

광범위 입력전압을 갖는 준공진형 플라이백 파워서플라이의 연구

A Study of Quasi-Resonant Flyback Power Supply with Very Wide Input Voltage

이 용 근* · 나 재 두†
(Yong-Geun Lee · Jae-Du La)

Abstract - One of the many problems besetting the converter designer is being able to design a switching power supply that can operate in the range of very wide input voltage. Specially, in an emergency diesel generator system, the AVR(Automatic Voltage Regulator) is a regulator which regulates the output voltage of the generator at a nominal constant voltage level. In addition, the AVR must be operated in very wide input voltage. Therefore, a power supply for the AVR must be operated at the very wide input voltage range. In this paper, a quasi-resonant flyback power supply with very wide input voltage range is proposed. Also, the performance of the proposed power supply is demonstrated through experiments.

Key Words : DQuasi-resonant flyback power supply, Very wide input voltage, Switching power supply, PWM controller

1. 서 론

최근의 전력수요의 증가, 일반 공공장소, 방송국, 호텔 병원, 일반빌딩 등의 전력시스템에서 전력품질의 관심이 증가하고 있는 추세에 따라 고품질 및 고기능의 전력변환시스템의 수요가 급증하고 있다. 이러한 수요에 맞추어 많은 스위칭 파워서플라이 설계자들이 집중하는 연구 중의 하나가 매우 광범위한 입력 전압 범위에서도 안정적으로 그리고 양호한 효율을 가지고 시스템에 제어전원을 공급하는 것이다.

특히, 최근에 전력수요의 증가, 태풍이나 지진 등의 예기치 않은 정전사고와 기기교체 등으로 인한 일반 공공장소 및 방송국, 전환국, 공장, 호텔, 병원, 일반빌딩 등의 비상전원장치로 디젤발전기 시스템의 사용이 점차 증가하고 있다 [1, 2]. 디젤발전기는 산업현장에서 다양한 부하가 발전기 출력에 연결되었을 경우 출력전압의 왜곡이 없게 전압조정장치(AVR, Automatic Voltage Regulator)로 출력전압을 정확하게 오동작 없이 제어되어야 하며 발전기 출력전압을 빠르게 제어해야만 한다. 따라서 무엇보다도 중요한 것은 매우 넓은 입력전압의 범위에서도 디젤 발전기 시스템이 동작하도록 AVR이 안정적인 전원을 공급하는 파워서플라이를 갖추는 것이 매우 중요하다[3].

플라이백 컨버터는 벡-컨버터를 기초로 절연 특성을 추가한 컨버터로써 하나의 인덕터가 두 개의 인덕터로 바뀌게 되며, 이 인덕터를 결합 인덕터 또는 플라이백 변압기라고

한다. 플라이백 변압기는 1차 측과 2차 측의 전류가 동시에 흐르지 않는다[4]. 플라이백 파워서플라이가 다른 절연형 파워서플라이에 비하여 스위칭 소자나 다이오드에 인가되는 전압 스트레스가 높은 단점이 존재하기는 하나 소자의 개수와 크기를 줄일 수 있고 가격이 낮으며 제어가 간단하고 효율이 좋다. 또한 시스템의 안전을 위해 절연형으로 사용하며 제어성이 양호하여 일반적으로 제어전원용 파워서플라이로 많이 적용되고 있다[4, 5].

더욱이 플라이백 컨버터에 가변 스위칭 주파수를 적용한 준공진형 영전압(Quasi-resonant Zero Voltage, QR ZVS) 플라이백 컨버터는 기존의 고속 스위칭손실을 저감할 수 있는 장점이 있다. 또한 TV, 조명 및 충전기 등의 다양한 분야의 전원공급기로 널리 적용되고 있다[6].

제안하는 5.6[W]의 플라이백 파워서플라이는 최소 60[V_{ac}]에서 최대 300[V_{ac}]에서의 광범위한 입력 전압에서도 디젤발전기의 AVR에 안정적인 전원을 공급하고 양호한 효율을 갖는다. 제안한 파워서플라이는 시제품 실험을 통해 타당성과 경제성을 검증하였다.

2. 제안하는 준공진형 플라이백 파워서플라이

그림 1은 제안하는 준공진형 플라이백 파워서플라이의 회로도이다. 본 논문에서는 준공진형 스위칭 제어기로 일본 Sanken社의 STR4A164HD IC를 이용하여 시스템을 구성하였다. 기존의 플라이백 파워서플라이의 경우 고정 스위칭 주파수방식으로 스위칭손실에 의한 효율저하의 문제점을 가지고 있다. 제안한 준공진형 영전압(Quasi-resonant Zero Voltage, QR ZVS) 플라이백 컨버터는 스위칭소자인 MOSFET의 작은 기생 커패시터 성분과 변압기의 리액턴스가 공진하여 스위치가 턴온시에 낮은 스위칭 전압을 제공한다.

표 1의 파라미터로 플라이백 파워서플라이를 설계하였다. 변압기 T1의 설계에서 최대 평균 전류는 0.09[A], 피크 스위칭 전류는 0.37[A], 최대 온 듀티는 0.5 그리고 스위칭 주

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Information, Inha Technical College, Korea

E-mail : jdna@inhatc.ac.kr

* Dept. of Electrical Information, Inha Technical College, Korea

접수일자 : 2015년 7월 27일

수정일자 : 2015년 8월 17일

최종완료 : 2015년 8월 27일

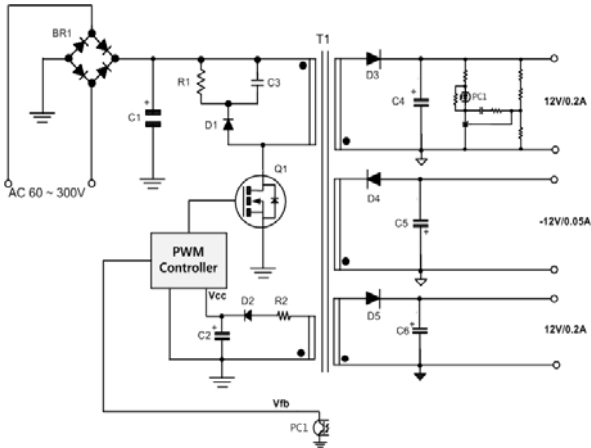


그림 1 제안하는 플라이백 파워서플라이
Fig. 1 The proposed flyback power supply

파수는 100[kHz]로 하여 코아(core)는 EE1916으로 선정하였으며 1차측의 인덕턴스는 1.2[mH]로 하였다.

표 1 플라이백 파워서플라이의 파라미터
Table 1 The parameter of flyback power supply

Parameter	Value
정격입력 및 입력범위	220[V _{ac}] 60[V _{ac}] ~ 300[V _{ac}]
출력	12[V _{dc}]/0.2[A _{dc}] 2ch -12[V _{dc}]/0.067[A _{dc}] 1ch
정격용량	5.6[W]
효율	80[%]이상

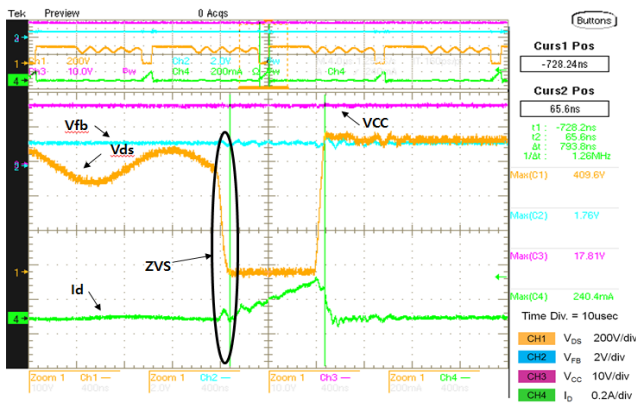


그림 2 정격입력 220[Vac] 및 무부하에서의 출력파형
Fig. 2 The waveform of rated input voltage 220[Vac] under no load

그림 2는 한 구간의 스위칭을 확대하여 표시한 ZVS 구간을 나타낸다, 또한 정격입력 220[V_{ac}]의 무부하에서 PWM 컨트롤러 IC에 인가되는 전압 Vcc로 최대 17.7[V], 출력전압이 피드백되어지는 신호 Vfb로 2.2[V], 스위칭 소자인 MOSFET의 드레인-소스간의 전압 Vds로 178[V] 그리고 드레인 전류 Id는 176[mA]를 보여준다. 또한 스위칭 주파수는 102.5[kHz]였다.

그림 3은 최대부하를 연결하였을 때에 최소 입력 전압 60[V_{ac}]에서의 한 구간의 스위칭을 확대하여 표시한 ZVS 구간을 나타낸다. PWM 컨트롤러 IC에 인가되는 전압 Vcc로 18.4[V], 출력전압이 피드백되어지는 신호 Vfb로 각각 4.2[V], 스위칭 소자인 MOSFET의 드레인-소스간의 전압 Vds로 약 220[V]로서 낮은 스위칭전압을 보여주고 있다. 또한 드레인 전류 Id는 각각 360[mA]로 측정되었다. 스위칭주파수는 입력 60[V_{ac}]에서는 100.2[kHz]이었다.

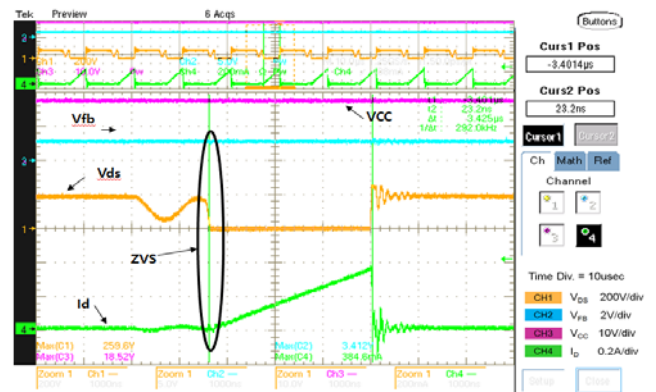


그림 3 최소입력 60[Vac] 및 최대부하에서의 출력파형
Fig. 3 The waveform of rated input voltage 60[Vac] under maximum load

그림 4는 최대부하를 연결하였을 때에 최대 입력 전압 300[V_{ac}] 최대부하에서의 한 구간의 스위칭을 확대하여 표시한 ZVS 구간을 나타낸다. PWM 컨트롤러 IC에 인가되는 전압 Vcc로 18.4[V], 출력전압이 피드백되어지는 신호 Vfb로 3.4[V], 스위칭 소자인 MOSFET의 드레인-소스간의 전압 Vds로 568[V] 그리고 드레인 전류 Id는 344[mA]로서 나타났다. 스위칭주파수는 99.75[kHz]로 측정되었다.

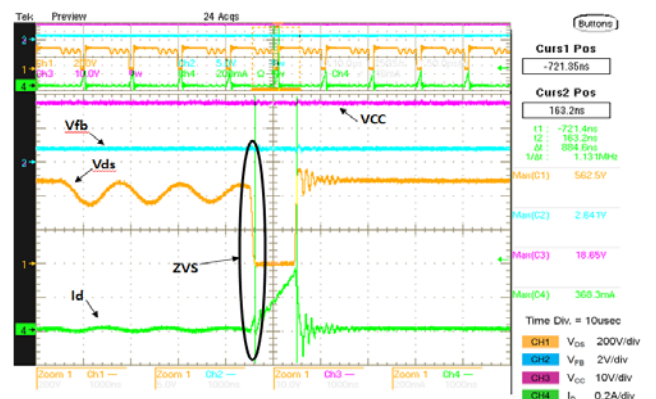


그림 4 최대입력 300[Vac] 및 최대부하에서의 출력파형
Fig. 4 The waveform of rated input voltage 300[Vac] under maximum load

기준에 적용되는 파워서플라이는 입력전압 90[V_{ac}] ~ 270[V_{ac}]이며 또한 효율면에서도 75[%]를 보이고 있다[7, 8]. 그러나 그림 5는 표 1의 파라미터를 이용하여 광범위 입력

전압에서의 제안한 준공진형 플라이백 파워서플라이의 효율 곡선을 측정된 그래프이다.

최저전압 60[V_{ac}]에서 약 80.82[%]의 효율을 보이며 최대 전압 300[V_{ac}]에서 효율 82.80[%]을 보이고 있다. 표 2는 최대부하에서의 입력전압변동에 따른 출력, 출력전압 및 효율을 나타내고 있다. 전체 입력 전압 범위에서 평균적으로 약 83[%]의 효율을 나타내며 출력전압도 양호한 결과로써 측정되었다. 그러므로 제안한 5.6[W] 준공진형 파워서플라이가 광범위 입력 전압범위에서도 양호한 출력특성을 보임을 알 수 있다.

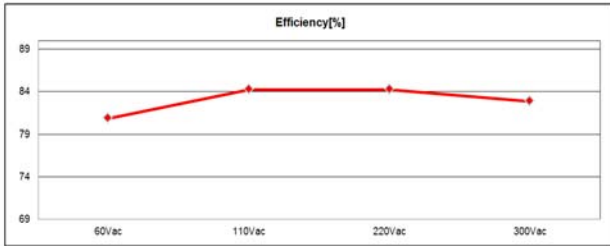


그림 5 최대부하에서의 제안한 파워서플라이의 효율
Fig. 5 The efficiency of the proposed power supply under the maximum load

표 2 최대부하에서의 파워서플라이의 출력 및 효율
Table 2 The output and efficiency of the proposed power supply

V _{IN(AC)}	P _{IN}	V _{OUT(12V)}	V _{OUT(-12V)}	V _{OUT(12V)의부GND}	P _{OUT [W]}	Efficiency
	[W]	[V]	[V]	[V]	[W]	[%]
60Vac	6.94	12.00	12.27	12.18	5.61	80.82%
110Vac	6.65	12.00	12.26	12.14	5.60	84.18%
220Vac	6.64	12.00	12.26	12.12	5.59	84.22%
300Vac	6.75	12.00	12.25	12.12	5.59	82.80%

4. 결 론

본 논문에서 비상용 디젤발전기 제어시스템의 AVR에 광범위 입력 전압 범위에서 동작하는 안정적인 5.6[W]급 플라이백 스위칭 파워서플라이를 제안하였다. 제안한 플라이백 파워서플라이는 실험결과 낮은 입력 전압인 60[V_{ac}]로부터 상대적으로 높은 300[V_{ac}]까지 매우 양호하게 동작을 하며 또한 효율에서도 전체의 입력전압범위에 대하여 약 83[%]의 양호한 성능을 보여주고 있다. 또한 제안한 파워서플라이의 시작품 제작과 실험을 통하여 컨버터의 성능과 타당성을 입증하였다. 또한 제안한 제어전원용 플라이백 파워서플라이는 다양한 장치의 제어전원용으로 적용되어 전력품질향상에 기여할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학연협력기술개발사업(No.C0250571)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

References

- [1] H.S Lee, "The Kind of Emergency Private Power System and Caution of Selection", Journal of Korea Electric Association No.141, 1988.9, pp. 19-26.
- [2] H.S. Ahn, et al, "Experiment of Single-phase Grid Connected Battery Charger", Journal of the Korean Institute of Power Electronics, Vol 18, No 1, 2013.2, pp.84-90.
- [3] Myeong-il Choi, et al., "The Study of Accidents on an auxiliary power system in case of a blackout", KIEE, Proceedings of the Korean Institute of Electrical Engineers, 2009.10, 192-194.
- [4] Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic, Fundamentals of Power Electronics, 2nd Edition, Kluwer Academic Publishers, 2001
- [5] Kai-Hui Chen, , Tsorng-Juu Liang, " Design of Quasi-Resonant Flyback Converter Control IC with DCM and CCM Operation", 2014 International Power Electronics Conference (IPEC-Hiroshima 2014 - ECCE-ASIA), pp 2750-2753, 2014
- [6] Kai-Hui Chen, , Tsorng-Juu Liang, " Design of Quasi-Resonant Flyback Converter Control IC with DCM and CCM Operation", 2014 International Power Electronics Conference (IPEC-Hiroshima 2014 - ECCE-ASIA), pp 2750-2753, 2014
- [7] "5WPower Supply Adapter Design FAN302HL, mWSAver Technology PWM Controller for Low Standby Power", Reference Design RD-350, Fairchild Semiconductor.
- [8] "Very Wide Input Voltage Range, Off-Line Flyback Switching Power Supply", Application Note, An1327/D, ON Semiconductor.

저 자 소 개



이 용 근 (李龍根)

1960년 11월 6일생. 1985년 인하대학교 전기공학과 졸업. 1989년 미국 University of Missouri-Columbia 전기공학 졸업(석사). 1993년 동 대학원 졸업(공박). 1995. 3 - 현재 인하공업전문대학 전기정보과 정교수.

E-mail : leeyong@inhatc.ac.kr



나 재 두 (羅在斗)

1970년 10월 10일생. 1994년 인천대학교 전기공학과 졸업. 1996년 인하대학교 전기공학 졸업(석사). 2008년 영국 The University of Birmingham EECE 졸업(공박), 2008.3.- 현재 인하공업전문대학 전기정보과 부교수

E-mail : jdna@inhatc.ac