

추가 회로 없이 구현 가능한 DVR 전원용 Hot-Swap 기법 개발

이준영, 김현빈, 김종수[†]
 대진대학교 전기공학과

Development of Hot-Swap Strategy without Additional Circuits for DVR Power

Jun-Young Lee, Hyun-Bin Kim, Jong-Soo Kim[†]
 Daejin University Dept. of Electrical Engineering

ABSTRACT

본 논문은 추가적인 회로 없이 DVR 전원공급장치의 Hot-Swap 기능을 구현하는 방법을 제안한다. 기존에 사용하던 ORing Diode와 MOSFET의 추가 없이 LLC 컨버터 2차측 정류다이오드만의 바이어스 특성을 이용해 Hot-Swap 기능을 구현한다. 168W급 DVR 전원공급장치를 대상으로 제안한 회로의 타당성을 모의실험을 통해 입증한다.

1. 서론

CCTV용 Digital Video Recorder(DVR)은 CCTV의 영상을 저장하고 기록하는 장치이다. CCTV의 특성상 매 순간을 기록하여야 되기 때문에 이를 저장하는 DVR의 전원장치는 지속적이고 안정적인 전력 공급을 필요로 한다. 따라서 신뢰성 높은 DVR전원 공급 장치의 구현이 요구되며 이를 수행하기 위해 병렬구동 및 고장 시 활성 상태에서 모듈의 탈거 및 교체가 가능한 Hot-Swap 방식이 사용된다.^[1]

기존의 Hot-Swap 기능은 ORing Diode와 ORing FET을 사용하며 구현하였으며, 효율 측면에서는 FET 방식이 유리하고 전력밀도와 경제성 측면에서는 Hot-Swap 전용 IC와 Gate Driver가 필요 없는 다이오드 방식이 장점을 가진다. 결국 Hot-Swap 동작을 위해서는 출력에 추가 Hot-Swap 모듈이 별도로 구성되어야 하며 이는 효율 감소, 시스템의 비용 상승, 그리고 전력밀도 증가라는 문제를 야기한다. 이에 FET 방식에서 Hot-Swap 전용 IC가 아닌 보다 저렴한 제어기를 통해 경제성을 확보한 경우가 있으나 전력밀도 측면에서는 접근한 사례는 보고되지 않은 것으로 파악된다.^[2]

따라서 본 논문에서는 기존 Hot-Swap 모듈을 적용하지 않고 DC-DC 컨버터 단에 존재하는 정류 다이오드의 바이어스 특성을 이용한 Hot-Swap 구현방법을 제안하고, 168W급 DVR 전원공급 장치에 적용하여 모의실험을 통해 실현 가능성을 입증한다.

2. Hot-Swap

2.1 Hot-Swap 방식

Hot-Swap이란 시스템 운용 중에 장치를 탈거 및 교체가 가능하게 하는 방식을 말하며 이러한 Hot-Swap은 ORing Diode와 ORing FET을 통하여 동작을 하게 된다.^[3] 두 방식에 대한 간략한 구성 및 차이점은 표1과 같다.

표 1 Hot-Swap 방식 비교

Table 1 Comparison for Hot-Swap methods

회로	Oring Diode	Oring FET
손실	High	Low
가격	Chip	Expensive
필요 소자	Diode	MOSFET, Gate Driver, Hot-Swap IC

ORing Diode 방식은 ORing FET 방식보다 저렴하고 다이오드 외에 추가적인 소자가 필요 없다는 장점이 있지만 손실이 ORing FET보다 크다는 단점이 있다.

ORing FET은 MOSFET의 바디 다이오드를 ORing Diode와 동일하게 사용하면서 전류가 흐르는 경우 MOSFET을 턴-온 시켜 손실을 낮추는 방식이다. 하지만 Hot-Swap 전용 IC를 사용하고 Gate Driver가 필요하다는 단점이 존재한다.

2.2 제안하는 Hot-Swap 방식

제안하는 Hot-Swap 방법은 그림 1과 같이 추가적인 회로 없이 DVR 전원공급장치의 LLC 컨버터 2차측 정류 다이오드만을 이용한다. 기존 LLC 컨버터 2차측 출력단에 있던 커넥터 $CN1$ 과 $CN2$ 를 변압기 ($TR1$, $TR2$) 2차측 출력과 정류 다이오드 사이로 ($CN1'$, $CN2'$) 옮기고 정류다이오드를 Hot-Swap용 다이오드로 활용한다. LLC 컨버터는 Master/Slave 제어를 통해 전력을 50%씩 분담하여 부하에 전력을 공급한다. 운전 중

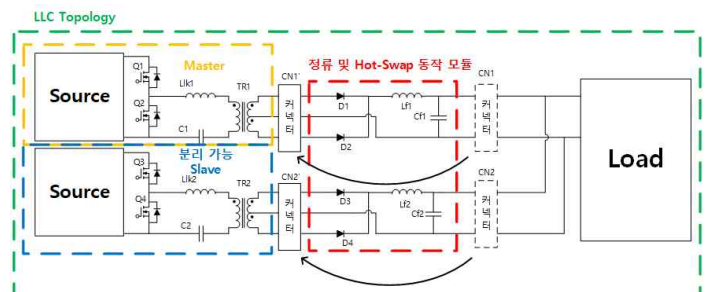


그림 1 LLC 컨버터 정류 다이오드를 이용하는 Hot-Swap
 Fig. 1 Hot-Swap strategy using LLC rectifier diode

Slave 모듈에서 고장이 발생하면, 1) Master 모듈 출력전압 제어 동작으로 출력전압 일정하게 유지, 2) 정류 다이오드 $D3$ 과 $D4$ 가 역바이어스 되어 턴-오프, 3) Master 모듈 출력 전압 (부하전압)은 Slave 모듈에 영향을 미치지 않기 때문에, 4) 환전 상태에서 Slave 모듈 탈거 가능하다. Slave 모듈을 재투입 시 LLC 컨버터의 $Q3$ 과 $Q4$ 를 통한 1차측 스위칭에 의해 전압이 build-up 되면 2차측 정류다이오드 $D3$ 과 $D4$ 가 순 바이어스 되어 부하에 전력을 공급할 수 있게 된다.

3. 모의실험 결과

제안한 Hot-Swap 방식의 실현 가능성을 검증하기 위해 그림 2의 구성을 가지는 12V/14A의 출력의 LLC 토폴로지를 통한 모의실험을 수행하였다.

먼저, 그림 3의 $Q3$ 과 $Q4$ 는 Slave 모듈의 게이트 신호이고, I_{o1} 과 I_{o2} 는 각 모듈의 출력전류이다. 그리고 I_o 와 V_o 는 최종 부하 전류와 전압을 나타낸다.

그림 3에서 0.2초에서 0.4초 동안 각각의 LLC 모듈은 7A의 전류를 내어 총 출력의 절반씩의 출력을 담당하는 하고 있다. 0.4초에서 Slave 모듈의 스위치가 그림3의 (a)에선 모두 턴-온, (b)에선 턴-오프가 되는 고장상황이 발생하였고 Slave 모듈의 출력 전류는 정류 다이오드 $D3$ 과 $D4$ 가 역 바이어스가 되어 0으로 떨어지고 Master 모듈의 출력 전류는 이를 대신하여 14A로 증가하는 것을 볼 수 있다. 따라서 고장구간 동안 출력은 유지가 되므로 모듈을 탈거하여도 시스템에는 문제가 없음을 보여준다. 스위치가 다시 정상 동작을 하게 되는 0.5초가 되는 시점에서 Slave 모듈의 정류 다이오드 $D3$ 과 $D4$ 가 순 바이어스가 되어 두 모듈이 다시 부하를 분담하여 동작하므로 스위치가 정상동작 되는 시점은 모듈 교체 상황으로 간주할 수 있다. 즉, 고장 상황에서의 탈거 및 교체가 이루어진 Hot-Swap 동작이 구현된 것으로 볼 수 있다.

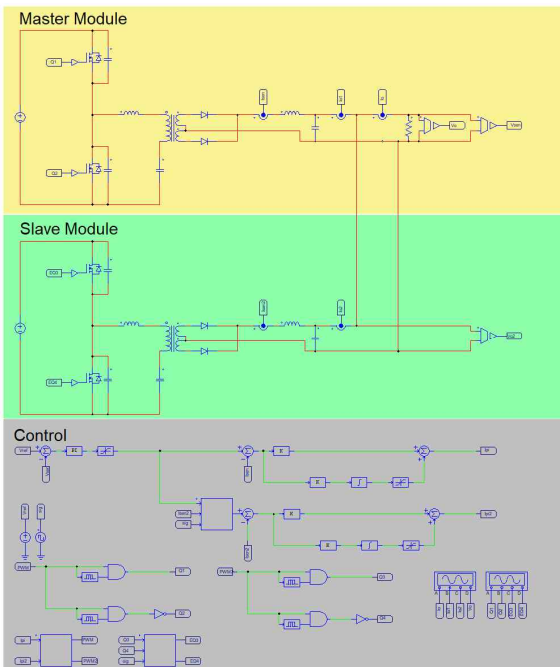
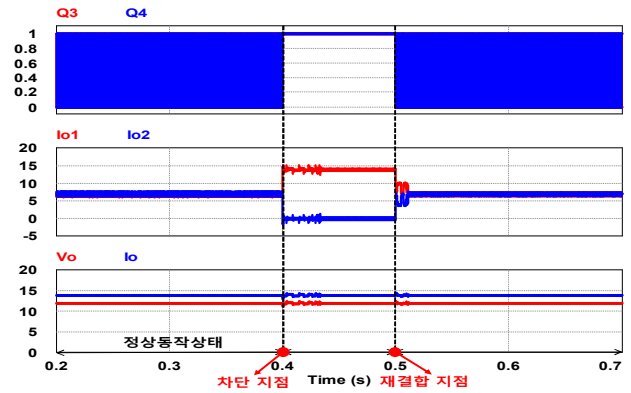
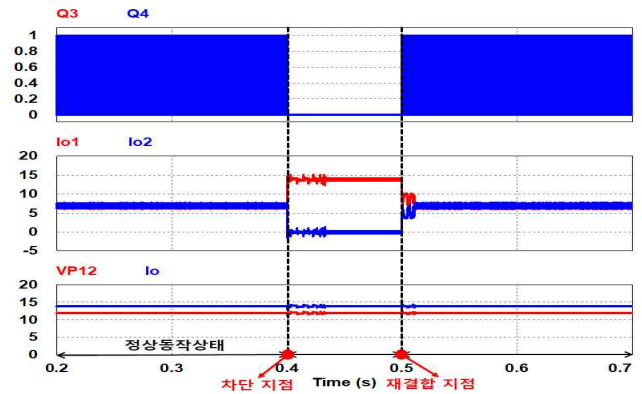


그림 2 모의실험 구성도
Fig. 3 Simulation schematic



(a) Arm Short 모의 상황에서의 Hot-Swap 동작



(b) Open 모의 상황에서의 Hot-Swap 동작

그림 3 주요 파형
Fig. 3 Key waveform

4. 결론

본 논문에서는 기존 Hot-Swap 회로를 사용하지 않고 추가 회로 없이 LLC 토폴로지의 2차 측 정류 다이오드만을 이용한 Hot-Swap방식을 제안하였다. 기존 출력단의 접속점을 2차 측 정류 다이오드 앞으로 이동하는 것만으로 Hot-Swap 동작을 수행할 수 있다는 것을 모의실험을 통해 입증하였다. 제안한 Hot-Swap 기법은 DVR 전원공급장치의 효율 향상, 저가 구현, 전력밀도 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 추후 실험 검증을 통해 제안 기법의 타당성을 검증할 예정이다.

본 논문은 중소벤처기업부에서 지원하는 2018년도 산학연협력 기술개발사업(No. S2666365)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고 문헌

- [1] 허민호, 이태원, 이세호, 박성준, “부하분담 및 리턴던시 기능을 갖는 모듈전원 개발,” 전력전자학회 학술대회 논문집, pp. 304-305, 2011, 7.
- [2] 이강현, “저가형 Hot Swap Controller를 가지는 병렬 구동 서버용 전원 장치,” 전기학회논문지, vol.67, no. 6, pp. 738-744, 2018, 6.
- [3] RENESAS, “How to Choose Power FETs for ORing MOSFET Controllers,” 2018.[Online]. Available: <https://www.renesas.com/kr/en/www/doc/whitepapers/power/power-fets-for-or-ing-mosfet-controllers.pdf>