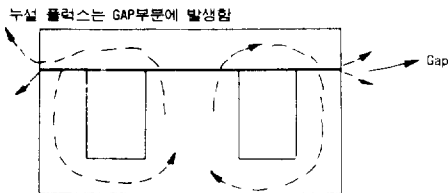


그림 3.4 출력트랜스의 누설 플럭스

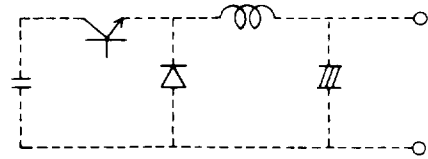
럭스가 그다지 많지는 않다. (그림 3.4)

3.5 노이즈전류 경로

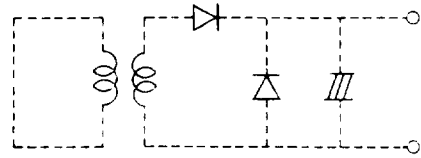
노이즈 발생의 요인이 되는 주된 부품은 스위칭 TR, 2차측 정류 DIODE, 출력트랜스 및 쇼크코일 등의 3부분이다. 그러나 실제로는 이러한 부품뿐만 아니라 노이즈 성분을 포함한 전류가 흐르는 경로의 대부분이 외부로 노이즈 방사된다. 그림 3.5는 대표적 회로방식에 있어서의 노이즈 전류가 흐르는 경로를 나타낸 것이며, 이것은 대개 입력측 콘덴서에서부터 출력측 정류평활용 콘덴서까지 주회로 전류가 흐르는 배선 경로가 된다. 따라서 패턴 설계시 점선 패턴은 굵고 짧게 구성하는 것이 좋다.

3.6 SMPS에서 노이즈 발생형태 및 원인요약

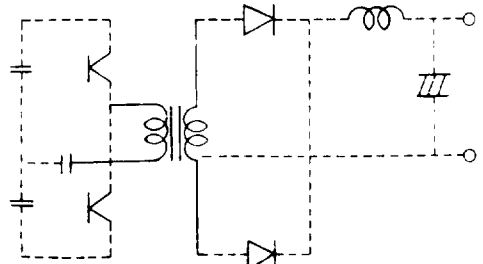
실제 SMPS에서 발생하는 EMI 노이즈 형태에 따



(a) 쇼크 방식



(b) 포워드 콘버터 방식



(c) 하프 브릿지 방식

그림 3.5 각 회로 방식의 노이즈 전류

표 1. SMPS에서 노이즈 발생 형태 및 원인

형 태	발 생 원 인
스위칭 주파수의 체재로 피크치가 나타남	스위칭 주파수 및 그의 고조파 성분에 의한것
450KHz~1MHz 사이의 광대역 노이즈	정류다이오드의 ON OFF에 의하여 발생되는 NOISE
450KHz~5MHz 사이의 스위칭 주파수 성분 및 광대역 노이즈 성분	스위칭소자 및 이들과 방열판 사이의 스트레이 캐패시턴스에 의한 발생 노이즈
전대역에 걸친 일정한 Level로 증가하는 노이즈	스위칭 Trans에 의한 Noise로 코아 갭사이의 누설 플럭스로 인하여 발생 출력트랜스포머에서 발생되는 Noise로 역시 코아 갭 주변의 누설 플럭스에 의하여 나타남
나타나는 주파수가 일정치않은 노이즈	P.C.B 패턴 불량에 의하여 발생되는 Noise

라 그 발생원인을 분석하여 요약하면 표 1과 같다.

4. 노이즈 대책기술 적용

스위칭 전원에서 노이즈 발생 원인으로는 상용전원의 정류 파형으로부터 기인하는 것과 스위칭 파형으로부터 기인하는 것이 있다. 이것 외에도 많은 발

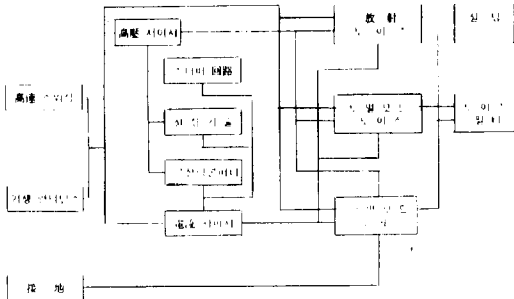


그림 4.1 노이즈 발생 원인 및 대책기술

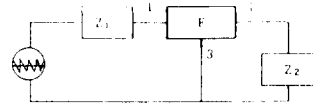
생원인 및 경로가 있어 매우 복잡하다 할 수 있다. 노이즈 발생 원인과 대책기술의 다이어그램을 그림 4.1에 나타낸다.

4.1 LINE FILTER 적용과 대책기술

Line Filter는 주로 전도노이즈에 대하여 유효하게 작용한다. 그러나 실장방법 및 각 파라메타에 따라 효과가 크게 변화하므로 이를 유의해야한다.

노이즈 필터의 실질적인 기능은 전원장치와 같은 어떠한 System에서 발생되어 외부 라인을 통하여 나오는 노이즈를 저지하고, 또한 외부에서 발생되어 System내부 라인을 통하여 들어오는 노이즈를 저지하는 역할을 한다. 스위칭 전원은 동작 원리상 내부에서 고주파 노이즈를 발생하고, 그 일부가 입력전원을 통하여 외부로 나가도록 되어 있다. 이에 노이즈 필터를 스위칭전원의 앞단에 장착하므로써 노이즈 레벨을 감소시킬 수 있게한다.

코일과 콘덴서의 조합에 의한 노이즈 필터 회로는 여러가지가 있지만, 최적의 회로 구성은 노이즈원 및 부하의 임피던스 크기에 따라 변화할 수 있는 것



구 성 회 로	방 지 효 과
	$Z_1 < \omega L, Z_2 < \omega C$: 효과 최대
	$Z_1 Z_2 > 1 / \omega C$: 효과 최대
	$Z_1 : \text{大}, Z_2 : \text{小}$
	$Z_1 : \text{小}, Z_2 : \text{大}$
	$Z_1, Z_2 : \text{小}$
	$Z_1, Z_2 : \text{大}$

그림 4.2 최적 필터 회로

이 좋으며, 이에 따른 최적필터 회로는 그림 4.2에 나타낸다.

4.2 어스 인덕터

라인 필터로 대책을 하여도 10MHz 이상의 고주파 대역에서는 약간의 노이즈도 제거되지 않는 경우가 있다. 이런 경우에는 Ground-Loop에 인덕터를 삽입해서 그라운드 루프의 임피던스를 높임으로써 커먼모드 노이즈를 감소시키는 효과가 있는 경우가 있다. 그림 4.3에서와 같은 위치에 어스인덕터를 넣는 것이 보통이다. 인덕터 값은 수 100 μ H 정도인데, 값에 따라서는 10MHz 이하에서는 반대로 노이즈가 증가하는 경우도 있으므로, 실험에 의해 값을 정할 필요가 있다. Core로 사용하는 자성 재료는 고주파 특성이 좋은 Ferrite가 적당하다.

4.3 출력측 Common-Mode Choke Coil

그림 4.4에서와 같이 Common-Mode 노이즈 전류에는 DC 출력측으로부터 흘러 그라운드로 들어가는

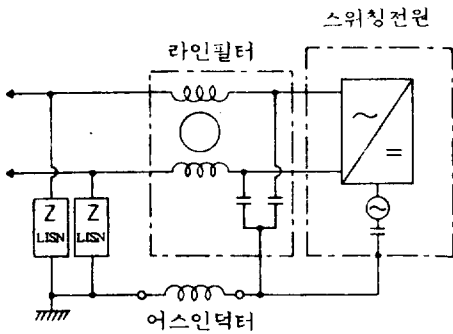


그림 4.3 어스 인덕터 사용 예

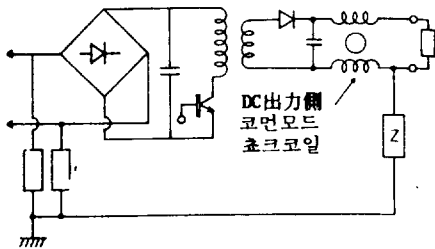


그림 4.4 Common-Mode Choke Coil 적용 예

는 하나의 루프로 구성될 수도 있다.

따라서 이 DC 출력회로에 인덕터를 삽입함으로써 임피던스를 높여 코먼모드 노이즈 전류를 감소시킬 수 있으며 이 인덕터는 Common-Mode Choke Coil 이어야 한다.

싱글 초크는 DC 출력 전압에 Common-Mode 전류에 의해 발생하는 노이즈 전압이 중첩되는 경우가 있기 때문에 Common-Mode Choke를 써서 부하측에서 볼 때 전압이 상쇄되게 하여야 한다. 그러나 실제 사용에 있어서는 DC 출력전류에 의해 Common-Mode Choke가 발열하기 때문에 여유있는 정격의 것을 쓸 필요가 있다.

4.4 스위칭 소자에 대한 대책

구성 부품중에서 가장 큰 노이즈 발생 원으로는 2차측 정류 다이오드를 들 수 있다고 했다.

다이오드의 역 회복 시간 대 기간의 단락 전류가 큰 노이즈 원인이 되기 때문이며, t_{rr} 을 짧게하면 할수록 단락 전류의 발생량도 적게 됨으로서 고속의 다이오드를 사용하는 것이 유리하다고 할 수 있다.

그러나 단지 t_{rr} 을 짧게 하는 것으로는 노이즈 감소의 완전한 대책이 될 수 없으며, 이것은 그 다이

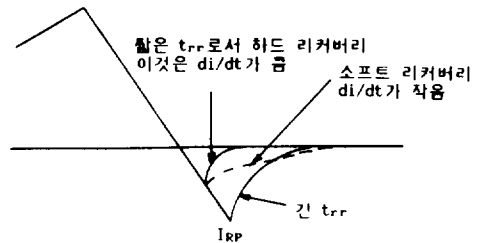


그림 4.5 전류의 변화차

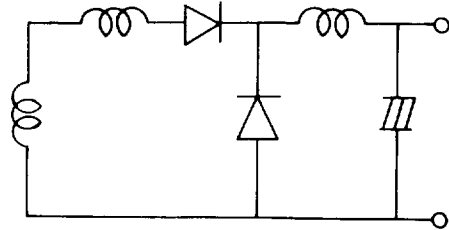


그림 4.6 직렬 리액터 삽입

오드의 특성도 문제가 되기 때문이다.

또한 전류의 감소 di/dt 가 회로의 인덕턴스분 등에 의해 결정되지만 그림 4.5와 같이 I_{RP} 에서 0으로 돌아가는 전류의 변화율이 중요하다. 이것은 완만한 즉, 역회복시간 특성 di/dt 가 적으므로 해서 당연히 노이즈 전압도 작아지게 된다. 따라서 단자 대 수치만으로 판단하는 것은 안된다.

그러나 2차측 정류 다이오드는 어떤 형태로든지 t_{rr} 이 "0"으로 되지 않음으로 인하여 단락 전류가 발생한다.

여기서 그림 4.6과 같은 형태로 다이오드에 직렬로 리액터를 삽입하여 transient를 제한하는 방법이 유효하다.

그러나 이 리액터는 전기적 인덕턴스를 가지고 있음으로 해서 전압 강하가 생기는 현상이 발생한다. 따라서 t_{rr} 기간만 인덕턴스를 가지고 그 후에는 자기포화를 일으키는 가포화리액터를 사용하는 것이 좋다.

이러한 2차측 정류 다이오드나 스위칭 소자에서 발생하는 노이즈는 각각의 적극간에 C와 R을 그림 4.7과 같이 연결하므로서 서어지 노이즈를 억제하는 효과를 얻을 수 있다.

이것은 발생 노이즈를 흡수하는 것 같지만, 스위칭 소자가 Turn off하는 순간에 콜렉터 전류가 d_i/d_t 로 강하하고, 이때 배선등의 인덕턴스 분에서 역기전력이 발생하며 이 값은 스위치가 off될 때 임피던스에 비례한다.

따라서 스위칭 소자에 CR이 접속되어 있으면 과도 임피던스에서 C는 높은 노이즈 전압을 발생하지 않도록 동작하게 된다.

또 이 C-R의 시정수에서 전압의 상승을 dV_{CE}/d_t 도 억제할 수 있음으로 인하여 적절한 제어가 가능해

진다.

이 리액터를 이용한 대책은 스위칭 소자 뿐만 아니라 2차측 정류 다이오드에서도 마찬가지로 전류 임펄스 성분을 억제하는 효과가 있다.

4.5 수동소자에 대한 대책

앞에서 언급한 바와 같이 수동소자중에서는 출력 트랜스와 코일 등이 가장 큰 노이즈 발생원이라 하였다.

방사노이즈는 내부 노이즈가 자속이나 전자파로서 직접 대기로 나가는 것으로서 RCC방식에 의한 회로의 출력 트랜스에서 발생하는 누설플럭스나, 스위칭 소자를 부착한 방열판 등이 주원인이 된다.

이 성분의 노이즈 강도는 거리의 제곱에 반비례하여 약화되는 경향을 가지고 있다. 따라서 노이즈 영향을 받기 쉬운 회로 부품은 발생원으로부터 되도록 멀리 배치하는 것이 중요한 대책의 일환이다.

일반적으로 전원부분을 금속케이스로 둘러싸는 실드가 효과적이지만 이것은 열의 흐름을 악화시켜 내부의 온도상승을 크게 하는 경우를 초래한다.

그림 4.8(a)는 트랜스 갭 주변에 동판 실드 링을 한 것인데, 이것은 누설플럭스가 동판내에서 과 전류로 되어 외부로 누설되지 않는 형태로 만들기 위한 것이다.

RCC방식에 사용되는 갭 부착 트랜스는 그림 4.8(b)와 같이 EE코어의 중앙부에 갭을 부착한 센터 갭 방식을 많이 사용하고 있다. 이 방식은 갭으로부터 발생한 누설 플럭스가 그 위에 감겨 있는 코일 내에서 과 전류가 되어 외부로 누설되지 않는 형태가 된다.

큰 감쇄는 없지만, 이것으로부터 원인이 되어 구

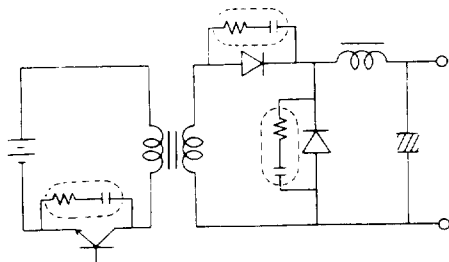
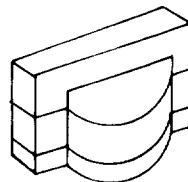
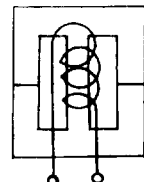


그림 4.7 R-C Absorber 회로



(a) 트랜스의 실드링.



(b) 센터갭 트랜스

그림 4.8 트랜스 노이즈 대책 방법

성 부품에 미치는 영향은 현저하고 스위칭 펄스에 많은 감쇄의 원인을 제공한다.

4.6 접지 방법에 의한 노이즈 대책

전자기기의 내부 그라운드에는 시그널 그라운드 (Signal ground : SG)와 프레임 그라운드 (Frame ground : FG)로 구분된다.

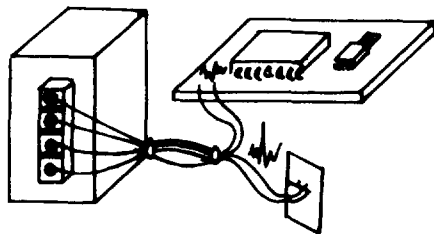
SG는 전류를 귀환 시키기 위한 그라운드로서 전류를 흐르게 하는 그라운드이다. 이것은 합체 반사의 원인이 되고 또 외부 전자계에 대해 감수성이 높아 노이즈 흡수의 원인이 되기도 한다.

따라서 SG와 FG의 완전한 분리는 정전기 장애와 다른 문제들을 유기하는 것과 불안정 동작 등을 방지할 수 있다.

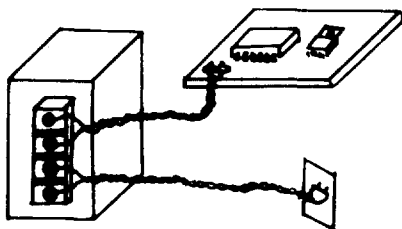
이러한 점을 충분히 고려한 후에 대책 기술을 적용하도록 한다.

4.7 배선 분리에 의한 노이즈 대책

최근 전자기기에서 대두되고 있는 노이즈의 대부분은 기본적으로 배선 및 부품 배치설계에서 오는 경우가 상당히 많기 때문에 고도의 설계기술을 필요



(a) 미분리 배선



(b) 분리 배선

그림 4.9 전원선과 출력선호선의 분리

로 한다.

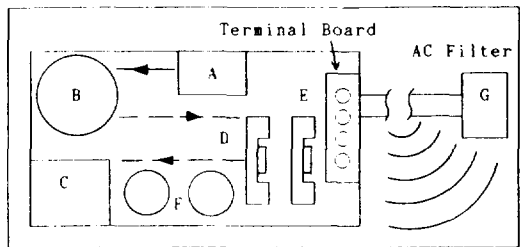
이러한 설계의 기본적인 방법으로는 그림 4.9(b)와 같이 전원선의 입력선과 출력선을 확실히 분리해야 한다.

이것은 전원의 입력선이 노이즈 침입경로인 경우가 많고, 때문에 그림 4.9(a)와 같이 입력선과 출력선을 묶는다는지 접근하여 배선하면 고주파영역에서 전원의 입출력이 결합하여 출력에 노이즈가 유도된다.

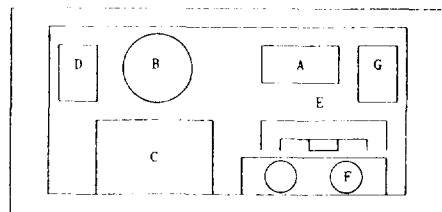
또한 전원의 출력측에 노이즈 발생원이 존재할 경우도 있으며 그때는 입력선에 노이즈가 유도되어 같은 입력라인에 접속되어 있는 다른 전자기기에 영향을 준다. 따라서 전원의 입력선과 출력선을 분리하여 배선하고 배선을 트위스트로 하는 것이 요구된다. 그것이 곤란할 경우에는 실드등으로 전자적으로 분리가 필요하다.

4.8 부품의 상호 배치에 의한 노이즈 대책

가장 큰 노이즈원이라 할 수 있는 스위칭 회로는 스위칭 소자와 캐피터저항 그리고 프리휠링 다이오



(a) 루프가 큰 설계



- A : 1차 정류 다이오드 B : Capacitor
- C : Transformer D : Switch
- E : 2차 정류 다이오드 F : Out put Filter
- F : AC Filter

(b) 최적 루프 설계

그림 4.10 부품 실장도의 예

드 등의 루프를 최소화하는 문제가 부품배치에서 상당한 노이즈 저감효과를 가져온다.

그림 4.10은 노이즈 발생원의 루프를 의식하여 설계의 경우를 나타내었다.

루프를 최소화한 경우는 주파수 5MHz에서 30MHz부근에서 노이즈가 약 0~2dB 정도의 극히 미미한 저감효과가 있다.

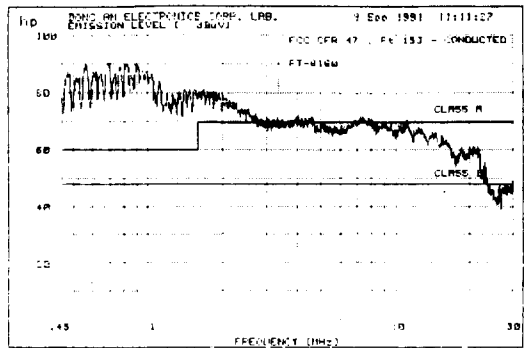
유기 인덕턴스 성분과 유기 정전용량에 의한 노이즈 성분은 모든 전자기기에서 상당한 문제점으로 대두되고 있으며, 유기 성분 노이즈는 일반적으로 10MHz대역 이상의 고주파영역에 존재한다.

따라서 회로구성 소자의 데이터 라인을 비롯하여 배치 문제, System에 실장하는 방법적인 문제에서는 주로 유기성분 노이즈가 존재하고 있다.

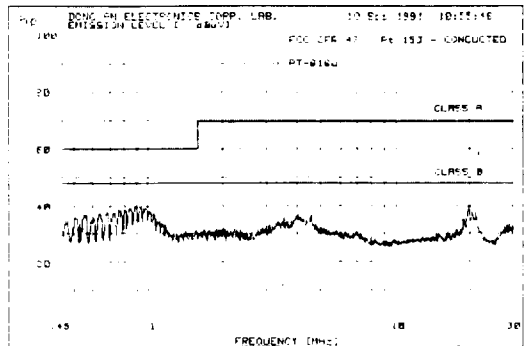
4.9 발생원인에 따른 대책기술 요약

발생원에 따른 대책기술을 요약하면 표 2와 같다.

RCC 방식의 150W급 정보기기용 시작품 SMPS에 대한 대책 결과 그림 4.11에 나타난 노이즈 레벨에 서와 같이 대책전 초기 상태에서 주파수 0.45MHz ~30MHz 범위에서 약 90dBuV 수준이었으나 최종 대책 후에는 같은 주파수 범위에서 40dBuV 이하로 FCC 규격 및 국내 규격에 만족하는 수준으로 상당



(a) 초기상태의 노이즈 레벨



(b) 최종 대책후의 노이즈 레벨

그림 4.11 시작품에 대한 대책 전·후의 노이즈 레벨 비교

발생원	대책	효과
스위칭 주파수에 의한 노이즈	Line Filter 사용	전체적인 Level 저하
정류다이오드의 ON OFF시의 발생 노이즈	다이오드 바로 전단에 Bypass Capacitor 삽입	노이즈 제거효과 현저
스위칭 소자 및 방열판 사이의 스트레이 캐패시턴스에 의한 노이즈	스위칭 소자 선택시 필요이상의 고속 스위칭 및 대용량 사용배제 및 부품선정에 유의 방열판과 스위칭 소자 사이에 절연 물질을 삽입해서 스트레이 캐패시턴스를 최소화함	전반적인 노이즈 감소효과
스위칭 및 출력 트랜스 코어갭의 누설플럭스로 인하여 발생하는 노이즈	스위칭 및 출력트랜스의 실드 및 실드부위 접지 최적 접지점의 선정 2차 측 접지	2~3dB 정도의 Level 감소 효과
PCB 패턴에 의하여 발생하는 노이즈	入出力 분리철저, 접지 패턴확대, 최단·최적 접지점 설정	적절한 설계시 효과가 있다.

한 노이즈 감쇄가 있는 것을 확인할 수 있다.

5. 맺음말

이상에서 EMI 노이즈의 개요 및 각종 규격에 대하여 간략하게 설명하였고, 실제 SMPS에서 측정되는 EMI 노이즈원을 분석하였으며, 또한 분석된 노이즈 발생원에 대한 대책 방법을 기술하였다.

SMPS 기술 발전 뿐만이 아니라 미래 정보/통신 산업사회에서 EMI 노이즈 문제는 기술발전을 저해하는 큰 복병으로 등장하고 있으므로 이에 대한 사전 연구가 시급한 실정이다. 또한 제품 설계자는 사전 그 제품에 적용되어야 하는 각종 EMI 규격 및 예상노이즈 특성을 사전에 파악하여 설계초기 단계에서 대책을 실시하므로써 EMI 대책을 위한 원가 상승 및 납기 지연을 최소화 할 수 있으리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] HUGH O. NASA, JR, FRANCIS M. WELLS, "Power Systems Disturbances and Considerations for power conditioning" IEEE TRANS. Vol. IA-21, 1985.
- [2] A.Ambrozy 著, 高木 相 外 1人, "電子ノイズ" 啓學出版, 1987. 8.
- [3] 電氣書院 編輯部, "ノイズ防止の作戦" 電氣書院, 1988. 5.
- [4] 岡村 夫 著, "情-ノイズ・メカニズム" CQ出版社, 1989. 6.
- [5] 김영래, "전자파 노이즈의 측정과 대책" 電子部品, 1990. 12.
- [6] 이효운, "전도 노이즈 대책을 위한 라인 필터 활용예" 電子部品, 1991. 8.
- [7] 이호영, "SMPS 전원선에서의 노이즈 대책" 電子部品, 1991. 4.
- [8] 戸川治朗, "スイチング電源のノイズ對策" CQ出版社, 1990. 7.



황상열(黃祥烈)

1933년 2월5일생
 1958년 한양대 공대 전기공학과 졸업
 1965년 한양대 산업대학원 졸업(석사)
 1958~1979 동양정밀공업 상무이사

1979~1981 동양특수기공(주) 대표이사
 현재 (주)동안전자 대표이사 겸 부설 연구소장



김영래(金榮來)

1960년 7월6일생
 1986년 국민대 공대 전자공학과 졸업
 1986년 (주)인켈 연구소 연구원
 현재 (주)동안전자 부설연구소 EMI

대책실장