

아날로그 회로로 구현가능한 평균전류제어 저손실 Bypass센싱 방법

김석희, 이화석, 박종후
 숭실대학교

An analog circuited bypass current sensing method for average current control

Seok Hee Kim, Hwa Seok Lee, Joung Hu Park
 Soong Sil University

ABSTRACT

본 논문에서는 저항센서와 바이패스 스위치를 이용한 평균 전류 모드 제어의 부스트 컨버터 저손실을 측정하는 방법을 제안한다. 일반적으로 저항을 이용한 전류센싱 방법은 손실을 가지며 이는 전체 시스템의 효율을 감소시키게 된다. 제안된 전류 측정 기법은 저항센서에 병렬로 바이패스 스위치를 적용하여 전류센서에서 발생하는 손실을 바이패스 스위치를 통해 손실을 최소화 할 수 있다. 본 논문에서는 50W급 평균 전류 모드 부스트 컨버터를 제작하여 바이패스 스위치를 통한 효율 개선을 아날로그 회로로 구현하여 검증하였다.

1. 서 론

우리가 사용하는 전기전자 제품은 최적의 성능과 안정성을 위한 적정 전압 및 전류값을 가지고 있다. 하지만 외부환경의 변화에 따른 시스템 변화에 의해 최적 동작점이 변하게 되고 그로인해 오동작이 발생 할 수 있다. 그래서 제어시스템을 통해 외부환경의 변화에도 안정적으로 최적 동작점을 유지할 수 있도록 하는 제어 기술에 대한 연구가 대학 및 연구소에서 활발히 이루어지고 있다.

이러한 제어 기술을 적용하기 위해서는 시스템의 최적 동작점을 위한 측정 기술이 중요하다. 전압 측정의 경우 분압 및 전압 센서등 간단하게 측정이 가능하지만 전류측정은 그렇게 간단하지 않으며 방법 또한 여러 가지이다.[1-3] 본 논문에서는 가격이 낮고 범용적으로 사용되는 션트저항 측정법을 제시하였다. 션트저항 측정법은 가격이 낮지만, 저항손실이 발생하는 단점이 있다. 본 논문에서는 그것을 보완하는 방법으로 $R_{DS(on)}$ 이 낮은 MOSFET을 전류 감지 저항에 병렬로 연결하여 센싱할 전류 지점만 제외하고 나머지 전류를 바이패스 시킴으로써 센싱 저항에 걸리는 전력손실을 최소화 시킨다.

본 논문에서 제안하는 저손실 션트저항 측정방법으로 평균 전류 모드 제어방식의 부스트 컨버터에 적용하여 같은 조건 하에 기존 션트저항 측정법과 비교하여 본 논문에서 제안하는 방식이 저손실 측면에서 우수함을 증명하였다.

2. 본 론

2.1. 동작원리

그림 1은 본 논문에서 제안한 바이패스 스위치를 이용한 션트 저항 전류 센싱 회로 구성이다. 스위칭 전류를 샘플링 앤홀더를 통하여 평균 인덕터 전류값과 동일한 시점에서 센싱하여 보상기의 레퍼런스 전압에 맞추어 추종하게 된다. 보상기의 출력 컨트롤 전압은 발진회로에서 나오는 삼각파와 비교되어 주 스위치의 PWM을 만들게 된다. 즉, 보상기의 레퍼런스 전압에 의해 PWM의 시비율과 출력 전압, 전류가 변동하게 된다. 만약 기존 평균 전류 제어 모드 방식이라면 그림 1에서의 스위칭 전류(i_{sw})가 항상 저항에 걸려 손실이 발생한다. 하지만 본 논문에서 제안하는 저손실 션트 저항 측정법은 센싱에 필요한 평균점만 센싱하므로 션트 저항에 걸리는 손실이 작아지게 된다. 그림 2처럼 전류의 평균점만 센싱을 하여도 동작에는 이상이 없고 션트 저항에 흐르는 전류(i_{sen})가 바이패스 스위치에 의해 통과된 것을 확인 할 수 있다. 센싱전류 파형이 정상적으로 나오고 있는 것을 PSIM으로 시뮬레이션 하였다.

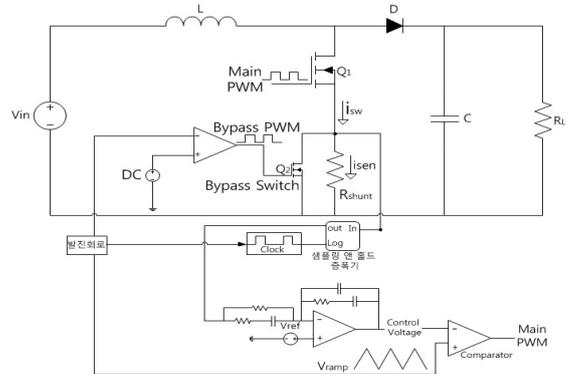


그림 1 제안된 평균전류모드 제어 부스트 컨버터



그림 2 제안된 평균전류모드제어 부스트 컨버터의 주요 파형

2.2. 효율분석

기존의 shunt 저항 측정방식의 소비전력($P_{sen,loss}$)은 단순히 shunt 저항(R_{shunt})에 흐르는 전류($I_{R_{shunt}}$)와의 관계를 이용하여 소비전력($P_{R_{shunt}}$)을 구할 수 있다. [4 5]

$$P_{sen,loss} = P_{Risen} \quad (1)$$

$$P_{Risen} = I_{Risen}^2 \cdot R_{isen} \quad (2)$$

$$P_{sen,loss}' = P_{Risen}' + P_{MOSFET} \quad (3)$$

$$P_{Risen}' = I_{Risen}'^2 \cdot R_{isen}' \cdot (1 - D_{bypass}) \quad (4)$$

$$P_{MOSFET} = P_{cond} + P_{sw} \quad (5)$$

$$P_{cond} = I_{Risen}'^2 \cdot R_{DS(on)} \cdot D_{bypass} \quad (6)$$

$$P_{sw} = P_{off} + P_{on} \quad (7)$$

여기서 스위치 상태 변화에 따른 스위칭손실은 극히 작은 값이므로 본 논문에서는 고려하지 않았다.

본 논문에서는 입력 전압 30V에 입력전류 1.7A를 사용하였으므로 기존의 저항센서의 소비 전력은 식 (1),(2)를 통해 다음과 같은 값을 가진다.

$$P_{sen,original} = P_{Risen} = 1.156[W] \quad (8)$$

제안하는 shunt 저항 측정방법에서의 소비전력은 식(3) (9)에 의해 다음과 같은 값을 가진다.

$$\begin{aligned} P_{Risen}' &= 0.289[W] \\ P_{cond} &= 0.13[W] \\ P_{sen,suggest} &= P_{Risen}' + P_{cond} = 0.419[W] \end{aligned} \quad (9)$$

따라서, 손실이 약 63% 감소함을 예상할 수 있다.

2.3. 실험 구성

컨버터의 주스위치는 MOSFET(IRFP350)을 사용하였고, 평균 전류 모드 구성은 비교기(LM339N)와 OPAMP(TL084)를 사용하였다. 바이패스용 스위치는 IRF530을 사용하였고 샘플링 앤 홀드 증폭기(LF398)를 사용하여 전류파형의 샘플링 값을 측정하였다. 표 1에 실험조건과 파라미터를 나타내었다.

표 1 하드웨어 설계 파라미터

Main Switch	IRFP350	Switching Freq	50[kHz]
Bypass Switch	IRF530	Vin	30[V]
Inductor, L	720[uH]	Vout	50[V]
Capacitor, C	330[uF]	Load Resistance	50[Ω]
Shunt Res,	1[Ω]	Output Power	50[W]

2.3. 실험 결과

그림 3은 기존의 셉트 저항 센싱 방법에서의 셉트 저항에 흐르는 전압, 전류, 전력이고, 그림4은 제안된 방법의 셉트 저항에 걸리는 전압, 전류의 곱에서 평균값을 나타낸 실제 파형이다. 그 수치를 정리해 놓은 표 2를 보면 기존 센싱방법과 제안된 센싱방법의 이론값과 측정값이 거의 비슷하다는 것을 확인할 수 있다. 결과적으로 제안된 바이패스 셉트 저항 센싱 측정법

은 기존 셉트 저항 센싱 할 때 소비되는 전력을 낮출 수 있다.

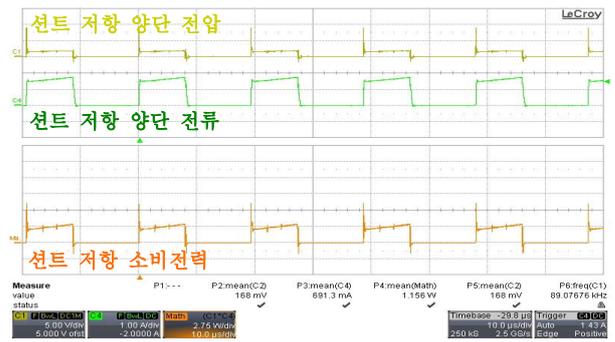


그림 3 기존 방식의 셉트저항에서의 전압, 전류, 전력

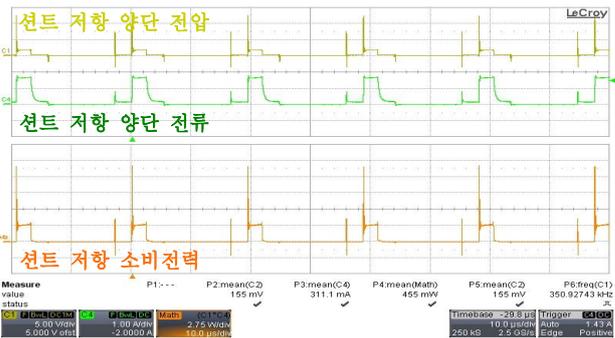


그림 4 제안된 방식의 셉트저항에서의 전압, 전류, 전력

표 2 shunt저항 손실 전력의 실험 결과

소비전력	이론값	측정값
기존 센싱 방법	1.156[W]	1.156[W]
제안된 센싱 방법	0.419[W]	0.455[W]

3. 결 론

본 논문에서는 기존의 셉트 저항을 이용한 전류 측정방법을 보완한 바이패스 스위치를 이용한 저손실 셉트 저항 전류측정방법을 제안하였고, 성능을 비교하였다 평균 전류 모드 제어 방식의 컨버터를 통해 기존 방식보다 제안된 센싱 방식이 소비 전력이 감소함을 보였다 본 논문에서 제안하는 바이패스 스위칭 기법에 의해 셉트 저항에 손실되는 전력을 감소시켜 불필요한 전력손실을 방지할 수 있다

참 고 문 헌

- [1] Hwa Seok Lee, I Daniel Thena Thayalan, Joung Hu Park, "Low Power loss Current Measurement Technique Using Resistive Sensor and Bypass Switch," The Transactions of the Korean Institute of Power Electronics, October 2012, pp 416 419
- [2] Do Yun Kim, "Phase Current Sensing Method Using Three Shunt Resistor for Three Phase Inverter," 2011 Power Electronics Annual Conference, pp 235 236
- [3] K H Yeon, S D Kim, D Son, "Current Sensor Based on Hall Sensor and Magnetic Core for Hybrid Vehicle," ICAUMS2010 International Conference of Aums, December 5 8 2010
- [4] Doo Yong Jung, "Soft Switching Boost Converter using a Single Switch," 2009 Power Electronics Annual Conference, pp 211 219
- [5] Jin Bae Kim, "Soft Switching DC/DC Converter Using Boost," 2009 Power Electronics Annual Conference, pp 436 437