

노트북 컴퓨터 AC/DC 어댑터의 대기전력 저감기법

최성욱, 유병우, 이종달, 오동성
삼성전기 CDS사업부 Power개발팀

ABSTRACT

60W급 노트북 컴퓨터 AC/DC 어댑터의 대기전력을 저감하기 위한 기존 기법들을 살펴보고 0.1W미만의 입력 대기 전력을 만족하기 위한 새로운 초저전력 대기모드 동작기법을 제안하고 간략한 실험을 결과를 제시한다.

1. 서론

대기 전력이란 전자기기의 스위치가 꺼져 있거나 기본 동작을 수행하지 않을 때 소비하는 전력을 말한다. 전자기기 각각은 1W 미만의 매우 작은 전력을 소비하고 있지만 가정집에서 사용하는 전자기기가 평균 10가지가 넘으므로 이들 전자기기가 모두 대기모드 상태에 있다면 전력 소비가 무시하지 못할 수준이 된다. 이와 같은 대기전력 문제를 해결하기 위하여 세계 각국은 각각 자국의 대기전력 기준을 마련하고 기준을 준수하지 못하면 제품을 판매하지 못하도록 강제하고 있다[1].

노트북 컴퓨터 또한 이와 같은 강제 기준을 따라 제품 개발이 이루어지고 있는데 그 대표적인 것이 Energy Star 표준이다[2]. 그림 1은 대기 모드 시 노트북 컴퓨터 각 부품의 전력 소비를 나타내고 있다. 노트북 컴퓨터에 전원을 공급하고 있는 AC/DC 어댑터가 대기전력의 반 정도를 차지하는 것을 알 수 있다. 따라서 이를 규제하기 위하여 노트북 시스템과 별도로 AC/DC 어댑터에 대한 별도의 규격이 존재하고 있다[3]. 그림 2는 노트북 어댑터 출력 용량에 따른 최고 허용 대기 전력을 도시하고 있다.

노트북용 AC/DC 어댑터는 출력 용량에 따라 역률개선회로를 포함하는 2단 회로 구성 혹은 DC/DC 컨버터만이 존재하는 1단 회로로 구성된다[4]. 최근 시스템 설계 기술 및 배터리 성능 향상에 힘입어 노트북 컴퓨터의 전력 용량이 70W 미만으로 낮아지고 있기 때문에 본 논문에서는 AC/DC 어댑터의 구성을 역률개선회로가 포함되지 않는 1단 구성으로 한정한다. 그림 3은 일반적인 1단 구성 AC/DC 어댑터의 회로 블록도를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 1단 구성 AC/DC 어댑터는 EMI 필터단과 Bridge-diode 정류단, 그리고 Flyback converter로 구성되어 있다. EMI 필터단은 컨버터에서 발생하는 전자기 잡음을 효과적으로 감쇄하여 인체와 다른 전자기기에 영향을 미치지 않도록 설계되며 Bridge-diode 정류단은 AC전원으로부터 DC전압을 얻기 위한 가장 간단한 방식으로 알려져 있다. Flyback 컨버터는 Universal AC 입력 조건에서의 우수한 동작 특성과 간단한 회로 구조등의 장점을 가지고 있기 때문에 어댑터의 DC/DC 컨버터로서 널리 사용되고 있다. 노트북용 AC/DC 어댑터의 대기전력 저감기법들은 주로 EMI 필터단 회로 구성과 Flyback 컨버터의 동작 방식을 변형하므로써 소모 전력을 최소화 시키는 방식으로 개발이 진행되고 있다. 본 논문에서는 60W급 AC/DC 어댑터에 적합한 기존의 대기전력 저

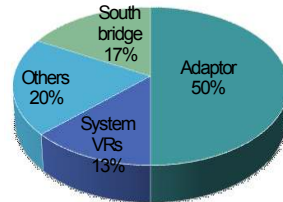


그림 1 대기 모드 시 노트북 컴퓨터 소비 전력
Fig. 1 System power breakdown under off condition in notebook

Nameplate Output Power (P_{no})	Maximum Power in No-Load (Ac-Dc)
0 to < 50 watts	≤ 0.3 watts
≥ 50 to ≤ 250 watts	≤ 0.5 watts

그림 2 노트북 어댑터 무부하 소비 전력 사양
Fig. 2 No load requirement for notebook adaptor

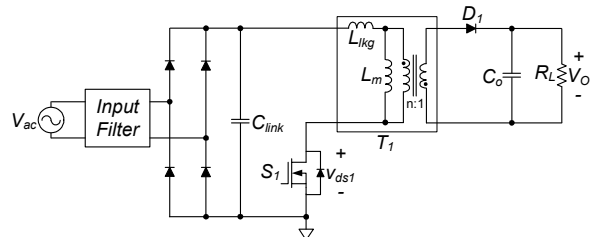


그림 3 60W급 AC/DC 어댑터 회로 블록도
Fig. 3 Circuit diagram of AC/DC adaptor with 60W rated output

감기법을 알아보고 20mW의 대기전력을 달성하기 위해 새롭게 제안하는 초저전력 대기모드 동작기법에 대해서 살펴보고 실험 결과를 간략하게 제시한다.

2. 기존의 대기전력 저감기법

2.1 EMI 필터단

EMI 필터단은 그림 4에 도시된 바와 같이 일반적으로 차동 모드(DM) 잡음을 제어하기 위한 X 캐패시터 및 DM 초크, 그리고 동상모드(CM) 잡음을 제어하기 위한 Y 캐패시터 및 CM 초크로 구성된다. 이중 X 캐패시터는 UL1950 및 IEC61010-1 규격을 만족하기 위하여 반드시 방전 저항 R_x 을 병렬로 가지고 있어야 하므로 대기 모드 시 방전 저항에 의한 소비 전력이 매우 크다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 Power Integrations사에서는 그림 5와 같이 저항 R_x 에 직렬로 연결되는 CAPZero라고 하는 소자를 개발하여 AC전원이 연결되어 있을 때는 병렬저항 R_x 을 개방 시켜서 저항에 의한 전력 소비를 없애고 AC전원이 떨어지면 병렬저항을 단락시켜 안전규격을 만족하도록 하고 있다[5]. 능동소자를 사용하여 X 캐패시터

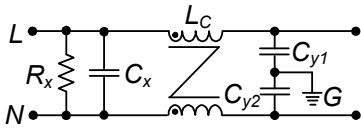


그림 4 EMI 필터의 일반적인 구조
Fig. 4 Block diagram of EMI input filter

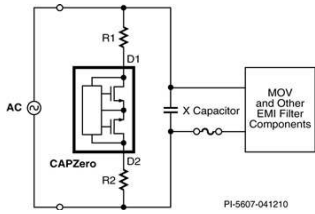


그림 5 CAPZero를 적용한 EMI 필터 회로도
Fig. 4 EMI input filter adopting CAPZero

병렬 저장에 의한 전력 손실을 없애는 방식으로서 간단하게 회로에 적용 가능 하지만 가격이 상승하고 가혹 조건에서의 안정성이 검증되지 않은 문제점을 안고 있다.

2.2 Flyback 컨버터

무부하시에는 Flyback 컨버터의 스위칭 손실에 의한 전력 손실이 대기전력의 큰 부분을 차지하고 있기 때문에 이를 저감하기 위하여 출력전압 유지를 위한 최소한의 전력만을 공급하도록 스위칭 횟수를 조절하는 방식이 AC/DC 어댑터에서 널리 사용되고 있다. 그림 6에 동작 방식에 따른 스위치 양단 전압 파형이 도시되어 있다. Skip 모드와 Burst 모드의 경우 출력 전압 제어 특성이 우수하지만 동작 주파수가 가청 주파수 범위에 있게 되므로 소음이 발생할 수 있다. 따라서 이를 개선하기 위하여 스위칭 펄스 신호를 그룹화 하여 Flyback 컨버터의 동작 주파수는 그대로 유지하면서 그룹 주파수 신호를 수 kHz 미만으로 유지하여 소음을 적절히 제어하면서 스위칭 손실을 최소화 하는 Burst 모드 방식이 제안되어 널리 사용되고 있다. 최근에는 경부하에서의 효율 향상을 목적으로 적용되는 주파수 Foldback 방식과 결합하여 Burst mode 동작 시 그룹 주파수는 수 kHz를 유지하면서 동시도 동작 주파수 또한 정상 동작시 60kHz 정도의 동작 주파수 대신에 20kHz 정도의 가청 주파수 바로 위에서 동작하는 방식이 적용되어 추가적인 대기전력 감소 효과를 얻을 수 있는 방식이 제안되었다[6]. 전체 회로의 변경없이 제어IC의 변경만으로 간단하게 구현 가능 하기 때문에 가격 부담없이 대기전력을 제한할 수 있는 장점이 있지만 앞에서 기술된 CAPZero 소자와 결합해도 0.1W 미만으로 대기전력을 감소시킬 수 없는 한계가 존재한다.

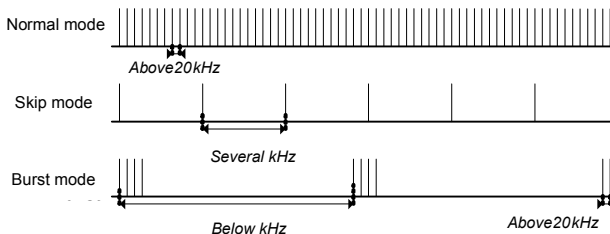


그림 6 스위칭 손실을 줄이기 위한 제어 방식들
Fig. 4 Control scheme for lowering switching loss

3. 초저전력 대기모드 동작기법

기존의 Burst mode는 대기모드 시 출력전압을 일정한 Ripple 범위 내에서 제어하도록 하고 있다. 하지만 대기모드 시에는 노트북 시스템이 동작하지 않고 있으므로 출력전압이 사양서상에 규정된 출력 전압 Ripple을 만족할 필요가 없다. 따라서 AC/DC 어댑터 자체에서 소모되는 누설 전력만을 고려하여 동작 시킨다면 입력전력을 획기적으로 감소시킬 수 있다. 그림 7은 이와 같은 개념을 적용하여 당사에서 개발한 AC/DC 어댑터의 대기모드 시 출력전압 파형이 도시되어 있다. 노트북이 연결되어 있지 않으면 약 42초 정도의 주기를 가지고 출력 전압을 정상 전압 범위로 충전하고 다시 출력전압이 5V까지 방전 될 때까지 어댑터 관련회로를 모두 정지시켜서 입력 소비 전력을 최소화 하는 기법으로서 약 23mW의 대기 전력을 보이는 AC/DC 어댑터를 개발할 수 있었다.

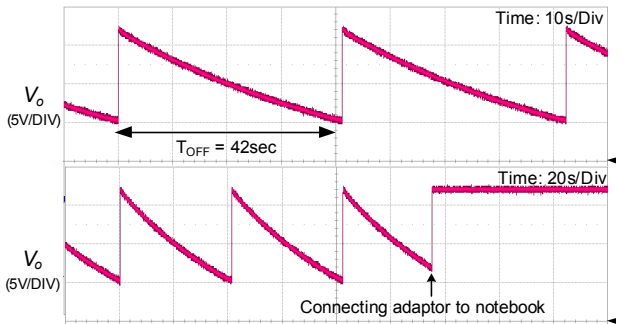


그림 7 초저전력 대기모드 회로 적용 시 출력전압 파형
Fig. 4 Output voltage waveform adopting ultra low power standby circuit

4. 결론

기존 대기전력 저감 기법들에 알아보고 그 한계점을 살펴본다. 이를 극복하기 위한 초저전력 대기 모드 동작 기법을 제안하고 실험결과를 간략히 제시하였다. 최종적으로는 대기전력을 영으로 할 수 있는 방법에 대한 연구가 지속되어야 하며 더불어 대기전력 저감기법에 경 부하 시 효율 개선기법을 결합하여 새로운 대기전력 저감기법을 연구할 필요가 있다.

참고 문헌

- [1] 구제길, "대기전력 저감정책과 개발방향," 2009 대한 전자공학회 학술대회, pp1270-1271, 2009.
- [2] Energy Star Program, U.S. Environmental Protection Agency and the U.S. Department of Energy. Available: <http://www.energystar.gov/index.cfm?c=home.index>
- [3] ENERGY STAR Program Requirements for Single Voltage External AC-DC and AC-AC Power Supplies, Version 2.0, Energy Star Program, 2008.
- [4] Y. Panov and M.M. Jovanovic, "Performance Evaluation of 70-W Two-Stage Adaptors for Notebook Computers," in Proc. IEEE PESC, pp. 1059-1065, 1999.
- [5] Power Integrations, Application Note AN-48 CAPZero-Family Design Considerations. Available: <http://www.powerint.com/en/products/capzero-family/capzero>
- [6] On Semiconductor, NCP1237 Fixed Frequency Current Mode Controller for Flyback Converters. Available: http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/NCP1237-D.PDF.