

경부하 효율 향상을 위한 고정 스위치 On-Time 제어

최규식, 현병철, 이승운, 조보형
서울대학교 전기·컴퓨터 공학부

Fixed On-Time Control Method for High Efficiency at Light-Load Condition

K.S. Choi, B.C. Hyeon, S.W. Lee, and B.H. Cho
Power Electronics System Laboratory, Seoul National Univ.

Abstract

본 논문에서는 대기 전력 상태에서의 효율 향상을 위한 고정 스위치 On-Time 제어 기법을 소개한다. 정격 부하에서 효율이 최적화된 제어 기법들은 경부하 조건에서 효율이 매우 저감된다는 한계가 있었다. 이를 해결하기 위해 Burst Mode와 같은 기법들이 연구되었으나 경부하 조건에서 여전히 효율이 크게 낮아진다는 한계가 있었다. 이를 해결하기 위해 제안된 방식을 150V 입력에 5V-3A에서 효율 최적화되도록 설계된 하드웨어 프로토타입을 이용해 경부하 조건에서 효율 향상을 실험적으로 검증하였다.

1. 서론

최근 들어 저탄소 녹색 성장을 골자로 하여 각종 전기기기 시장에 효율이 주요 이슈가 되고 있다. 이는 고유가 시대를 극복하고자 하는 정부의 노력과 고효율 전기기기가 가지는 장점에 대한 소비자들의 인식 개선 등이 맞물려 극대화 되고 있다. 이러한 추세는 비단 우리나라에 국한된 것이 아니라 유럽이나 미국 등에서도 큰 이슈가 되어서 현재 정격 동작 영역에서 80% 이상의 효율을 가지는 제품에 부여하는 80PLUS 등과 같은 전기기기에 대한 실질적인 규제가 생겨나고 있고 대기전력 상태에서도 손실을 1W 미만으로 제한하는 규제가 생겨났다.

그러나 정격 부하에서 최적 효율을 갖도록 설계된 시스템은 일반적으로 경부하에서 효율이 크게 낮아지기 때문에 기존의 방식만으로 이러한 규제를 만족시키기 위해서는 전력단의 소자를 손실이 적은 고성능 소자로 대체해야 하는 경우도 발생하고 있다.

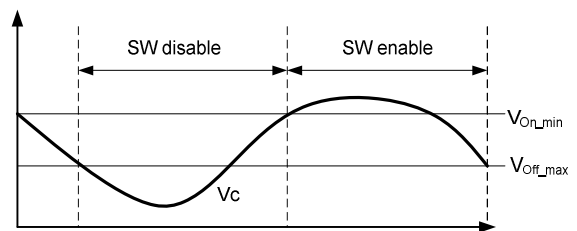
일반적으로 전기기기는 경부하 조건에서는 스위칭 손실이 주요하기 때문에 이를 줄이기 위한 선행 연구들이 있어왔다. 경부하 조건에서 스위칭 횟수를 줄이는 Burst mode 기법 [1]이나 Valley skipping 기법 [2] 등이 그 예이다. 그러나 이들 기법들을 도입해도 여전히 경부하 조건에서 스위칭 손실이 주요하다는 사실에는 변함이 없다. 이외에도 전력 변환단의 구조를 변경하여 효율을 향상시키는 방법[3]들도 있지만 이는 곧 가격 상승의 요인이 되고 기존 시스템을 사용할 수 없다는 단점이 있다. 때문에 제어 기법만을 변경하여 경부하 조건에서 스위칭 손실을 줄여 효율을 향상시켜주는 간단하지만

강력한 고정 스위칭 On-Time 제어 기법을 소개한다. 기존 경부하 효율 향상을 위한 방법들과의 비교를 위해 150V 입력, 5V-2A 출력에서 최적화되도록 설계된 하드웨어 프로토타입을 이용해 경부하 조건에서 효율 향상을 실험적으로 검증하였다.

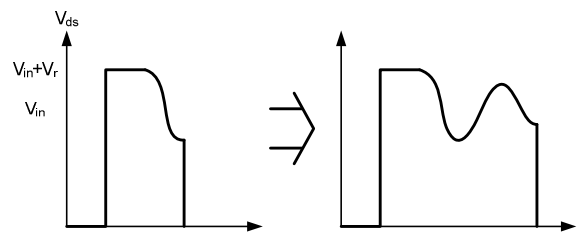
2. 기존의 경부하 제어 기법

2.1 Burst mode

대표적인 기존의 경부하 제어 기법으로는 Burst mode 제어 기법과 Valley skipping 제어 기법 등이 있다. Burst mode 기법은 그림 1. (a) 와 같이 경부하 조건에서 일정 시간만큼 스위칭을 차단하는 방법이다. 이 방법은 경부하 조건에서 제어 지령치가 낮아짐에 따라 스위칭 1회당 출력단으로 전달하는 에너지 양이 줄어들어 필요 이상으로 스위칭 횟수가 증가하는 현상을 막아 경부하



(a) Burst mode 기법



(b) Valley skipping 기법

그림 1 기존 경부하 효율 향상 기법
Fig. 1 conventional control method for light load condition

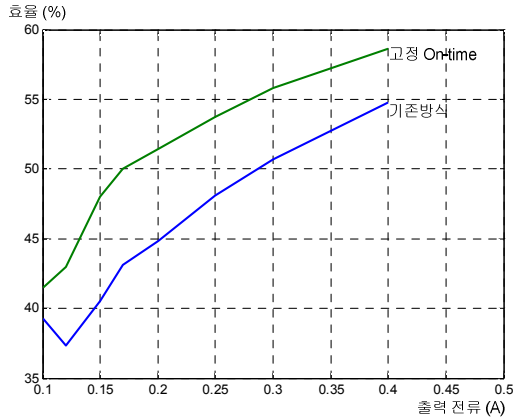


그림. 4 각 부하 조건에서 효율 비교
Fig. 4 Efficiency comparison through load range

동작하고 그 이상일 경우 valley skipping mode로 동작한다. 제안한 기법은 실험한 전 영역에서 고정 on-time 기법으로 제어된다. 그림 3의 (c), (d)를 보면 알 수 있듯이 스위치의 on-time은 고정되어 있는 상태에서 off-time만 가변하고 있는 것을 알 수 있다.

그림 4.에서는 각 실험 조건에서의 효율을 비교하였다. 기존의 경부하 효율 향상을 위한 방법에 비해 최대 5% 이상 향상되고 있음을 알 수 있다. 출력 전류 0.1A에서 기존 방식은 burst mode로 동작하게 되는데 이 조건에서도 제안한 방식이 2% 이상 효율이 향상됨을 알 수 있다.

결론

본 논문에서는 경부하 조건에서 스위치의 on-time을 고정시킴으로써 스위칭 손실을 최소화 시킴으로써 효율을 향상시키는 방법을 제안하고 실험적으로 검증하였다. 전력 변환 회로의 구조나 소자의 변경 없이도 제어 방식만을 변경하여 기존의 제어 방식에 비해 경부하 조건에서 최대 5% 이상 효율이 향상되는 것을 확인하였다.

Reference

- [1] Ping Luo, Luyang Luo, Zhaoji Li, Jian Yang, Guangiv Chen, "Skip cycle modulation in switching DC-DC converter", Circuits and Systems and West Sino Expositions, IEEE 2002 International Conference, Volume 2, 29 June- 1 July 2002
- [2] Panov, Y. Jovanovic, M.M., "Adaptive off-time control for variable-frequency, soft-switched flyback converter for light loads", Power Electronics, IEEE Transactions on, Volume 17, Issue 4, pp. 596 - 603., July 2002.
- [3] 최영길, 강경수, 김찬, 전의석, 최동호, "대기전력 상태시 Sub Watt 이하 Green SMPS 개발", 전력전자학회 창립 10주년 기념 추계학술대회 논문집, 2006. 11, pp. 164-166
- [4] 정봉근, 장상호, 김은수, 최문기, 계문호, "대기전력저감을 위한 플라이백컨버터", 전력전자학회 논문지 제 14 권 제 4 호, 2009. 8, pp. 299-306