준공진형 프라이백 스위칭 레귤레이터를 적용한 SMPS의 방사노이즈 억제

나병훈*, 김영록*, 박성우*, 김진일**
*헥스파워시스템(주) 연구소, **아이에프텍(주)

Suppression of Radiation-Noise in the SMPS by using Quasi-Resonant Flyback Switching Regulator

B. H. Ra*, Y. R. Kim*, S. W. Park*, J. I. Kim**
*Hex Power System R&D Center, **I. F. Tech

ABSTRACT

본 논문에서는 30W급 스위칭형 직류전원장치(Switching Mode Power Supply : SMPS)에 준공진형 프라이백 스위칭 레귤레이터(quasi-resonant flyback switching regulator)를 적용하여 방사노이즈(radiation-noise)를 억제한 사례에 대하여 설명하고 있다. 기존의 PI社의 TOP IC 시리즈[1]와 같이 보편적으로 사용되고 있는 일명, 하드 스위칭(hard-switching)형 레귤레이터를 사용할 경우, 고속 스위칭시에 스위칭 손실(switching loss)과 스위칭 노이즈(switching noise)가 발생한다. 이로 인하여 SMPS의 발열에 따른 효율저하와 방사 노이즈에 의한 전파방해 등이 문제점이 된다. 본 논문에서는 일본의 Sanken社에서 개발/시판중인 준공진형 스위칭 레귤레이터인 STR-F6000 IC 시리즈[2]를 이용하여 프라이백 SMPS를 구성하여 방사노이즈를 저감하였다.

1. 서 론

가전기기나 산업용 제어기 등에서 정보기기나 정밀기기의 사용 급속도록 확대 되면서 양질의 직류전원을 공급하기 위하여 스위칭형 직류전원장치의 저가화, 고성능화, 및 저노이즈화 등이 전력전자분야에서 관심사가 되어 있다.

이러한 흐름에 발맞추어 기존의 Power IC 제조사들은 가격은 저렴하고, 구동회로(drive circuit), 검출, 보호(detection and protection) 및 피드백 제어(feed-back control) 등의 여러 가지 복합적인 기능을 갖추고 있는 레귤레이터 IC를 출시하였다. 또한 기존의 Power Transistor, MOSFET 및 IGBT 등을 사용하여 직류전원장치를 개발해 오던 제조사들은 당연히 이러한 장점을 지닌 레귤레이터 IC를 채용하고 있다. 한편, EMI, EMC에 대한 관심과 문제가 제기되면서 직류전원장치 분야에서도 고속 스위칭시 나타나는 스위칭 노이즈를 저감하기 위하여 공진형 혹은 준공진형 토폴로지에 의한 소프트 스위칭(Soft switching) 대한 연구개발이 활발해 졌으나, 이러한 연구개발은 범용화에는 적용되지 못하고 일부 연구개발이나 오더메이드(oder made)형 직류전원장치에만 치우쳐 오던 것이 사실이다.

본 논문에서는 가전기기, 산업용 제어기 등에 적용될 수 있는 30[W]급 직류전원장치를 개발함에 있어, 저가화, 고성능화, 및 저노이즈화를 이룰 수 있으며, 복합적인 기능을 가진 레귤레이터 IC에 대하여 설명하고, 이를 이용한 프라이백형 SMPS의 방사 노이즈를 저감한 사례에 대하여 설명하고자 한다.

2. 준공진형 레귤레이터 IC

2.1. TOP 시리즈 IC

그림 1에 미국의 PI社에서 개발, 시판되고 있는의 TOP 시리즈 IC(TOPSwitch-GX)를 적용한 프라이백형 SMPS 회로를 보이고 있다. TOP IC의 경우 다양한 용량의 IC를 시리즈 및 저가로 개발, 시판하여 상당히 많은 사용자(제조사)들이 SMPS에 채택하고 있으며, 최근 국내에서도 산업용 제어기기의 전원장치에 상당히 많이 적용되고 있다.

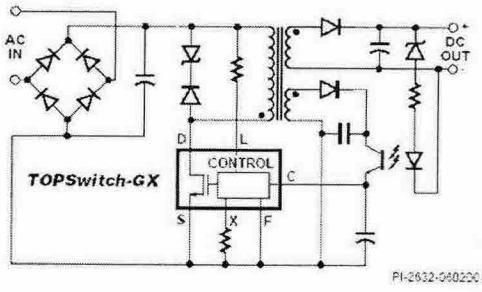


그림 1. TOP IC를 적용한 프라이백형 SMPS 회로[1]

사용한 TOPSwitch-GX(TOP-246Y)는 기본적으로 FET 소자와 피드백(feed-back)에 의한 구동 회로를 내장하고 있으며, 85~265[Vac]의 넓은 교류 입력 범위를 제공한다. 그리고 외부저항에 의하여 프로그램 가능한 내장형 과전류 제한(on-chip current limit with external programmability), 저전압 검출(line under voltage detection), 과전압 정지(line over voltage shutdown), 히스테리시스 온도 자동정지/복귀 (hysteretic thermal shutdown for automatic fault recovery), 내장형 소프트 스타트(integrated soft-start) 등의 아주 다양한 기능을 제공하며, 132/66[kHz[의 고속의 스위칭 주파수를 제공하는 우수한 소자이다.[1]

하지만, 부하전압을 검출하여 피드백 제어하여 스위칭함에 있어 고정 주파수 방식으로 일명 하드 스위칭을 하게 됨으로서 스위칭 손실에 의한 효율 저하와 스위칭 노이즈에 의한 방사 노이즈가 상당히 발생하는 문제점을 가지고 있다.

2.2. STR-F 시리즈 IC

본 논문에서는 산업용 제어기의 전원장치로 사용될 30[W]급 SMPS를 개발함에 있어 앞에서 서술한 TOP IC를 적용하였을 때의 문제점을 해결하기 위하여 일본의 Sanken社에서 개발, 시판하고 있는 준공형 프라이백 스위칭 레귤레이터 IC인 STR 시리즈 IC(STR-F6654)를 사용하였다.

STR-F6600 시리즈 IC는 준공진형 프라이백 동작을 하도록 개발된 레귤레이터 IC로서 낮은 소비전력과 EMI, 과전류 보호(OCP), 히스테리시스 저전압 검출동작(UV Lockout), 과전압 보호(OVP), 직접적인 전압 피드백, 온도 자동정지/복귀, 등의 우수한 기능을 제공한다.

그림 2에 STR-F6600 시리즈 IC를 적용한 프라백 SMPS 회로를 보이고 있다.

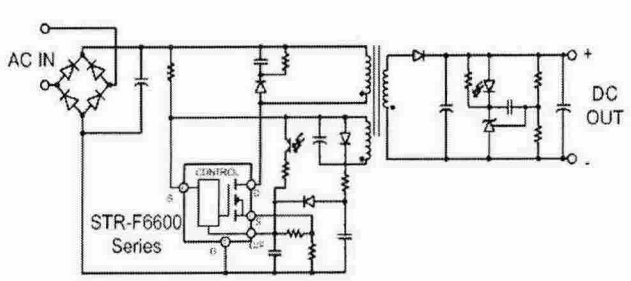


그림 2. STR-F6600 IC를 적용한 프라이백형 SMPS 회로

적용한 STR-F6654 레귤레이터는 그림 3에 나타낸 것과 같이 회로 분포상에 존재하는 작은 기생커패시터 성분과 변압기의 리액턴스가 공진하여 스위치 온 시 낮은 스위칭 전압을 제공함으로서 준공진형 프라이백 토폴로지를 제공한다. 준공진형 토폴로지는 기존의 하드 스위칭형 레귤레이터보다 아주 적은 방사 노이즈를 발생하는 것으로 알려져 있다. 또한, 스위치 오프 시의 스위치 양단의 오버슈터(overshoot)와 링잉(ringing)현상을 줄이기 위하여 RCD 스너버를 구성하여 최소한으로 스위칭 노이즈를 저감할 수 있다. 그리고 넓은 방열판을 구성하여 비교적 낮은 주파수 대역의 방사노이즈를 억제하고 사용한 레귤레이터의 단점인 방열 문제를 해결할 수 있다..

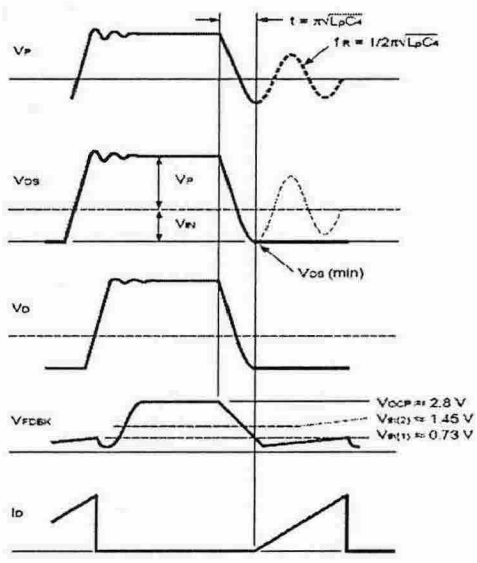


그림 3. 준공진 회로동작 파형[2]

3. 30W급 SMPS 설계 및 제작[3]

표 1에 나타낸 입출력 사양을 고려하여 그림 4에 나타낸 30[W]급의 다중출력을 가지는 SMPS를 설계, 제작 하였다.

표 1. SMPS 입출력 설계 사양

구분	내 용		비 고
	최소	최대	
Vin	85Vac	265Vac	이상전압시 350Vac
Vo1	5Vdc	5Vdc	설계시 전압
Io1	0.3A	3A	
Vo2	24Vdc	24Vdc	설계시 전압
Io2	0.06A	0.6A	
효율	65%		

4. 방사 노이즈 측정[3]

본 논문에서는 스위칭 레귤레이터별로 3가지 경우에 대하여 방사 노이즈를 비교하고자 하였다.첫 번째 시료는 TOP-243Y소자를 사용한 하드 스위칭형 30[W]급 SMPS, 두 번째 시료는 STR-F6654

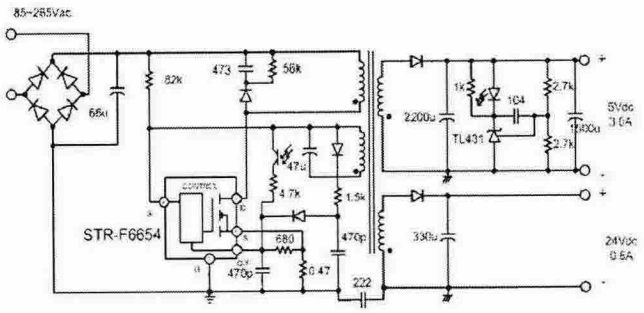


그림 4. 설계 회로 상세

준공진형 레이레이터를 적용한 30[W]급 SMPS, 세 번째 시료는 Sanken社에서 자체 개발한 공진형 소자인 STR-Z1504를 적용한 30[W]급 SMPS 각각에 대하여 방사 노이즈를 측정 하였다.

그림 6(a)는 첫 번째 시료인 TOP-243Y소자를 사용한 하드 스위칭형 30[W]급 SMPS의 방사노이즈 측정 결과이다. 전체적으로 방사 노이즈 레벨이 아주 높게 나타나며, 약 240[MHz] 영역에서 허용 기준치인 50[dB(uV/m)]를 초과한다.

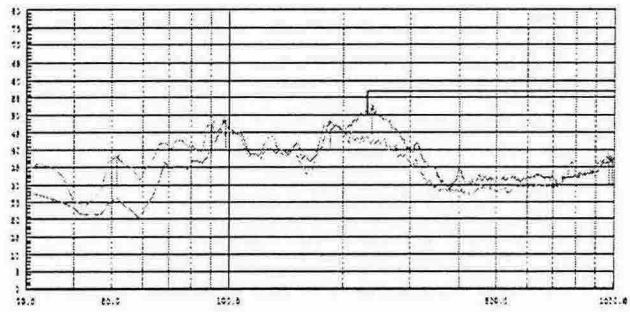
그림 6(b)는 본 논문에서 설명하고 있는 준공진 스위칭형 SMPS의 방사 노이즈 측정 결과 이다. 전체적으로 방사 노이즈 레벨이 낮게 나타나며 모든 영역에서 허용 기준치인 50[dB(uV/m)]이하이다. 다만, 120~130[MHz] 영역에서 약 25[dB(uV/m)] 이상으로 노이즈 레벨이 높아지는 부분이 보인다. 이 이주파수 영역은 선박용 제어기나 무전기에서 사용하는 주파수 영역에 영향을 줄 것으로 판단된다. 하지만, 이 용역은 준 공진 스위칭 주파수의 영향으로 보이며, 보다 더 정밀한 회로정수를 선정할 시에 25[dB(uV/m)] 이하로 감소 시킬 수 있으리라 사료된다.

그리 6(c)는 공진형 프라이백 레귤레이터를 사용한 SMPS의 방사 노이즈 측정 결과 이다. 전체적으로 아주 낮은 레벨의 방사 노이즈 특성을 가지고 있었다.

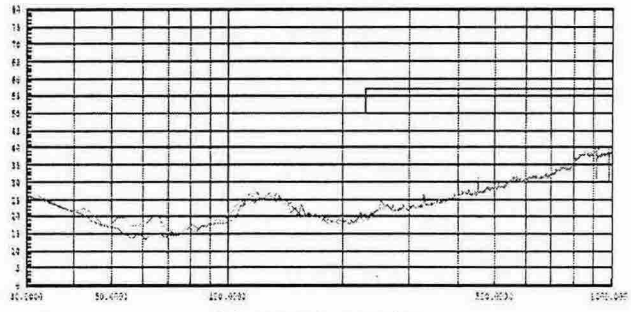
5. 결 론

본 논문에서는 기존의 하드 스위칭형 SMPS의 방사노이즈의 문제점을 해결하기 위하여 준공진형 프라이백 스위칭 레귤레이터 IC를 적용한 SMPS를 개발하여 방사노이즈를 비교 시험 하였다.

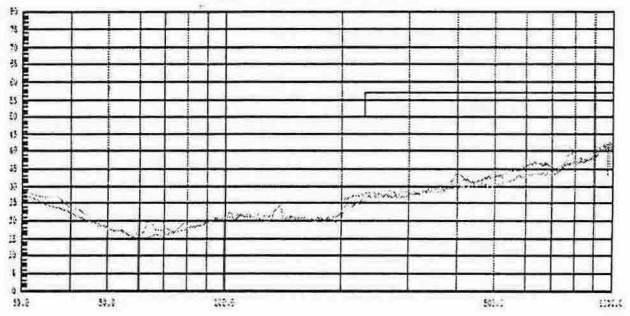
그 결과 하드 스위칭형에 비해 방사 노이즈 레벨을 약 20[dB(uV/ m)] 정도 저감할 수 있었다. 또한 공진형 레귤레이터 IC의 우수한 방사 노이즈 특성을 확인할 수 있었다.



(a) 하드 스위칭형



(b) 준공진 스위칭형



(c) 공진 스위칭형

그림 5. 방사 노이즈 비교 (CISPR Pub.22 Class A 3m)
(단위 : 세로축 dB(uV/ m), 가로축 MHz)

본 논문은 향후 전자기기나 산업용 제어기의 직류전원장치로서 방사 노이즈를 저감하기 위한 회로 개발시 참고가 될 만한 개발 사례를 제시 할 수 있으리라 사료된다.

참 고 문 헌

[1] TOPSwitch-GX Family, "TOP242-250 Application book", Power Integrations, 2004

[2] Series STR-F6600, "OFF-LINE QUASI- RESONANT FLYBACK SWITCHING REGULATORS", Sanken data sheet 28102.8, Feb. 22. 2000.

[3] Henry W. Ott, "Noise Reduction Techniques in Electronic Systems", 2nd Edition, John Wiley & Sons, 1988