

# 무부하 효율 향상을 위한 고밀도 어댑터 개발 동향

조규민, 임정규, 이동욱, 허태원, 이종달, 오동성

Samsung Electro-Mechanics 파워 개발팀

## Abstract

실제 대부분의 가정용 전자제품은 동작하는 시간보다는 상용전원에 연결된 채 사용하지 않는 대기시간이 더 많다. 그 결과, 기존에 연구가 집중된 최대부하 상태에서의 효율에서 무부하 상태에서의 대기전력으로 관심이 집중되고 있다. 본 논문에서는 현재 노트북 AC/DC 어댑터에 적용되고 있는 무부하 효율 향상 방법에 대해 간략히 살펴보고 현재 개발동향을 기술하였다.

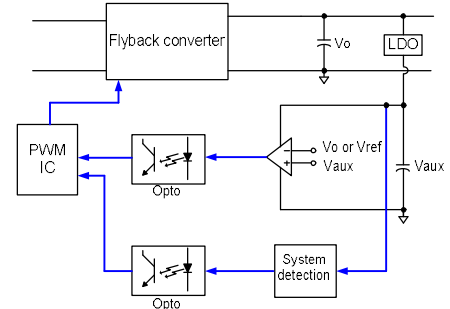
## 1. 서론

현재까지 가정용 전자제품의 전원장치는 발열 및 가격 문제로 인하여 최대 부하조건에서의 효율 향상에 집중되어 연구가 이루어져 왔다. 하지만 대부분의 가정용 전자제품의 경우 실제 동작하는 시간보다 AC 플러그가 연결된 상태에서 동작하지 않는 무부하 상태로 놓여 있는 시간이 훨씬 길며, 이 때 발생하는 대기전력이 전체 평균 소비전력의 11% 에 다다를 정도로 매우 많다.[1] 실제 에너지 절약을 위해서는 사용하지 않는 전자제품의 전원 플러그를 뽑는 것이 가장 좋으나 실제 이는 소비자의 에너지 절약에 대한 의식 수준이나 실전력에 의해 좌우되기 때문에 일률적으로 규제를 가하기 힘들다. 따라서, Energy Star 에서는 모든 전자제품의 대기전력을 사용용도와 용량에 따라 규격을 정해놓고 관리를 하고 있다.[2],[3] 노트북용 AC/DC 어댑터의 경우, 업체별로 Energy Star 의 규격과는 별도로 더 높은 대기전력 스펙을 가지고 있으며 현재 대부분의 노트북 업체는 30mW 보다 낮은 대기전력을 요구하고 있다.

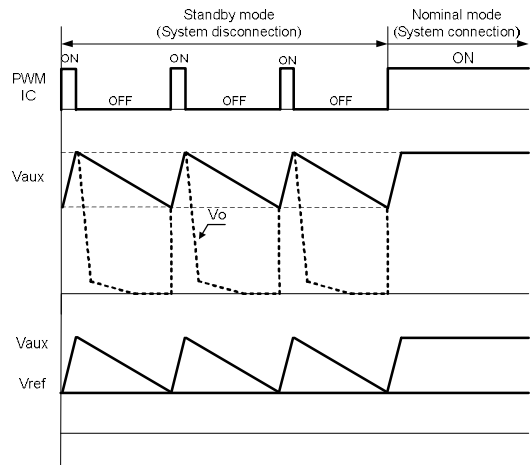
본 논문에서는 노트북 AC/DC 어댑터에서 무부하 효율 향상을 위한 기본 개념과 이를 만족시키기 위한 기술적 방법들에 대하여 살펴보고자 한다.

## 2. 무부하 효율 향상을 위한 기본 개념

그림 1은 노트북용 AC/DC 어댑터에서 사용중인 무부하 효율 향상을 위한 기본 개념 회로와 주요 파형을 보여준다. 우선 추가 전해 커패시터를 이용하여 출력 쪽에 보조전압을 만든다. 무부하 상태에서는 출력 전압을 유지시킬 필요가 없으므로 무부하 상태를 인식하면 일차측 제어기를 끄게 된다. 그 후, 그림 1(b) 에서 보여지듯이 보조 전원과 출력 전압을 비교하든지 혹은 보조 전원과 레퍼런스 전압을 비교하든지 하여 일차측 제어기를 ON/OFF 시켜준다. 이때, 보조전원을 이용하여 시스템 검출 회로를 항상 동작시켜 언제든지 시스템이 불으면 일차측 제어기를 켜 주어야 한다. 즉, 이차측 보조전원을 이용하여 통상 skip mode 라고 불리는 동작의 OFF time 을 수십 ms 에서 수백초로 매우 길게



(a)



(b)

그림 1. 무부하 향상을 위한 기본 개념도 및 파형  
(a) 개념도 (b) 주요 파형

테이블 1. X-cap 방전시간 규제(100nF 이상일 경우)

Standard	Standard Number	Test Voltage	Time	Discharge Voltage Limit	Note
ITE (Monitor, Note PC)	IEC/EN60950-1 UL60950-1 CSA60950-1	264V/ 60Hz	1sec	Decrease more than 37%	1)Test 10times. 2)Measure Live & Neutral 3)Measure at Vpk max and Vpk min
AV(TV)	UL6500 2nd edit. IEC60065 7th IEC60065 6th CSA E60065	264V/ 60Hz	2sec	35Vpeak AC or 60Vdc	
Medical	IEC60601-1 UL2601-1	264V/ 60Hz	1sec	60V	

만들어준다. 따라서 보조전원을 만드는 전해 커패시터의 용량에 따라 대기전력을 쉽게 조절할 수 있게 된다.

### 3. X-cap 방전저항 손실

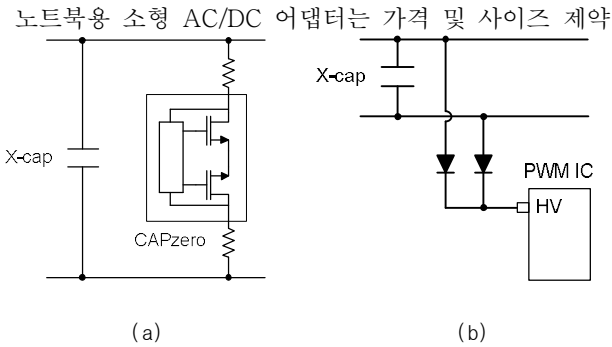


그림 2. X-cap 방전저항 손실을 줄이기 위한 방법  
(a) CAPzero (b) HV 단자 이용

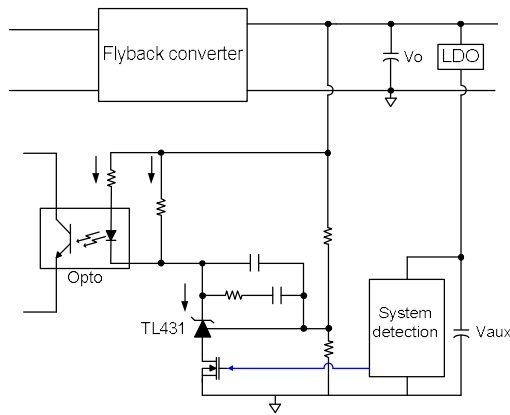


그림 3. 출력 전압 피드백 손실을 줄이기 위한 방법

으로 인하여 주로 L-C-L 로 구성된 패시브 역률 보상회로가 전단부에 존재하게 된다. 이 때, 효율 및 발열 문제로 인하여 대부분 공통/차동 모드 쇼크를 작게 사용하고 라이브와 뉴트럴 사이에 존재하는 X-cap 을 크게 설계하게 된다. 하지만 X-cap 의 값이 대부분 100nF 이상이 되어 아래 테이블 1에 보여지는 것처럼 방전시간에 대한 규제를 받게 된다. 그 결과 AC 전원을 제거하였을 때 X-cap 이 방전되도록 병렬로 방전 저항을 연결해 주어야 한다. 예를들면 X-cap 이 220nF 일 경우 커패시터 및 저항 오차를 고려하여 대략 4.5M 옴의 방전 저항을 연결해 주어야 한다. 이러한 X-cap 방전저항은 입력 240Vac 및 무부하 조건에서 12.8mW의 큰 대기전력을 유발하게 된다.

그림 2은 이러한 문제점을 해결하기 위한 2가지 방법을 보여준다. 그림 2(a) 는 CAPzero 라고 불리는 소자로서 AC 상용전원이 인가된 상태에서는 내부 스위치가 off 모드로 동작하고 AC 상용전원이 없는 경우에는 내부 스위치가 On 모드로 동작하여 X-cap 전압을 방전시켜준다. 실제적으로는 내부 스위치가 off 스위치가 되더라도 누설전류가 흐르기 때문에 5mW 정도의 손실이 발생하게 된다. 하지만 X-cap 의 용량과 상관없이 기존 회로에서 단순히 소자만을 변경하면 되기 때문에 높은 유연성을 가진다. 그림 2(b) 는 제어기의 HV 단자를 이용하여 X-cap 을 방전시켜주는 방식을 보여준다. 기존 Flyback Converter 제어기는 초기 스타트 시 HV 단자를 통하여 제어기 전원을 만들고 그 후 AC 전원을 모니터링

하면서 AC Brown-out 동작을 하였다. 이를 이용하여 AC 전원이 없어지게 되면 HV 단자를 이용하여 제어기 내부에서 X-cap 전압을 방전시켜주는 방식이다. 따라서 기존 X-cap 방전저항을 없앨 수 있기 때문에 CAPzero 에 비해 더 발전된 형태로 볼 수 있다.

### 4. 출력 전압 피드백 회로 손실

상용 노트북 AC/C 어댑터는 가격과 성능의 효율성으로 인하여 TL431 과 opto-coupler 를 이용하여 출력전압 정보를 일차측 제어기로 넘겨준다. 이러한 소자들은 바이어스 전류에 의하여 특성이 바뀔 수 있기 때문에 적절한 바이어스 전류가 항상 흐르도록 주변 회로를 설계하게 되며, 통상 정상동작에서 500uA~1mA 의 바이어스 전류가 흐르게 된다. 따라서 출력 전압과 보조전원의 전압을 비교한 대기전력 저감 기법을 사용할 경우, 출력 전압 피드백 회로의 바이어스 전류로 인하여 출력 전압이 빨리 떨어지게 되고 이는 짧은 OFF time 을 유발하여 무부하시 큰 대기전력을 유발하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 그림 3에서 보여지듯이 몇몇 제어기들은 보조전원 쪽에 비교기를 달거나 혹은 피드백 전압을 이용하여 무부하를 상황을 인식하게 되면 출력 전압 피드백 회로를 끊어주는 회로를 넣어준다.

### 5. 결론

본 논문에서는 노트북 AC/DC 어댑터의 무부하 효율 향상을 위한 기본 개념에 대해 살펴보고 가장 큰 요소로 동작하는 X-cap 방전저항 손실과 출력 피드백 회로 손실을 줄이기 위한 기술 동향에 대하여 알아보았다.

### 참고문헌

- [1] Intrusive Residential Stanby Service Repoert Department of Energy 2005
- [2] Energy Star Program, U.S. Environmental Protection Agency and the U.S. Department of Energy. Available: <http://www.energystar.gov>
- [3] Energy Star Program Requirements for Single Voltage External AC-DC and AC-AC Power Supplies, Version 2.0, Energy Star Program 2008.
- [4]