승압형 컨버터의 고효율화 방안연구

한동화, 이영진, 최중묵, 정병환*, 신우석**, 최규하
건국대학교 전기공학과, 삼성 탈레스*, 두원공과대학**

Improving the efficiency for step up converter

Han D.H, Lee Y.J, Choi J.M, Jung B.H, Shin W.S, Choe G.H
Konkuk University, Samsung Th ales, Doowon Tech college

ABSTRACT

본 논문에서는 연료전지와 같은 신재생에너지원을 상용전환으로 변환시 낮은 직류전압을 높은 직류 전압으로 변환하는 승압형 DC/DC 컨버터의 고효율화 방안을 다룬다.
하드스위칭 컨버터의 경우, 스위치 소자의 병렬수 변화와 인덕터의 재질 변화, 쇼트키 다이오드의 사용으로 고효율화를 꾀한다. 소프트 스위칭 컨버터의 스위치에서 발생하는 손실을 스위칭 주파수와 공진주파수의 비로 수식적으로 해석하고자한다.

1. 서론

화석연료의 고갈을 맞이하여 연료전지와 같은 신재생에너지원이 대두되고 있다. 연료전지의 경우의 출력은 사용전원과 다른 낮은 DC의 출력을 가져 전력변환장치의 사용이 필수적이다. 이 전력변환장치는 DC/DC 컨버터와 DC/AC 인버터로 구성되어지는데, 효율면에서 살펴볼 경우 현재 DC/AC 인버터는 96% 정도로 잘 개발되어져 있으며, DC/DC 컨버터의 경우는 아직 부족한 실정이다.[1]

전체 전력변환시스템은 DC/DC 컨버터와 DC/AC 인버터의 직렬로 구성되기에 각각의 효율의 곱이 전체 시스템의 효율이 된다. 그러므로 전체 전력변환시스템의 효율 상승을 위해서는 DC/DC 컨버터의 효율향상이 시급한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 승압형 컨버터의 고효율화 방안에 대하여 하드스위칭 DC/DC 컨버터와 소프트 스위칭 DC/DC 컨버터에 대하여 알아본다.

2. 하드스위칭 DC/DC 컨버터

2.1 하드스위칭 DC/DC 컨버터의 효율상승

기존의 연료전지용 DC/DC 컨버터로 Full-Bridge Type PCS와 Push-Pull Type PCS가 있으며 그림 1.에 나타내여져 있다. 이들 컨버터의 효율은 각각 90.04%, 91.12%로 실험을 통해 찾을수 있었으며, 인버터의 경우는 동일하게 96.7% 정도의 고효율 특성을 가졌다. 전체 전력변환시스템의 효율 향상을 위해서는 컨버터부의 효율향상이 필요하다. 위에서 언급한 스위치수의 병렬화, 정류부 다이오드를 쇼트키로 변경, 인덕터 재질 변경을 통해 Full-Bridge Converter에서는 3 ~ 3.5% 정도의 효율상승을 보였으며, Push-Pull Converter의 경우는 1.5%의 효율상승을 보였으며, 세부사항은 표 1.과 같다.

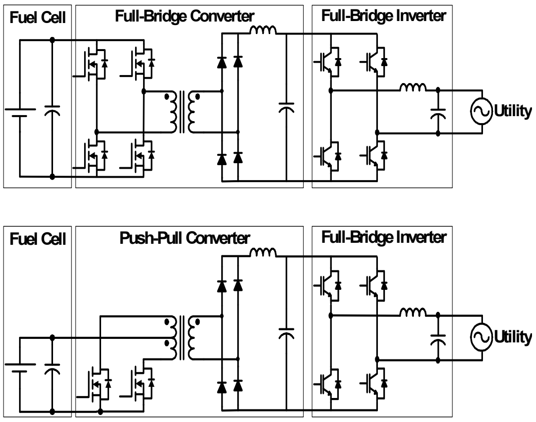

그림 1 하드스위칭타입 고주파절연 PCS
Fig. 1 Hard Switching type high frequency isolation PCS

표 1 하드스위칭 컨버터의 효율개선
Table 1 Efficiency improvement of hard switching converter

	FB Converter	PP Converter
스위치 병렬	최대 1.5 % (n=4)	최대 1.5% (n=4)
다이오드 변경	2 %	변동없음
인덕터 변경	0.1 ~ 0.3 %	0.1 ~ 0.3 %

Full-bridge Converter의 경우는 93%정도의 효율을 보였으나 전체 전력변환시스템의 효율을 고려할 경우 부족한 수준이다.

3. 공진형 DC/DC 컨버터

3.1 공진형 Push-Pull Converter의 개요 및 동작

공진형 동작이 가능한 Push-Pull Converter는 그림 2에 나타내어져 있으며, 이는 기존의 Push-Pull Converter와 유사한 형태를 가지며 정류부가 전압 더블러를 사용한 것이 다른점이다. 이 공진형 Push-Pull 컨버터는 기타 다른 공진형 컨버터와 달리 추가적인 L,C가 필요없이 공진형 동작이 가능한 특징을 가진다. 그림 2에서 알수있듯이 공진에 사용되는 L은 변압기의 누설인덕터를 사용하며, C는 전압 더블러를 사용한다. 이들의 동작은 이상적인 경우와 컨버터 내의 저항분을 고려하여 동작을 해석할 수 있다.

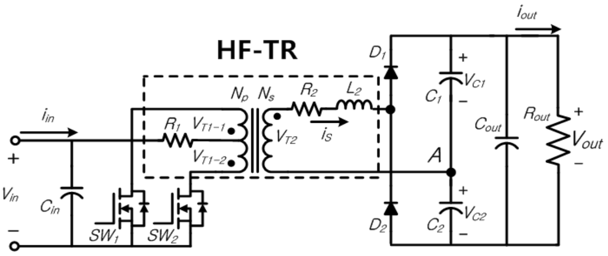

그림 2 공진형 Push-Pull 컨버터
Fig. 2 Resonant Push-Pull converter

변압기 2차측 전류는 이상적 경우와 실제의 경우에 의해 아래와 같은 수식으로 표현되며 이상적인 경우와 실제경우의 차이는 그림 3에서 나타난다..

- 이상적인 경우 $i_s = I_m \cdot \sin\omega_r t$
- 실제적 경우 $i_s = I_{mp} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin\omega_d t$

$$\omega_d = \sqrt{\omega_r^2 - \alpha^2}, \quad \omega_r = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_r}}, \quad \alpha = \frac{R_2}{2L_2}$$

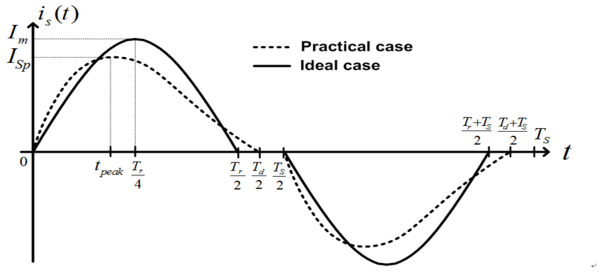

그림 3 변압기 2차측 전류
Fig. 3 Transformer secondary current

스위치전류는 그림3의 변압기 전류와 반주기씩 동일한 형태로 구성되며 이는 그림 4에 나타내어져있다.

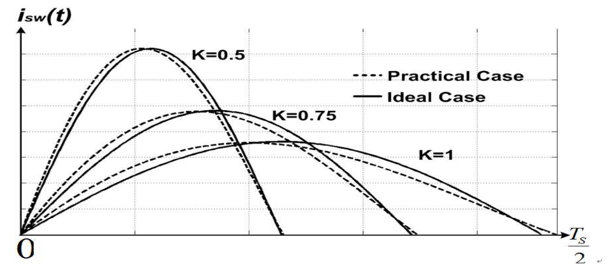

그림 4 스위치 전류
Fig. 4 The current of switch

3.2 공진형 Push-Pull Converter의 스위치 손실해석

그림4에서의 스위치 전류는 정현파의 형태를 지니게 되어 turn-on 시 손실이 발생하지 않게되며, 공진주기가 스위칭 주기내에 들어가면 turn-off시의 손실또한 발생하지않게 된다. 그러나 도통시의 손실은 발생하며 도통시 직류가 흐를 때 보다 큰 손실을 발생시킨다. 그림 4의 그림을 보면 K값에 의한 스위치의 파형을 나타내는데 여기서 K값은 스위칭주파수 / 공진주파수의 비로 표현된다. K값이 작아 지면 공진 주파수가 빨라져 도통구간은 줄어들게 되지만 전류의 peak치는 커지게 되어 손실또한 증가하게 된다.

스위치 도통시 직류가 흐를 경우에 비하여 K=1 일 때 스위치 도통손실은 $\frac{\pi^2}{8} = 1.234$배 만큼 증가하게 되며 K factor를 고려하면 $\frac{\pi^2}{8K}$배 만큼 증가하게 된다. 이로 보아 공진형 Push-Pull Converter의 손실을 최소화 하기위해서는 공진주파수와 스위칭 주파수가 거의 일치하도록 하는 것이 요구된다. 그림 5는 K값에 의한 도통손실의 변화를 나타내고 있으며 점선으로 표시된 것은 도통전류를 직류로 고려할경우의 스위치의 도통손실을 나타내고 있다.

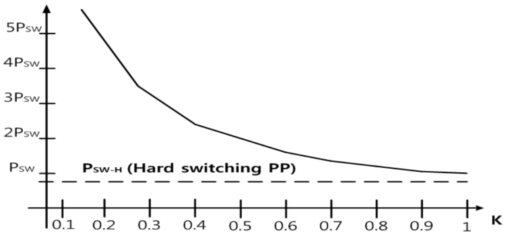

그림 5 K값에 의한 도통손실
Fig. 5 Conduction Loss by K factor

4.결론

본 연구 '승압형 컨버터의 고효율화 방안연구'를 통하여 기존에 널리 사용하는 하드스위칭 타입의 Full-Bridge Converter와 Push-Pull Converter의 고효율화 방안으로 소자의 변경을 통하여 Full-Bridge Converter의 경우 3 ~ 3.5%의 효율 상승을 보였으나, 전체 시스템의 고효율화를 위해서는 부족한 수준이었다. 공진형 컨버터에서는 96%이상의 고효율특성을 보여 전체 시스템의 고효율화에 적합함을 보였다. 스위치에서 발생하는 손실을 비교할 경우 도통손실에 한하여서 공진형 컨버터가 더 큼을 알수있는데 공진형 컨버터의 공진 주파수와 스위칭 주파수의 상관관계에 의한 도통손실의 변화를 수식적으로 해석하였다.

이 논문은 지식경제부(R-2007-1-015-01) 지원에 의하여 연구 되었음.

참 고 문 헌

[1] M.Hashem Nehrir " Modeling and Control of Fuel cells",

[2] V. Jone, N. Mohan, "Standby Power Supply with High Frequency Isolation", APEC'95. Conference Proceedings, pp. 990~994, 1995.

[3] Ned Mohan, Tore M. Undeland "Power Electronics: Converters, Applications, and Design" Wiley