

대기전력 저감을 위한 개선된 플라이백 컨버터

장상호, 정봉근, 박형준, 품쏘피악, 김은수[†]
 진주대학교

An Improved Flyback Converter for Low Standby Power Consumption

Sang-Ho Jang, Bong-Geun Chung, Hyung-Jun Park, Phum Sopheak, Eun-Soo Kim[†]
 Jeonju University

1. 서론

최근 몇 년 동안 국제사회에서 대기전력 감소가 중요한 이슈로 부각되면서 가전제품의 대기전력 저감을 위한 노력이 국내외적으로 활발히 진행되고 있다. 가전기기를 사용하지 않는 동안에도 전원을 공급하면서 발생하는 전력의 낭비를 최소화하기 위해 대기전력을 줄이는 것은 에너지 절약 차원에서 매우 중요하다.

본 논문에서는 경 부하 및 대기전력모드 동작 시 효율개선을 위한 회로를 제안하였으며, 74W 전원장치 (PSU : Power Supply Unit)에 적용하여 비교 검토하였다.

2. 본론

2.1 대기전력 저감을 위한 제어방법

기존 플라이백컨버터를 적용한 전원장치에 있어 대기전력 저감제어기능을 갖는 산켄 IC(STR-W6252) 및 Infineon IC(ICE3BR0665J)는 경 부하 및 대기전력모드 시 Burst모드동작에 의해 소모 전력을 최소화 하고 있다. 그림 1은 산켄 IC(STR-W6262)의 대기전력모드 시 Auto Burst동작을 보여준다. Drain 전류가 Peak부하시의 약 15[%]정도로 저하되면, 자동적으로 Burst모드로 변환되어 동작된다. 정상동작시 PWM모드, 대기모드 시 즉 경부하시 과전류 제한 기준을 낮추어 Mosfet의 스위칭 횟수를 제한하여 스위칭 손실을 감소시킬 수 있다. 경부하시 Burst모드로 자동으로 전환되는 동작을 하기 때문에 경 부하 및 대기전력모드(Light load & Standby Mode) 시 소모 전력을 최소화 할 수 있다.

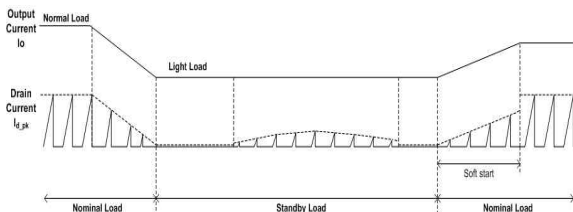


그림 1. Auto Burst 동작 파형

하지만 정상동작모드에서 모든 입력전압 및 중 부하조건에서도 불연속모드로 동작하기 위해서는 변압기 1차측 자화인덕턴스(L_m) 값을 작은 값을 가져야한다. 이러한 경우 경 부하 및

대기전력모드 동작 시 변압기를 통해 흐르는 큰 자화전류에 의해 낮은 효율특성을 갖는 문제점이 있었다.^[1,2,3]

본 논문에서는 하나의 제어IC에서 큰 자화인덕턴스 값 (L_{m1} , L_{m2})을 갖는 두 대의 개별 플라이백 컨버터를 정상모드와 대기전력동작모드의 두 가지 동작모드 상태로 분류 제어하여, 회로의 동작모드 상태에 따라 정상동작시는 두 대 모두 동작되고 대기전력모드 동작 시는 단지 하나의 플라이백컨버터가 동작되도록 함으로써 변압기 자화인덕턴스 증가에 의한 스위칭소자의 도통손실, 스너버손실 및 스위칭손실을 최소화 할 수 있는 Two Phase 플라이백컨버터 회로를 제안 적용하였다.

2.2 제안된 Two Phase Flyback 컨버터

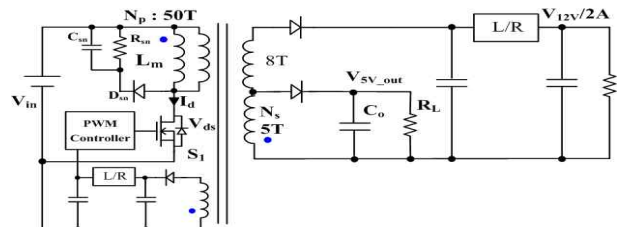
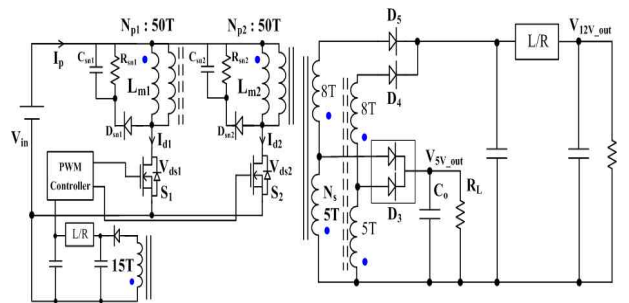
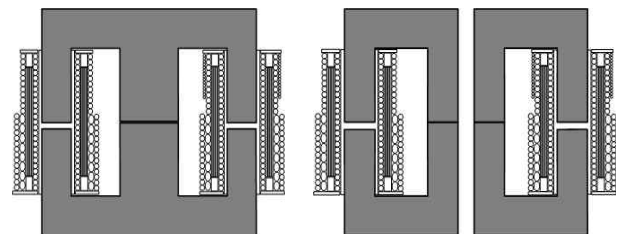


그림 2. 대기전력 및 다출력 전원을 위한 기존 Flyback 컨버터



(a) 대기전력저감을 위한 제안된 주회로



(b) 변압기 구성

그림 3. 대기전력 저감을 위한 제안된 주회로 및 변압기구성도

그림 2는 대기전력 및 다 출력전원을 위한 기존 Flyback 컨버터이다. 그림 3(a)는 대기전력저감을 위한 제안된 주회로이고, 그림 3(b)는 하나의 EE 코어에 각각 사이드 레그(Leg)에 권선을 감아 변압기가 독립적으로 동작하도록 하여 출력 용량을 나누어 감당하고, 코어의 사이즈와 권선의 두께를 줄일 수 있다. 정상모드 상태 동작 시에 주 스위칭 소자 S_1 과 S_2 가 동시에 동작되게 하여, L_{m1} 과 L_{m2} 가 병렬 연결되어 자화인덕턴스의 값($L_{m1} \parallel L_{m2}$)이 줄어든다. 이로 인해 중 부하 때 자화인덕턴스에 에너지를 많이 저장하여 턴-오프 시 2차측으로 에너지를 전달 할 수 있다. 대기전력동작모드 시에는 스위치 소자 S_1 은 항상 턴 오프를 유지하고, 스위칭 소자 S_2 만 동작되도록 제안하였다. 스위칭 소자 S_2 에 의해서만 동작하므로 자화인덕턴스($L_{m1} \parallel L_{m2} \Rightarrow L_{m2}$)를 증가시켜 변압기에 흐르는 여자전류를 저감시킴으로 플라이백 컨버터 각 구성부품에 발생할 수 있는 손실을 최소화 할 수 있다.

2.2.1 정상동작모드

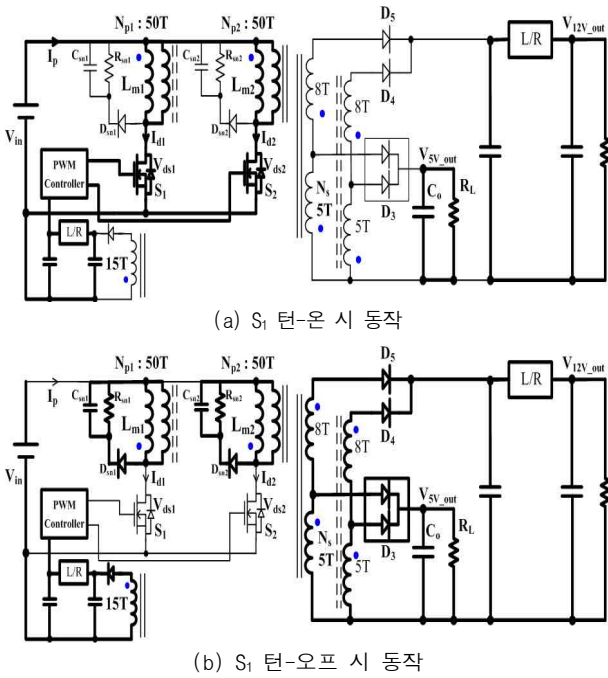


그림 4. 제안된 컨버터의 정상동작모드

플라이백 컨버터가 정격용량 74W에서 전력을 전달하기 위해서는 변압기의 자화인덕턴스를 작은 값으로 설계해야 하지만 본 논문에서 제안된 회로는 플라이백컨버터가 두 대 병렬로 구성되어 있어서 개별 출력용량을 1/2만큼 줄일 수 있으므로, 개별 변압기 자화인덕턴스 값을 증가 시킬 수 있어 도통손실 저감 및 스위칭손실을 저감 할 수 있어 중부하 및 경부하시 효율을 개선시킬 수 있는 장점을 갖는다.

그림 4(a)에서처럼 주 스위칭소자 S_1 과 S_2 가 동시에 턴-오프 하면 입력전압(V_{in})이 각 변압기에 인가되고, 각각의 변압기에 전류가 흐르면서 자화인덕턴스 L_{m1} 과 L_{m2} 에 에너지를 저장하며 흐르게 된다. 이때에 2차측 권선(5T, 8T)은 역극성전압에 따라 다이오드(D_3, D_4, D_5)에 역 바이어스 전압이 인가되어 입력에너지는 2차측으로 전달되지 않고, 출력 커패시터는 출력부하로 방전하게 된다.

그리고 그림 4(b)에서처럼 주 스위칭소자 S_1 과 S_2 가 동시에 턴-오프 시 변압기 1, 2차측 권선전압 극성이 변화하고 1차측 자화인덕턴스(L_{m1}, L_{m2})에 저장된 에너지는 변압기 2차측 권선과 출력다이오드 D_3, D_4, D_5 를 통해 각각의 부하에 전달된다.

본 논문에서 적용된 Two Phase 플라이백컨버터는 턴-오프 시 각 변압기 권선 및 스위칭 소자 S_1, S_2 에 전류(I_{d1}, I_{d2})가 각각 나누어져 흐르기 때문에 턴-오프 시 스너버회로 손실 및 스위칭소자의 스위칭손실을 줄일 수 있다.

2.2.2 대기전력동작모드

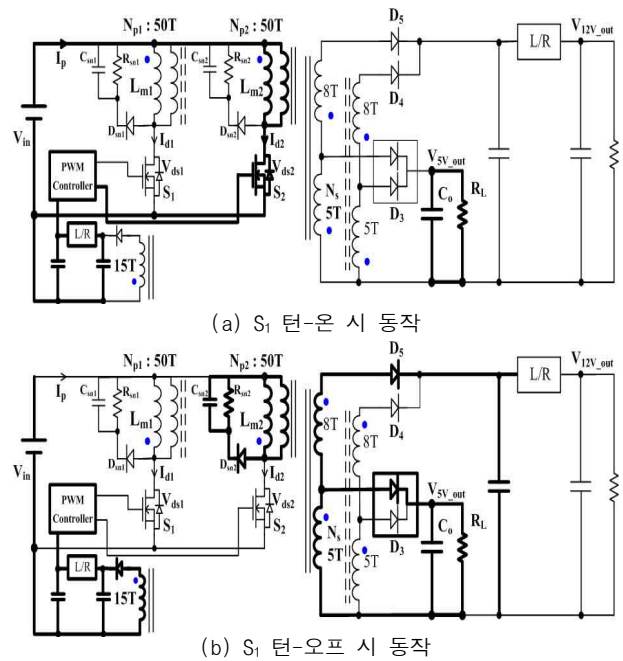


그림 5. 제안된 컨버터의 대기전력동작모드

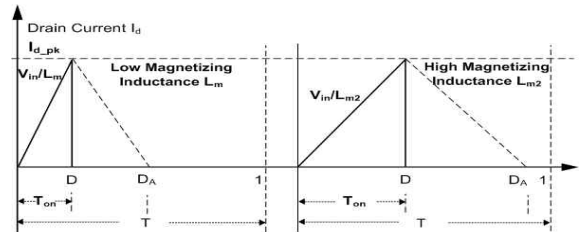


그림 6. Burst모드에서 제안된 Drain 피크 전류($I_{d,pk}$) 동작 시 파형

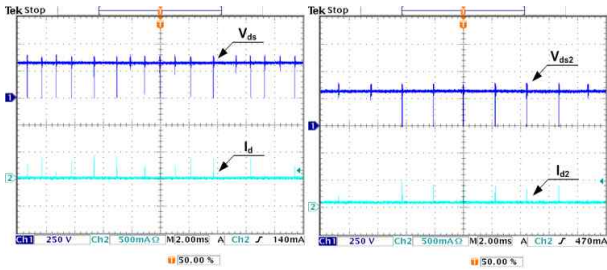
그림 5에 나타난 바와 같이 정상모드 동작 시와 달리 주 스위칭소자 S_1 은 항상 턴 오프 상태를 유지하고, S_2 에 의해서만 동작된다. S_2 가 턴-온 시 1차측 자화인덕턴스(L_{m2})에 에너지를 저장하고, S_2 가 턴-오프 시 1차측 자화인덕턴스(L_{m2})에 저장된 에너지는 변압기 2차측 권선과 출력다이오드 D_3, D_4, D_5 를 통해 전달된다. 스위칭 소자 S_2 에 의해서만 동작하므로 자화인덕턴스($L_{m1} \parallel L_{m2} \Rightarrow L_{m2}$)는 증가하게 되어 식(1)과 식(2)에 나타낸바와 같이 출력전압(V_{5V_out})을 상승시키기 위해서는 Turn-on시간이 길어져야 한다. 그림 6과 같이 Turn-on시간이 길어짐에 따라 자화인덕턴스(L_{m2})에 저장된 에너지가 기존 플라이백 컨버터보다 크므로 기존회로 방식에 비해 적은 스위칭 횟수로 출력전압이 제어됨으로 스위칭에 따른 소비전력을 저감 할 수 있다.

$$V_5 V_{L.out} = \frac{T_{on}}{\sqrt{\frac{2 \times L_{m2} \times T}{R_L}}} \times V_{in} \quad (1)$$

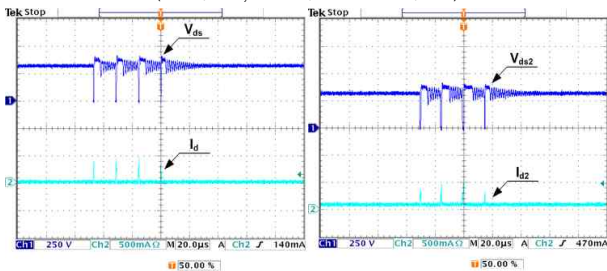
$$T_{on} = \sqrt{\frac{2 \times L_{m2} \times T}{R_L}} \times \frac{D}{D_A - D} \times \frac{N_s}{N_{p2}} \quad (2)$$

3. 실험결과

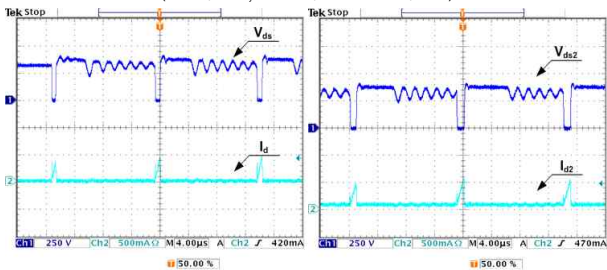
그림 7의 실험파형은 입력전압 230VAC, 출력/전압전류 5VDC/10mA 조건에서 측정되었고, 그림 7 (a), (c), (e)는 기존회로의 대기전력(Stand-by) 동작 모드 시 스위칭소자 S₁ 양단전압과 전류의 파형이고 그림 7 (b), (d), (f)는 제안된 회로의 스위칭 소자 S₂ 양단전압과 전류 파형이다. 그림 6에 나타낸 바와 같이 제안된 회로는 큰 자화인덕턴스(L_{m2})에 따라 전류기울기가 완만히 상승하여 대기전력 모드 시 제어IC(STR-W6252)에서 정해진 제어 Ref신호에 대해 턴-온(Turn-on) 시간이 증가하여 변압기 자화인덕턴스에 저장된 에너지가 기존 회로에 비해서 크므로 특히 경 부하 및 대기전력동작모드 시 기존회로에 비해서 적게 스위칭 함으로서 스위칭소자 구동손실 및 스위칭손실 등을 최소화함에 따라 효율개선 효과를 얻을 수 있었다.



(a) 기존회로 실험파형 (b) 제안된 회로 실험파형
(250V/Div, 500mA/Div. 2.0ms/Div)



(c) 기존회로 실험파형 (d) 제안된 회로 실험파형
(250V/Div, 500mA/Div. 20μs/Div)



(e) 기존회로 실험파형 (f) 제안된 회로 실험파형
(입력전압 230VAC, 출력/전압전류 5VDC/10mA)

그림 7. 기존 회로 및 제안된 회로의 대기전력동작모드 시 주 스위칭소자(S₂) 전압, 전류 실험파형

그림 8과 그림 9에 기존회로 및 제안된 회로에 대해 AC 230V 입력전압조건에서 부하 전류변화(5V, 10mA ~ 60mA)에 따른 효율특성 및 입력소비전력량을 나타냈다. 모든 출력 부하 (5V, 10mA ~ 60mA) 범위에서 기존 플라이백 컨버터보다 전체적으로 10%이상의 효율특성이 향상됨을 볼 수 있고, 모든 부하범위에서 입력전력이 55W이상 대기전력소모가 저감된 특성을 확인할 수 있다.

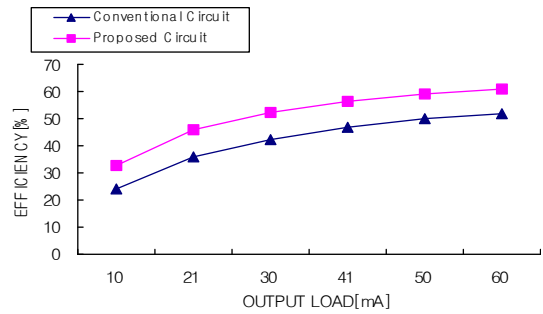


그림 8. 입력전압 230VAC에서 부하전류 (5V, 10mA ~ 60mA)에 따른 대기전력모드동작 시 효율특성비교

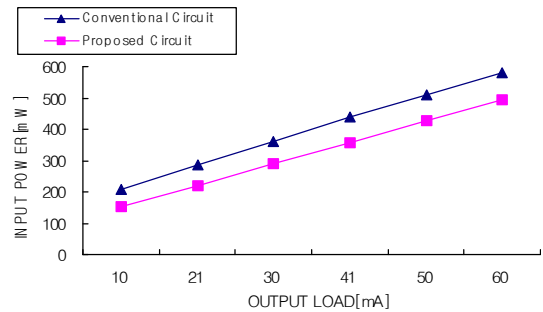


그림 9. 입력전압 230VAC에서 부하전류(5V, 10mA ~ 60mA)에 따른 대기전력모드동작 시 입력소모전력 특성비교

4. 결론

대기전력을 위해 적용된 74W 플라이백 컨버터에 있어 서 대기전력을 저감을 위한 주 회로를 제안하여 실험하였다. 기존의 회로와 제안된 회로와의 효율특성과 대기 모드 동작 시 소모 전력을 측정 비교를 통해 제안된 회로의 우수성을 확인하였다.

이 논문은 한국에너지기술기획평가원
에너지기술인력양성 학술진흥
(2007-E-AP-HM-P-18-0000)
연구비지원에 의하여 연구되었음

[1] Jin-ho Choi, Jung-won Kim, Dong-young Huh, "The new technique for the lowest power consumption in the stand-by of power supply", IEEE PESC2004, pp.741~746, 2004. 6
[2] 정지훈, 최중문, 권중기, "다출력 컨버터의 대기전력저감에 관한 연구", 전력전자학회 논문지 제12권, 제6호, pp.433~440, 2007. 12.
[3] Sanken Electric Co., Ltd, "STR-W6200 Series Application Note", 2005. 11.
[4] 정봉근, 장상호, 김은수, 최문기, 게문호 "대기전력저감을 위한 플라이백컨버터" 전력전자학회 논문지 제 14권, 제4호, pp. 299~305 2009. 8