

전원장치의 동작효율 보호회로에 관한 연구

정성윤*, 최현수*, 백종옥*, 안태영*
 청주대학교 전자공학과*

A study on the operation efficiency protection circuit of the power supply

Seong Yun Jeong*, Hyun Su Choi*, Jong Ok Baek*, Tae Young Ahn*

*Dept. of Electronic Eng. Cheongju Univ.

ABSTRACT

Recently, According to increase of power demand, it was increased a demand that switching power supply have characteristic of low-loss and high-efficiency. So increase of using device, the failure rate increases and service life problem arises. Even though normal circuit protection is applied in designing stage, it is often hard to identify the cause of malfunction in certain cases such as fatigued power supply due to over-running, malfunctions of main elements or over heating. This report will cover experimental results with the prototype we made, that monitors the efficiency of switching power supply and that protects a circuit when it drops below the standard value.

1. 서론

최근 전력수요가 증가하면서 저손실 고효율 특성을 갖는 스위칭 전원장치에 대한 수요가 증가하였다. 이에 따라 사용 부품이 증가하면서 고장률이 높아지고 기대수명이 짧아지는 등의 문제가 발생한다. 스위칭 전원장치의 효율은 시간이 경과함에 따라 사용 부품이 노후 되고 기능이 저하되어 처음 제작의 상태보다 효율이 미소하게 저하되는 것이 일반적이다. 통상적인 범위에서의 회로보호는 설계 단계에서 적용되고 있지만 전원장치를 장시간 운전하게 되어 피로가 가중되거나 스위칭 소자와 같은 주요소자 등이 스트레스로 인한 오동작 또는 발열량의 증가로 내부손실이 증가하는 경우는 비정상 동작의 원인을 검출하기 어렵게 된다. 본 논문에서는 스위칭 전원장치의 동작 효율을 실시간 감시하고 기준 효율에 비해 동작 효율이 낮아지는 경우 회로가 보호되도록 시제품을 제작하고 그 시험결과를 보고하였다.

2. 스위칭 정류기 효율특성

그림 1에는 일반적인 스위칭 전원장치의 정상상태 효율특성을 나타낸 것이다. 그림에서 낮은 출력에서는 보조전원과 스위칭손실 등의 기본손실이 존재하여 효율이 저하되지만 출력이 증가함에 따라 상대적으로 손실비중이 작아져 효율이 개선되고, 최대출력에 다다르게 되면 내부의 전도손실이 증가하여 효율이 다소 감소하게 된다. 정상상태 효율은 식 (1)과 같고 출력에 대한 내부 전력손실의 비중이 효율을 결정하게 된다. 내부

전력손실은 크게 입력전압과 출력전류가 주요 변수가 되며 간단하게 식 (2)와 같이 모델이 가능하다. 식 (2)의 내부 변수에 따라 효율 그래프의 형태가 변화되며 적절한 값을 선택하게 되면 그림 1의 점선과 같이 실제 효율과 일치시킬 수 있다.

$$\eta = \frac{P_o}{P_o + P_L} \quad (1)$$

$$\eta = \frac{V_o I_o}{V_o I_o + (K_1 I_o^3 + K_2 I_o^2 + K_3 I_o + K_4)} \quad (2)$$

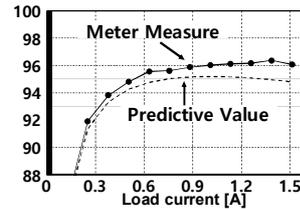


그림 1 스위칭 전원장치의 효율특성
 Fig. 1 Efficiency characteristics for the switching power supply

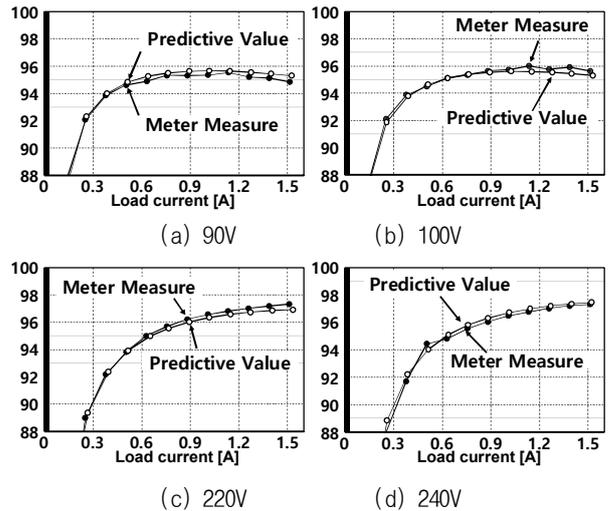


그림 2 입력전압에 대한 정상상태 측정효율
 Fig. 2 Measurement efficiency for the steady state

식 (2)의 변수를 추정하기 위해서 시험용 전원장치를 제작하고 전력변환 효율을 측정하여 그림 2에 나타내었다. 그림에서 각각의 그래프는 입력전압에 따라 부하에 대한 정상상태 효율

을 측정하여 나타낸 것이며 일반적으로 그림 2 (d)와 같이 입력전압이 커지면 전도손실이 감소하여 효율이 상승하게 된다. 특히 그림 2에서는 실험효율에 대해 식 (2)를 사용하여 계산효율을 나타내었으며 각 변수는 아래와 같이 정하였다.

$$K_1 = 2.75 - 0.008 V_{in} \quad K_2 = 3.50 - 0.015 V_{in}$$

$$K_3 = 3.00 - 0.083 V_{in} \quad K_4 = 2.67 + 0.043 V_{in}$$

그림에서 계산효율이 실제 계측기를 사용하여 측정된 측정 효율과 전 부하범위에 대해 비교적 잘 일치하고 있다는 것을 알 수 있으며 식 (2)가 이론효율 모델로서 적합하다는 것을 확인하였다.

4. 시험결과

본 논문에서는 스위칭 전원장치의 동작효율 보호회로를 제안 시험하기 위해서 그림 3과 같은 시험용 정류기를 제작하고 동작효율을 실시간 측정하고 모니터링 하기 위한 측정모듈을 구성하였다.[1] 그림에서 정류기의 스위치 제어회로는 일반적인 회로로 구성하였으며 전원장치의 입력전압과 입력전류, 출력전압과 출력전류를 측정하여 보정하고 연산하여 실시간 효율을 측정하기 위한 효율측정 모듈을 추가하였다.[2] 효율측정 모듈의 성능을 시험하기 위해서 그림 4와 같은 효율비교를 수행하였다. 그림에서 각 4개의 그래프는 서로 다른 입력전압에 대해 측정된 효율이며 각각의 그래프는 부하전류에 대해 측정된 결과이다. 그림에서 계측기를 사용하여 측정된 계측효율과 효율측정 모듈로 측정된 측정효율이 일정한 오차범위 내에 있다는 것을 알 수 있으며 효율측정 모듈로서 가능하다는 것을 알 수 있었다.

효율측정 모듈은 식 (2)를 기준으로 하는 입력전압과 출력전류에 대한 기준 효율을 내부에 저장하고 있다가 내부의 기준 효율과 비교하여 전원장치 내부에서 문제가 발생하여 효율이 급격하게 변화되면 보호회로가 동작하게 구성할 수 있다. 그림 5에서는 동작효율 보호회로의 시험결과를 나타내었다. 그림에서 시험용 전원장치가 정상상태에서 동작하는 경우 약 93%의 효율특성을 나타내다가 4.5초에서 효율이 82%로 급격하게 저하되고 약 0.5초 이후에 효율 보호회로 출력신호가 나타나게 된다. 보호회로 출력신호는 전원장치 동작을 제한시키거나 출력을 줄이거나 또는 이상신호를 전달하게 하여 유지관리 효율을 높일 수 있도록 응용이 가능하다.

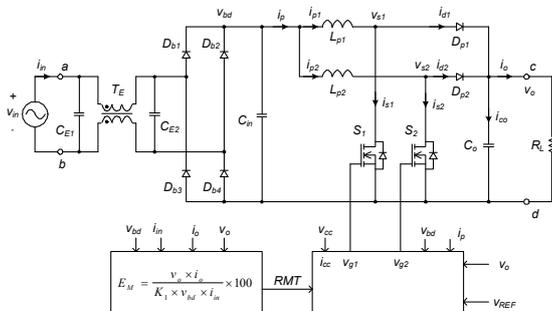


그림 3 동작효율 시험용 실험회로
Fig. 3 Experimental circuit for operating efficiency test

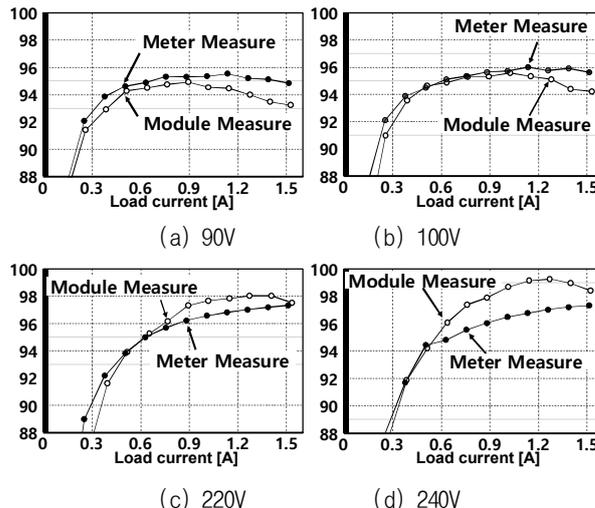


그림 4 계측효율과 측정효율 그래프
Fig. 4 Graph of the meter efficiency and the module efficiency

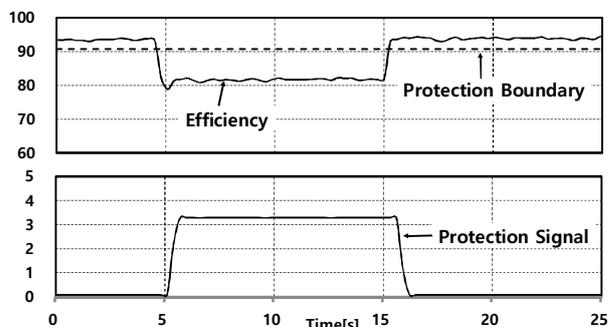


그림 5 동작효율 보호회로 시험결과
Fig. 5 The test results of a protection circuit

5. 결 론

본 논문에서는 스위칭 전원장치의 동작효율을 실시간 감시하고 기준 효율에 비해 동작 효율이 낮아지는 경우 회로가 보호되도록 시제품을 제작하고 그 시험결과를 보고하였다. 스위칭 전원장치의 내부손실을 고려한 계산효율 모델을 제안 하였으며 시험용 전원장치를 제작하여 수식 모델과 비교하여 적용가능하다는 것을 알 수 있었다. 또한 스위칭 전원장치의 동작효율 보호회로를 제안 시험하기 위해서 시험용 정류기를 제작하고 동작효율을 실시간 측정하고 모니터링하기 위한 측정모듈을 제작하고 적용하였으며 그 결과 동작효율을 실시간 감시가 가능하였으며 기준효율과 비교하여 보호회로가 동작하도록 신호를 출력하는 것이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

참고 문헌

[1] Zhiliang Zhang, Chuangang Xu, Yan Fei Liu, "A Digital Adaptive Discontinuous Current Source Driver for High Frequency Interleaved Boost PFC Converters", IEEE Trans. Power Electron. vol 29, no. 3, March. 2014

[2] Honggang Sheng, Fei Wang, Tipton, C.W. "A Fault Detection and Protection Scheme for Three Level DC DC Converters Based on Monitoring Flying Capacitor Voltage", IEEE Trans. Power Eletron. vol 27, no. 2, Feb. 2012