

## SMPS의 기본원리와 SMPS의 시험

張 德 圭

(株) 東亞電機 電源研究所

### I. 서 론

전자기기의 소형화, 경량화 추세에 따라 SMPS (switching mode power supply: 스위칭 전원)의 사용이 늘어나고 있다. SMPS는 전원장치의 일종으로 직류 및 교류 입력으로 원하는 직류 및 교류 출력을 얻을 수 있다.

교류 입력을 교류 출력으로 변환하는 방식을 싸이클로 컨버터, 교류 입력을 직류 출력으로 변환하는 방식을 정류기, 직류 입력을 교류 출력으로 변환하는 방식을 인버터, 직류입력을 직류 출력으로 변환하는 방식을 통칭 컨버터라 한다. 그리고 UPS(uninterruptable power supply)는 SMPS의 일종으로 입력이 잠시동안 가해지지 않아도 내부 콘덴서 및 축전지에 저장된 에너지를 사용하여 출력을 공급하는 장치이다.

전원장치는 성능면에서 크게 안정화 전원과 비안정화 전원 두가지로 구분되며, 비안정화 전원은 부하변동에 대해 출력전류가 변하는 것이고 이에 반해 부하변동에 관계없이 일정한 출력전압, 출력전류를 공급하는 장치를 안정화전원이라 한다. 일반적으로 안정화 전원이란 직류 안정화 전원을 지칭하며, 부하변동에 관계없이 전압을 공급하는 것을 정전압 전원, 부하변동에 관계없이 전류를 공급하는 것을 정전류 전원이라 한다. 대부분의 경우 직류 안정화 전원은 정전압 전원이다.

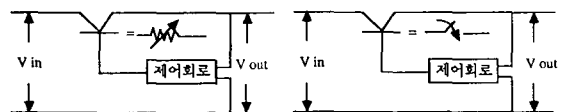
SMPS가 전원방식의 일원으로 등장한 것은 수십 년 전까지 거슬러 올라갈 수 있으나, 실질적인 산업화와 실용화는 70년대 이후 스위칭 소자의 진보에 의해 정착되었다고 할 수 있다. 현재 컴퓨터, OA, FA, 전자교환기, 가전기기등 거의 모든 전자산업 전반에 SMPS가 적용되고, 또한 SMPS로 전환되는 추세이다.

한편 SMPS의 시험은 SMPS 사양에 있는 시험 항목을 정확히 이해하고 그 규격에 맞는 사양을 적용시켜, 시스템 및 부하에 필요로 하는 SMPS를 선정하기 위해서 필수적인 요소이다.

본고는 여러 종류의 SMPS 중 직류 입력에 대해 출력도 직류인 컨버터에 대해서 논하기로 한다. 먼저 SMPS에 개념, 기본동작원리, 기본지식을 소개하고, 또한 SMPS에 관련된 시험항목과 방법을 간단하게 설명한다. 그리고 SMPS에 관련된 국내 기술동향과 앞으로 발전될 기술동향을 소개하기로 하겠다. 마지막으로 현장 실무자가 필수적으로 이해하여야 하는 SMPS 시험기술 항목과 특징을 간단히 나열하겠다.

### II. SMPS의 기본 동작원리 및 종류

부하에서 필요로 하는 전압은 주스위칭 소자 연속적으로 제어하는 직렬 정전압 방식(series regulator)과 단속적으로 제어하는 방식(SMPS)으로 구분된다. 70년대 이전에는 직렬 정전압 방식이 주종을 이루었으나, 소형, 경량 그리고 고효율화를 실현한 SMPS가 점차로 일반화되고 있다. 먼저 종래에 사용되던 직렬 정전압과 각 SMPS의 특성을 비교하여 보기로 한다.



(a) Series regulator 방식 (b) Switching regulator 방식

그림 1. Series regulator와 SMPS와의 등가적 비교

위 그림 1의 (a) 직렬 정전압방식(series regulator)에서는 주제어 소자를 전압 감쇄기로 사용함으로써 출력에서 필요로 하는 전압 이외에는 모두 트랜지스터에서 열로 소모하여 출력측에서 원하는 전압을 얻는다. 따라서 주제어소자인 트랜지스터에서의 전력 소모로 인하여 효율이 저하되며, 또한 열을 방출하기 위한 장치가 필요하여 크기가 커지며 무거워 진다. 그러나 그림 1의 (b) SMPS의 경우는 출력에서 필요로 하는 전압이 듀티(듀티는 on시간/사이클시간, 일명 시비율)에 의해서 결정되며, 출력전압의 크기에 따라 펄스폭이 변화(일명 PWM방식)된다. 즉 출력전압이 높으면 듀티를 좁게하고 출력전압이 낮으면 듀티를 넓게하여 일정한 출력전압을 얻게 된다.

SMPS는 고주파로 스위칭하여 트랜스와 콘덴서 크기가 작아지므로 직렬 정전압 방식에 비해 소형화가 가능하다. 직렬 정전압과 SMPS의 특성을 표1에 나타냈다.

표 1. 직렬 정전압과 SMPS와의 특성 비교

항 목	직렬 정전압	스위칭 전원방식
효율	낮다. (30%~70%)	높다. (60%~90%)
크기, 무게	크다. (리액터, 방열판이 스위칭 전원방식에 상대적으로 크다)	작다. (직렬 정전압 방식보다 크기가 작다)
회로구성	간단하다. (제어부분이 간단)	복잡하다. (제어부분이 복잡)
안정도	안정하다. (0.001%~0.1%)	비교적 떨어진다. (0.1%~5%)
입력전압범위	좁다. (범위가 넓어지면 방열판이 커야 한다)	넓다. (승압, 강압이 모두 가능)
리플	작다. (0.1mV~10mV)	크다. (10mV~200mV)
신뢰성	부품수가 적으며 비교적 높은 온도상승에 따라 떨어진다.	부품수가 많고 전반적으로 떨어지거나 점차 개선중
불요복사	없다. (주 스위칭소자가 저항으로 동작)	있다. 킬터 및 차폐로 대처
실정도	떨어진다. (방열판의 부피 및 중량이 큼)	높다. (부품 소형화 가능)
용 도	고정도 전원장치, 실험실용, 소용량 전원, 무선기기용	적류의 입력전압에 대해 승압, 강압, 반전이 가능하므로 산업용 전반에 사용. 통신기기, 전자교환기

1. 비절연형

비절연형은 입력과 출력간에 절연이 되지 않는 방식으로 4가지의 응용 형태가 사용되고 있다. 즉 강압형, 승압형, 승강압형, 세로 리플형으로 나누어지며, 스위칭 소자, 인덕터, 다이오드의 결합방법에 따라서 다음과 같이 구분된다.

\*강압형 : 입력측 전압보다 출력측 전압이 낮은 경우에 사용된다.

\*승압형 : 입력측 전압보다 출력측 전압이 높은 경우에 사용된다.

\*승강압형 : 입력측 전압보다 크거나 작은 출력전압을 모두 얻을 수 있으며 출력측 극성이 입력측 극성과 반대로 얻을 수 있다.

\*세로 리플형 : 입출력간의 리플을 거의 0으로 할 수 있으며 승압이 가능하다.

위 4가지 방식은 가격이 낮고 회로가 간단하지만, 입출력간에 절연이 되지 않고 다중 출력을 구성할 수 없으므로 비교적 소용량에 적합하다. 각 방식의 기본 동작원리는 다음과 같다.

1) 강압형

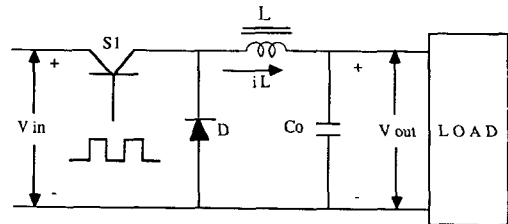


그림 2. 강압형 기본 회로도

스위치  $S_1$ 이 on일 경우 전류  $i_L$ 은 인덕터 L을 통하여 흐르며, 이때 다이오드 D는 비동작 상태로 있다.  $S_1$ 이 off일 경우 L의 극성이 반전되어, D를 통해  $i_L$ 이 부하측에 공급된다. 여기서 D는 free-wheeling 또는 flywheel 다이오드라고도 한다.

$S_1$ 이 on인 경우에 L에 인가되는 전압은  $(V_{IN}-V_0)$ 이고,  $S_1$ 이 off인 경우에 D를 도통하여 L에 인가되는 전압은  $-V_0$ 이 된다.  $S_1$ 이 on, off를 반복할 때 인덕터 L 전류가 연속적으로 동작하여, 이때 각 전류의 변화량이  $\Delta I_L = (V_{IN}-V_0) \times T_{ON}/L$  ( $S_1$ : on),  $\Delta I_L = (V_0 \times T_{OFF})/L$  ( $S_1$ : off)가 된다. 이상적으로 L이 포화가 되지 않기 위해 각각의 전류 변화량이 같아야 하므로  $(V_{IN}-V_0) \times T_{ON}/L = (V_0 \times T_{OFF})/L$ 에서 부하에 필요로 하는 출력측 전압  $V_0$ 는  $V_0 = D \times V_{IN}(V)$ 로 표시할 수 있다.

$$[D = T_{ON}/T \text{ (duty ratio=시비율)}$$

$$T = 1/\text{스위칭 주파수}]$$

2) 승압형

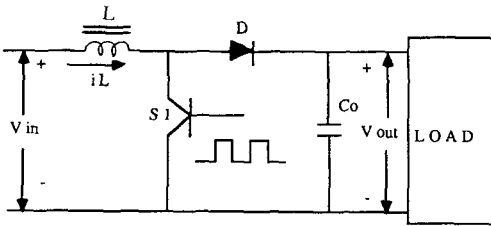


그림 3. 승압형 기본 회로도

스위치  $S_1$ 이 on 되면  $V_{IN}$ , L, 트랜지스터가 폐회로를 구성하므로(이때 트랜지스터가  $V_{CE}$ 가  $D_F$ 의 순방향 전압강하( $V_F$ )와 콘덴서에 걸리는  $V_c$ 보다 낮게 되므로 다이오드 D는 역방향 상태) 인덕터 L에 충전전류가 흐른다.

충전전류  $i_L$ 는  $i_L = (V_{IN} \times T_{ON}) / L$ 이 되며,  $S_1$ 이 off 되면 D를 통해서 축적된 에너지가 출력측에 공급되며  $S_1$ 이 on일 때 L에 인가되는 전압은  $V_{IN}$ 이고,  $S_1$ 이 off일 때  $(V_o - V_{IN})$ 이 된다.  $S_1$ 이 on일 때  $\Delta I_L = (V_{IN} \times T_{ON}) / L$ ,  $S_1$ 이 off일 때  $\Delta I_L = (V_o - V_{IN}) \times T_{OFF} / L$ 이 되고, 이때 전류의 변화율은 같아야 하므로  $V_{IN} \times T_{ON} / L = (V_o - V_{IN}) \times T_{OFF} / L$ 이 된다. 그리고 부하측에서 필요로 하는 출력측 전압은  $V_o = (1/1-D) \times V_{IN}$  (V)로 표시된다.

3) 승강압형

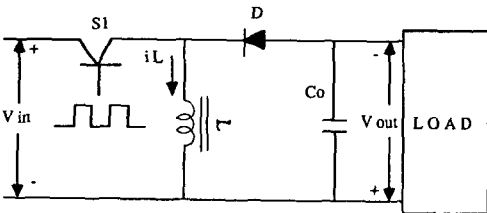


그림 4. 승강압형 기본 회로도

$S_1$ 이 on을 하면 D는 역방향이 되며 전원  $V_{IN}$ , S, L이 폐회로를 구성하게 되므로  $i_L = (V_{IN} \times T_{ON}) / L$  (A)이 L에 흐른다.

$S_1$ 이 off 되면 축적되어 있는 에너지  $W_L$ 이 D를 통해 출력측에 부극성 상태로 전달되며, 부하와 콘덴서  $C_o$ 에 의해 전류가 접지(GND)에서 흘러 나오는 형태가 되어 부하에 유기되는 출력전압은 입력측과는 반대의 극성을 갖는다.

인덕턴스가 연속적인 경우를 생각하면  $S_1$ 이 on일 경우 L에 인가되는 전압은  $V_{IN}$ 이 되고,  $S_1$ 이 off인 경우 L에 인가되는 전압은  $-V_o$ 이 된다. 또한 각 전류의 변화량이 같아야 하므로  $\Delta I_L = V_{IN} \times T_{ON} / L$  ( $S_1$ : on),  $(-V_o \times T_{OFF}) / L$  ( $S_1$ : off)이 된다. 부하측에서 필요로 하는 출력측 전압은  $V_o = \{-D / (1-D)\} \times V_{IN}$  ( $D = T_{ON} / T$ )로 표시한다.

4) 제로 리플형

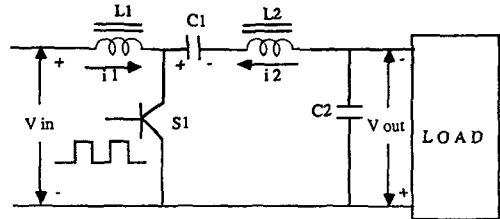


그림 5. 제로 리플형 기본 회로도

다단 접속회로의 일종으로  $L_1, L_2$ , 계수의 선정에 따라 1차전류 또는 2차전류의 리플을 0으로 할 수 있다. 그러나  $L_1, L_2$ 의 코아선정과 인덕터의 미세한 값에 따라 요구되는 리플을 0으로 하는데 어려운 점이 많다. 현재 여러 방면으로 실험을 통하여 연구중이다. 이 회로에서 필요로 하는 부하측의 전압은  $V_o = (D/D') \times V_{IN}$  (V)이다.

2. 절연형

절연형은 위에서 설명한 4가지의 비절연형을 응용한 형태이다. 즉 트랜스의 1차와 2차를 절연하고 또한 듀티를 제어하기 위한 계환을 포토커플러등으로 하여 전원의 입력측과 출력측이 절연되도록 한다.

이 방식에서는 2차측에 여러개의 권선을 감아 상호간에 절연된 다중 출력을 용이하게 얻을 수 있다. 대부분 SMPS가 아래 방식의 절연형으로 사용되고 있으며, 각 방식별 특성을 비교하면 표2와 같다.

1) 포워드 방식 (forward)

다음 회로에서  $S_1$ 이 on일 경우, 1차측 전류가 흐르며 2차측 전류가  $D_1$ 을 통해서 공급되어 전력이 2차로 전송된다.  $S_1$ 이 off일 경우  $D_2$ 가 on되어 코일 L에 축적된 에너지를 콘덴서( $C_o$ ) 또는 부하로 전달하게 된다. 이 회로에서  $V_o / V_{IN} = (N_2 / N_1) \times T_{ON} / T$ 이 되며 부하에서 필요로 하는 출력전압은  $V_o = (N_2 / N_1) \times D \times$

표 2. 각 방식별 특징

방식	장점	단점
플라이백	<ul style="list-style-type: none"> <li>출력 필터가 없어도 된다.</li> <li>왜루브가 안정</li> <li>별도의 리세트회로가 불필요</li> <li>회로가 간단</li> <li>다출력에 최적</li> <li>출력측에 1개 다이오드만 필요</li> <li>응답특성이 빠르다</li> <li>구성가격이 저렴</li> <li>고신압 다출력에 유리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>출력 리플이 크다</li> <li>다이오드, 주 스위칭소자에 큰 피크 전류가 흐른다.</li> <li>트랜스 이용율이 저하</li> <li>소용량용</li> </ul>
보워드	<ul style="list-style-type: none"> <li>1개의 주스위칭 소자로 가능</li> <li>다출력이 가능</li> <li>출력 리플이 작다</li> <li>드라이브 회로가 간단</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>트랜스 이용율이 낮다</li> <li>플라이백에 비해 가격이 증가</li> <li>다중출력시 경부하에 전압 안정도가 나쁘다</li> </ul>
푸쉬풀	<ul style="list-style-type: none"> <li>대용량에 적합</li> <li>트랜스 이용율이 높다</li> <li>낮은 입력전압에 유리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>스위칭 소자의 내압이 높아야 함.</li> <li>린자가 일어날 가능성이 있다</li> </ul>
하프 브리지	<ul style="list-style-type: none"> <li>트랜스 이용율이 높다</li> <li>스위칭 소자에 걸리는 전압이 입력전압과 동일</li> <li>대용량에 적합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>리플 특성이 요구된다</li> </ul>
풀 브리지	<ul style="list-style-type: none"> <li>스위칭 소자에 걸리는 전압이 입력 전압과 동일</li> <li>트랜스 이용율이 높다</li> <li>입력전압이 높고 출력전압이 클때 (KW급) 최적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4개의 스위칭 소자가 필요</li> <li>구성 가격이 높다</li> <li>드라이브 회로가 복잡</li> </ul>

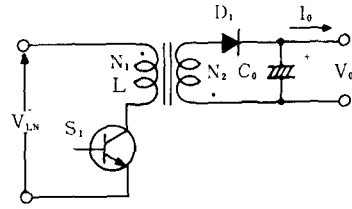


그림 7. 플라이백 방식 기본 회로도

된다. 부하측에서 필요로 하는 출력측 전압  $V_o = [R_L / 2L_P]^{1/2} \times T_{ON} \times V_{IN} / (T)^{1/2}$  (V) 로 된다.

3) 푸쉬풀 방식 (push-pull)

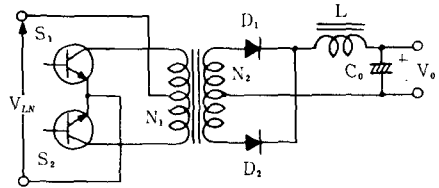


그림 8. 푸쉬풀 방식 기본 회로도

위 회로에서  $S_1, S_2$ 가 교대로 스위칭하여 2차측으로 전달되며 두개의 포워드 방식과 같은 동작을 한다. 부하측에서 필요로하는 출력전압은  $V_o = (N_2 \times T_{ON} \times V_{IN}) / (N_1 \times T)$  (V) 이 된다.

(포워드 방식과 출력전압이 동일)

4) 하프 브리지 방식 (half-bridge)

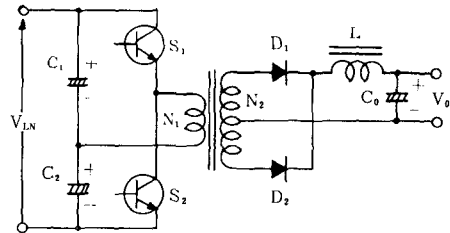


그림 9. 하프 브리지 방식 기본 회로도

두개의 스위칭 소자  $S_1, S_2$ 와 두개의 콘덴서 ( $C_1, C_2$ )를 이용하여 브리지 형태가 된다.  $C_1, C_2$ 에는  $1/2 V_{IN}$  전압이 인가되면  $S_1$ 이 on,  $S_2$ 가 off될 때  $C_2$ 를 통

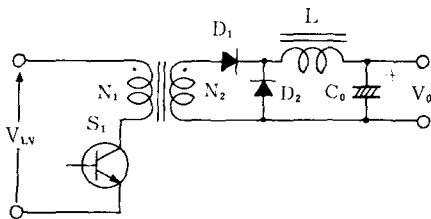


그림 6. 포워드 방식 기본회로도

$V_{IN}$ 이 된다.

( $N_1$ : 1차측 권선수,  $N_2$ : 2차측 권선수)

2) 플라이백 방식 (flyback)

$S_1$ 이 on되어 전류가 흐르면 2차측의  $D_1$ 에 의해 역극성 방향 상태가 되므로 트랜스에 자기에너지 형태로 남게 된다. 그리고  $S_1$ 이 off되면 2차측의 극성이 반전되어 트랜스에 있던 자기에너지가 2차측으로 전달

해 트랜스로 에너지가 축적, 방전을 교대로 하면서 2차측으로 전력이 전달된다. 이와 반대로  $S_1$ 이 off,  $S_2$ 가 on될 때  $C_1, S_2$ , 트랜스에 축적, 방전이 반복되면서 2차측으로 전력이 전달된다. 이때 부하측에서 필요로 하는 전압  $V_o = (N_2 \times T_{on} \times V_{in}) / (2N_1 \times T)$  (V)으로 표시된다.

5) 풀 브리지 방식 (full-bridge)

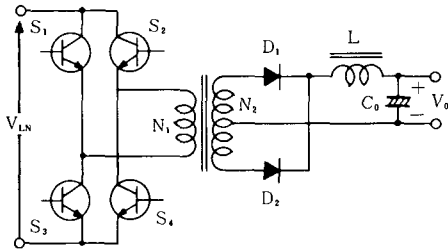


그림 10. 풀 브리지 방식 기본 회로도

트랜지스터에 의해 브리지형태로 구성되며, 하프 브리지형태가 소출력용이라면 풀 브리지 방식은 대출력에 적합한 형태이다.

$S_1, S_4$ 와  $S_2, S_3$ 가 교대로 동작하므로써 하프 브리지에서와 같이 동작하며 부하측에서 필요로 하는 출력전압은  $V_o = (N_2 \times T_{on} \times V_{in}) / (N_1 \times T)$  (V) 된다.

III. SMPS의 구성

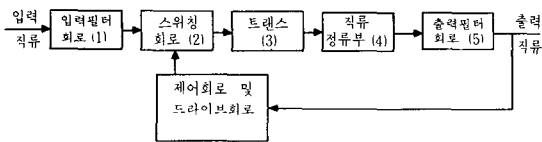


그림 11. SMPS의 구성도

위 그림 11에 따라 전반적으로 간단하게 동작을 소개하고자 한다. 입력측에 전원이 인가되면 입력 전원의 외부잡음을 감쇄시켜 SMPS의 오동작 및 다른 기기에 영향을 방지하기 위해 입력측의 필터를 연결한다. 또한 soft-start 회로를 구성하여 돌입전류를 억제하고, 다이오드 및 퓨즈를 연결하여 과전류 및 역극성 보호회로를 구성한다.

인가된 전원이 트랜스와 주스위칭 소자와 직렬로

연결되어 주스위칭 소자가 스위칭 주파수의 듀티에 의해서 on/off를 반복하는데, 이때 1차측의 트랜스에 에너지 축적 및 방전을 교대로 하여 2차측 트랜스로 전력이 전달된다. 2차측으로 전달된 전력은 정류회로를 통해 직류전원을 얻게되고, L, C의 출력필터회로를 거쳐 안정된 직류 전원을 얻는다.

제어회로에는 출력측의 전압으로 on/off의 듀티를 제어하여 일정한 출력전압을 얻으며, SMPS의 내부를 보호하는 기능이 있다. 그러면 각 구성별로 간단하게 열거하기로 하겠다.

1. 입력 필터 회로

입력 필터회로는 전원라인에 침입하는 외부노이즈 또는 전원장치 내부에서 발생하는 내부노이즈를 감쇄시켜 내부회로나 출력측에 접속되는 기기의 오동작을 방지한다. 그리고 스위칭전원에서 발생하는 전도노이즈 또는 복사노이즈를 저감시켜 다른 기기에 전자방해를 주지 않도록 한다.

전도노이즈와 복사노이즈를 저감시키기 위해 입력단에 1단 혹은 2단에 걸친 필터 회로를 구성하는데 필터 사용부품은 쇼크 코일과 콘덴서이다.

2. 스위칭 회로

DC/DC 변환을 위해 주스위칭 소자(TR, F.E.T)를 구동시킨다. 즉 제어 회로에서 펄스를 인가하여 주스위칭 소자가 동작하도록 설계한다. 현재 주스위칭 소자는 TR보다 F.E.T가 주로 사용된다. 이때 F.E.T를 선정시에 유의할 사항으로 온 시간의 손실을 작게 억제하도록 하기 위해 turn on 저항  $R_{DS(on)}$ 이 작아야 하며, F.E.T는 구조상 각 전극간에 기생용량이 존재하므로 고속으로 스위칭하기 위해 정전용량이 작아야 한다. 또한 스위칭 전원에서는 2배의 전원전압에 스파이크전압을 드레인과 소스간에 가해지므로 내압이 커야 한다.

3. 트랜스

스위칭 소자가 on, off함으로써 트랜스에 축적에너지, 방전에너지가 교대로 인가되어 2차측에 전달된다 권선수에 의해서 출력측의 전압이 결정되며 전류의 크기에 따라서 코일의 굵기가 결정되는데 트랜스는 전원장치의 효율에 많은 영향을 미치므로 설계시에 철손 및 동손을 최소화 하도록 코아의 크기, 코일의 권선수, 굵기가 고려되어야 한다.

4. DC 정류부

DC/DC 정류부에서는 2차측으로 전달된 전력(구

형파)으로부터 직류전원을 얻기 위해 다이오드를 통하여 정류시킨다.

다이오드는 SBD(Schottky barrier diode), FRD(fast recovery diode) 등 2종류가 있으나 대부분 1차측에는 FRD를 사용하고 2차측에는 SBD를 사용하고 있다. SBD는  $V_f$ (순방향 전압강하)가 작고, 역회복시간이 빠르지만 FRD에 비해 내압이 약하며 또한 FRD에 비해 역방향 전압이 약하다.

### 5. 출력 필터회로

DC 정류부를 통하여 얻어진 불안정한 직류전원을 L(인덕터), C(콘덴서)의 필터를 통하여 안정된 직류전원을 얻는다. 인덕터는 코어가 포화 되지 않도록 설계되어야 하며 콘덴서는 ESR(capactor의 내부 등가저항)이 적은 것을 사용하여야 한다. 그리고 ESR이 작은 콘덴서를 병렬로 여러개 실장을 하는것이 효과가 크다.

### 6. 제어회로 및 드라이브회로

SMPS의 제어방식은 펄스폭 제어방식과 주파수제어방식, 매그앰프 제어방식으로 구분할 수 있고, 이 3가지 방식중 현재 가장 많이 사용되는 것이 펄스폭(pulse width modulation=PWM) 제어방식이다. 전력의 손실을 최소화 하기 위해 주스위칭 소자(TR인 경우 base, F.E.T. 인 경우 gate)에 인가하는 on/off를 적절하게 할 수 있는 드라이브 회로가 설계되어야 한다. 대체로 F.E.T인 경우가 TR인 경우보다 간단하다.

제어회로는 원하는 출력전압을 안정하게 공급하기 위해 출력측의 전압을 감지하여 이에 따라 펄스폭을 변화시켜 안정된 출력 전압을 얻도록 한다. 또한 과전류, 과전압, 과열 보호등 SMPS를 보호하는 기능이 있다.

이상 SMPS의 가장 기본이 되는 회로의 종류와 예를 응용한 회로 및 SMPS를 구성하는 내부의 등가적 기능을 전반적으로 간단하게 설명하였다.

## IV. SMPS의 시험

SMPS의 제작은 직렬 정전압장치에 비해서 제조공정이 복잡함으로 전자기기 업체들이 자체 생산에서 벗어나 SMPS 생산업체로 납품을 요구하고 있다. 따라서 그 납품된 제품의 특성유무를 확인하기 위한 다양한 시험이 요구된다.

SMPS의 성능을 표시하는 기본 척도로서 다음과 같은 변수가 있다. 이러한 변수는 사용하고자 하는

기기에서 요구되는 전원의 신뢰성을 만족해야 하므로, 이에 대한 정의 및 측정방법을 설명하기로 하겠다.

### 1. 입력 회로시험

#### 1) 입력전압 안정화율(line regulation)

SMPS는 정격 입력전압에 대해 변동율이 규정되고 입력 전압의 변동 범위내에서 출력전압은 허용범위를 유지해야 되는데, 입력전압 안정화율은 입력전압의 변화에 따라 출력전압의 변동의 정도로 규정한다. 각 입력의 상한값과 하한값에서 출력측의 변동치를 측정하고 다음과 같은 식에 따라 구한다.

$$\text{입력전압 안정화율(\%)} = (\text{출력전압 변동분} \times 100) / \text{정격 출력전압}$$

#### 2) 과도입력 안정화율(transient line regulation)

입력측 전압의 급변시 출력전압의 안정화율을 규정한다. 이는 입력측의 전압이 순간적으로 급변시에 출력측 전압의 변동율로 안정상태를 확인하는 항목이다. 입력 급변장치로 입력치의 상한값과 하한값을 급변시키면서 출력측의 변동치를 측정하고 다음과 같은 식에 의해 변동율을 규정한다.

$$\text{과도입력 안정화율(\%)} = (\text{출력전압 변동분} \times 100) / \text{정격 출력전압}$$

#### 3) 입력측 리플

입력측으로 역류되어 나타나는 잡음성분을 규정하고 있으며 이는 입력측에 유기되는 노이즈의 크기를 측정한다.

#### 4) 누설전류

전원장치에서 유도되는 전류의 크기를 나타낸다. 이 값은 인체에 영향이 없도록 UL규격(이동용 전원장치는 0.5mA, 고정용 전원장치는 0.75mA 이내)에 명시되어 있다. 직류전류계를 입력단의 한 단자와 케이스간에 연결 후 측정한다.

#### 5) 돌입전류 제한

입력이 순간적으로 인가될 때 많은 양의 전류가 흐르므로 전원장치에 손상을 줄 우려가 있다. 이러한 전원장치의 손상을 방지하기 위해 돌입전류의 규정이 있어야 하며 이러한 규정을 만족시키기 위해 대부분 soft-start 회로를 삽입시키고 있다.

#### 6) 역극성 입력전압 보호

입력측의 극성이 바뀔 경우에 전원장치의 손상이 가해지므로 신뢰성에 상당한 영향을 미치도록 이에 대한 보호 대책이 필요하다. SMPS에서는 입력측에 역극성 보호용 다이오드 또는 퓨즈를 연결하는 방법이 보통 사용되고 있다.

## 2. 출력 회로시험

### 1) 부하 안정화율(load regulation)

정격부하의 10%~100%의 범위내에서 출력측 전압의 변동율을 나타낸다. 이는 부하가 변화하였을 경우 부하측에 영향을 주지않는 범위내에 들어가야 한다.

측정방법은 부하가 각각 10%, 50%, 100% 상태에서 출력전압의 변동분을 측정하며 다음과 같은 식에 의해 산출한다. (다중 출력인 경우에도 같은 방법으로 실시한다.)

$$\text{부하 안정화율(\%)} = (\text{출력전압의 변동분} \times 100) / \text{정격 출력전압}$$

### 2) 과도부하 안정화율(transient load regulation)

출력측 부하의 급변시 출력측 전압의 안정율을 규정하며, 부하의 급변에 대해서 부하에 영향을 미치지 않는 범위내에 들어가야 한다.

측정방법은 부하를 어느 일정한 시간을 주기로 하여 10%~50%, 10%~100%, 50%~100%로 급변시켰을 때 출력전압의 변동분을 측정하여, 다음과 같은 식에 의해 산출한다.

$$\text{과도부하 안정화율(\%)} = (\text{출력전압의 변동분} \times 100) / \text{정격 출력전압}$$

### 3) 출력측 잡음전압(ripple, spike)

전원장치에 연결되는 전자기기의 오동작을 야기시키는 주원인중의 하나이며, 발생 원인은 입력전압의 리플성분과 스위칭으로 인한 고주파노이즈로 크게 구분된다.

측정장비와 측정지점 연결에 주의가 요구되며 보통 50ohm의 동축케이블(CISPR Publication 22의 9 절에 명시)를 사용하고, 리플과 스파이크를 구분해서 측정하여야 한다. 부하측에 안정된 전원을 공급하는 것은 SMPS로는 상당한 기술이 필요하므로 어느 일정한 규정에 리플과 스파이크를 제한한다.

### 4) 과전류 보호(over current)

출력측 부하전류가 정격치 이상으로 증가 또는 출력이 단락인 경우에 SMPS 내부에 소자들의 전류 정격을 넘어서게 되어 파손이 일어나는 것을 방지해야 한다.

대부분의 SMPS는 정격부하의 110%~130% 범위내에서 과전류 보호가 되도록 설계되어 있다.

### 5) 과전압 보호(over voltage)

출력측 정격치 이상으로 증가시 부하를 보호하는 기능으로, 보통 정격전압의 110%~130% 범위내에서 동작하도록 설계되어 있다. SMPS에서는 출력 전압

이 차단되어 부하를 보호하도록 하여야 한다.

### 6) Rising time

출력 전압이 정격의 10~90%까지 도달하는 시간을 말한다.

### 7) 경보기능

출력 전압이 규정된 전압범위를 벗어나거나 혹은 출력이 차단될 경우, 입력이 차단 또는 SMPS에 이상이 있을 시에 경보를 송출하여야 한다.

## 3. 기타

### 1) 효율(efficiency)

출력 전력 대 입력 전력의 비를 백분율로 표시한 것이다. 일반적으로 최대 부하와 정격 입력 조건에서 실시하며 SMPS에서의 효율은 보통 70%~90% 범위내에 있다.

$$\text{효율} = (\text{정격출력전압} \times \text{정격출력전류} \times 100) / (\text{정격입력전압} \times \text{입력전류})$$

### 2) 출력 유지 시간

입력 전압이 차단되는 순간부터 출력전압에 정상적인 상태를 유지하는 시간을 나타내며 전원장치에서는 shut down되는 시간동안 전원이 유지되어야 하며 필요한 시간동안 출력이 유지되어야 한다.

### 3) 과열 보호기능(over temperature)

시스템의 주위환경에 따라서 SMPS의 내부에 소자들의 동작온도가 다르게 되므로 SMPS의 소자 파손을 방지하기 위해 어느 일정한 온도 상승시 SMPS의 동작을 중지시키는 기능이 있어야 한다.

### 4) 절연저항

입력단자와 케이스, 출력단자와 케이스, 입출력 단자간의 절연저항을 측정하며 100 Mohm이상으로 규정되고 있다.

### 5) 내습성 시험

규정된 습도조건에서 비동작 상태로 방치한 후, 성능에 이상이 없어야 하며, 내습성에 관련된 규정에 따른다.

## V. 맺음말

SMPS는 스위칭 주파수에 비례하여 소형, 경량화 할 수 있기 때문에 주파수가 증가하는 추세이며, 스위칭 주파수를 상승함으로써 트랜스, 정류필터 L(인덕터), C(콘덴서)의 무게가 가벼워지며 크기가 작아지고 가격이 떨어지는등 여러가지 장점이 있다. 그러나 주파수가 높아지면, 노이즈가 발생할 수 있으며 회로방식, 스위칭용 반도체소자, 평활 콘덴서, 자성재료

실장기술, 제어회로등을 고려해야 한다.


현재 국내에서는 스위칭 주파수가 200KHz~500KHz까지 실용화되고 있으며 국외, 특히 일본에서는 스위칭 주파수가 MHz단위까지 상용화되고 있다. 그 예로 공진형 컨버터라는 새로운 SMPS가 연구개발 중이며 또한 실용화되고 있는 실정이다. 국내에서도 공진형 컨버터의 중요성을 인식하여 학계에서도 활발한 연구가 진행중이며, 업체에서도 각종 연구논문이 나오고 있어 500KHz~수 MHz의 스위칭 주파수인 공진형 컨버터가 머지 않아 실용화될 것이다. 또한 SMPS의 시장요구에 맞는 소형화를 실현시키기 위해 사용부품의 표면 실장기술이 도입되어야 하며 생산규모에 맞게 자동실장율을 높여야 할 것이다.

한편 SMPS의 시험기술로서 앞에서 열거한 시험항목들은 부하, 스코프 및 치구의 모듈로서 수작업에 의존하고 있으므로 정확성과 신뢰성이 떨어진다. 그리고 많은 시간을 필요로 하는 비효율성 때문에 개발, 생산 또는 품질관리, 검사에 있어 그 특성을 보다 정밀하게 시험, 검사, 시뮬레이션할 수 있는 자동검

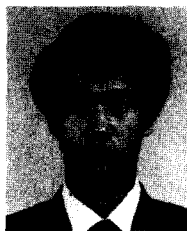
사장비(ATE)의 도입으로 보다 효율적인 성능검사가 이루어져야 할 것이다.

정보산업의 발달에 따라 SMPS는 고효율화 뿐만 아니라 사용부품의 고성능화에 의해서 경량, 소형화로 발전하는 추세이며, 이와 관련된 기기들에 있어서 필수 불가결한 스위칭 전원의 수요는 더욱 늘어날 것으로 예측된다.

### 參 考 文 獻

- [ 1 ] Semiconductor Power Electronics, Van Nostrand Reinhold Company Inc., pp. 97-102, 1986.
- [ 2 ] Switching Regulator, 한국통신기술연구소, pp. 1-26, 1979.
- [ 3 ] Switching Regulator Technology, Japan Industry Engineering Center, pp. 3-5, 1985.
- [ 4 ] C.I.S.P.R. Publication 22, IEC, pp. 17-23, 1985. 

### 筆 者 紹 介



張 德 圭

1963年 2月 5日生

1988年 한양대학교 전기공학과 졸업

1988年~현재 (주)동아전기 전원연구소 연구원