

가정용 연료전지용 PCS 시스템 설계

이종곤, 최규영, 강현수, 이병국
성균관대학교 정보통신공학부

Design of a PCS System for Residential Fuel Cell Power Generation

Jong-Gon Lee, Gyu-Yeong Choe, Hyun-Soo Kang, Byoung-Kuk Lee
School of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

Abstract - 본 논문은 여러 컨버터 토플로지 중 연료전지의 특성에 맞는 컨버터를 선정하고 인버터 설계를 통하여 연료전지용 PCS시스템을 구현하였으며 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

1. 서 론

최근 화석 에너지 고갈과 자연환경의 파괴로 인하여 대체 에너지의 개발이 활성화되고 있다. 다른 대체 에너지와는 달리 연료전지는 위치 제약이 없고, 발생하는 열을 이용하여 전체 에너지 시스템의 효율을 높일 수 있어 관심이 증대되고 있다. 하지만 연료전지는 저전압 고전류 특성 때문에 컨버터 토플로지 선택에 어려움이 있고 가정용 연료전지의 경우 인버터를 통해 AC 220V 출력해야 함으로 인버터 설계의 문제점이 있다.

본 논문에서는 가정용 연료전지용 PCS 시스템 설계를 위하여 여러 컨버터 토플로지를 비교하여 분석하여 연료전지 특성에 맞는 컨버터 토플로지를 선정하였으며, 이론적인 수식을 바탕으로 인버터를 설계하였다. 시뮬레이션을 통해 컨버터와 인버터의 성능을 확인하였다.

2. 시스템 구성

2.1 컨버터 선정

연료전지에 사용 되는 DC/DC 컨버터에는 많은 종류가 있다. 교류-교류 승압방식은 저주파 변압기를 사용하기 때문에 부피상승의 요인으로 되어 Buck, Boost와 같은 비절연 방식은 높은 승압비를 얻기 어렵다[1]-[2]. 그래서 표 1과 같이 고주파 변압기를 사용하는 푸시풀, 하프브리지, 풀브리지 컨버터를 비교하였다. 단 코어의 이용률이 낮은 토플로지는 고려하지 않았다.

표 1 DC/DC 컨버터의 비교

| 토플로지 | 전압스트레스 | 전류스트레스 | 스위치의 수 |
|-------|--------|--------|--------|
| 풀브리지 | 100% | 100% | 4 |
| 하프브리지 | 100% | 200% | 2 |
| 푸시풀 | 200% | 100% | 2 |

본 논문에서는 1KW시스템으로 제안된 토플로지 중 스위치수는 많으나 전압 전류 스트레스가 적은 풀브리지 방식을 선정 하였다. 선정한 풀브리지 컨버터의 종류는 전압형과 전류형으로 구분되어 진다. 그림 1(a) 전압형은 인버터 전류의 환류가 변압기 2차측의 다이오드 정류기를 통해 이루어지고, 그림 1(b) 전류형은 변압기 1차측의 스위칭 소자를 통해 이루어진다. 또한 전압형의 경우 연료전지 입력부의 전류리플을 억제하기 위해 큰 용량의 필터가 필요하지만, 전류형의 경우는 상대적으로 작은 용량의 필터가 요구되어 진다.

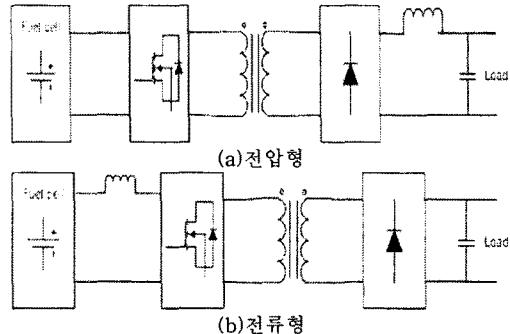


그림 1 전압형과 전류형 DC/DC 컨버터

그러나 전류형의 평활용 인덕터는 전압형에 비해 많은 전류가 흐르게 되므로 인덕터의 권선량이 많아져 제작, 부피 면에서 불리하게 된다. 그러므로 전류형은 인덕터 제작과 부피에 따른 문제점으로 인해 입력 전류가 수십 암페어급인 경우 적합 하며 그 외의 경우는 그림 1(a)의 전압형을 적용 하여 입력 전류의 리플을 적절히 억제할 수 있는 필터를 설치하는 것이 필요하다[3]. 본 논문에서는 최종적으로 전압형 풀브리지 컨버터를 선정하였다.

2.2 인버터 선정

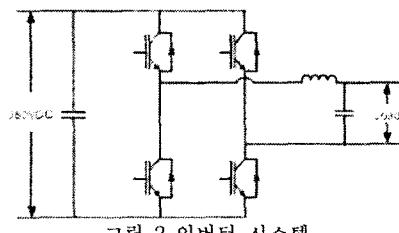


그림 2 인버터 시스템

인버터는 그림 2와 같이 단상 Full-Bridge방식의 PWM 인버터를 사용하였다. 연료전지가 독립운전으로 사용될 경우 인버터의 구형과 출력에서 고조파를 제거하고 기본 정현파만을 출력하기 위하여 LC필터가 필요하다. LC필터의 내부 임피던스가 크면 부하전류의 급격한 변동 시, 출력전압이 크게 변화하는 결점이 생긴다. 따라서 LC필터는 가능한 한 소규모가 되도록 설계할 필요가 있다.

3. 시스템 설계

설계에 관한 사항은 표 2에 있는 파라미터를 사용 설계를 하였다. DC/DC 컨버터에 사용되는 고주파 변압기

의 권선비는 1차측 식(1), 2차측 식(2)와 같다. 식 (1)에서 A_e 의 값은 329,이고 ΔB 의 값은 0.19로 하여 고주파 변압기의 권선비는 3:34로 선정하였다.

표 2 설계 사항

| DC/DC 컨버터 | | DC/AC 인버터 | |
|-----------|-------|-----------|---------|
| 전원 | 1KW | 입력 전압 | 380VDC |
| 입력 전압 | 40VDC | 출력 전압 | 220Vac |
| 리플 | 0.1V | 출력 전류 | 4.54Aac |
| 스위칭 속도 | 50K | 스위칭 속도 | 4.5K |

$$N_p = \frac{V_{in} \cdot D_{max} \cdot T_s}{2\Delta B A_e} \quad (1)$$

$$N_s = \frac{1}{\eta} \times \frac{V_o + V_F + V_I}{D_{max} \cdot 2V_{min}} \cdot N_p \quad (2)$$

$$L \geq \frac{V_o (0.5 - D_{MIN}) T}{2I_{Omin}} \quad (3)$$

컨버터 인덕터의 값은 식(3)을 이용 전류연속모드로 동작하기 위해 계산값보다 10% 큰 4mH으로 선정하였다.

커패시터의 크기는 식(4)와 같다. 여기서 D_{MIN} 은 0.246으로 하여 커패시터의 크기를 12F으로 하였다.

$$C = \frac{V_o (0.5 - D_{MIN})}{8L \Delta V_o f^2} \quad (4)$$

DC/AC 인버터의 LC필터는 부하 변동 시 원활히 제어하기 위해서 가능한 작게 설계를 하였다. 부하 인피던스의 값은 식 (5)와 같다.

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{220^2}{1000} \quad (5)$$

LC필터의 인덕터, 커패시터는 각각 부하 임피던스의 2%, 10%를 고려 2.56mH, 7.3F으로 선정하였다.

4. 시뮬레이션

설계한 파라미터를 이용하여 시뮬레이션 툴인 PSIM으로 시뮬레이션 하였다. 그림 3은 시뮬레이션 회로도이다. 컨버터, 인버터의 제어는 일반적으로 사용되지만 제어성능이 좋은 PI제어기를 사용하였다.

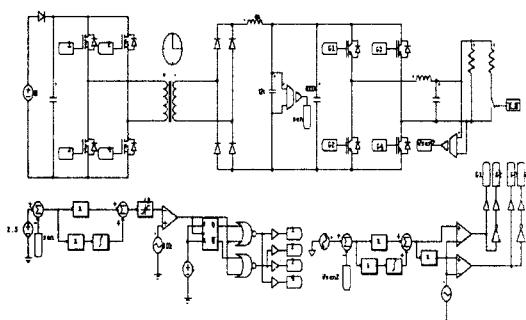


그림 3 시뮬레이션 블록도

그림 4와, 그림 5는 컨버터, 인버터의 각 부 파형을 나타낸다.

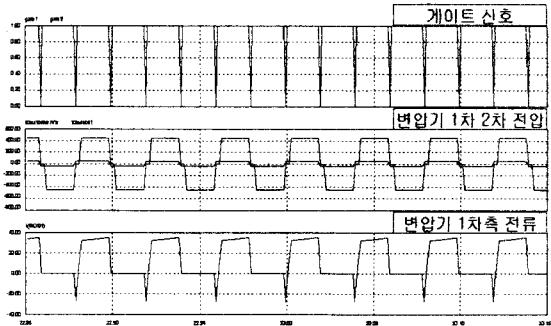


그림 4 DC/DC 컨버터의 각 부 파형

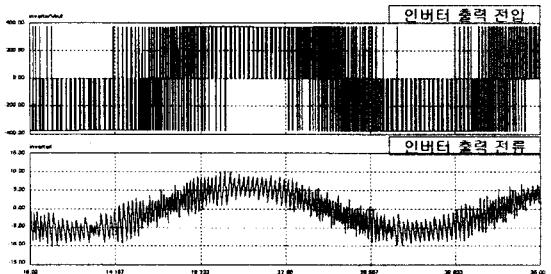


그림 5 DC/AC 인버터의 출력 파형

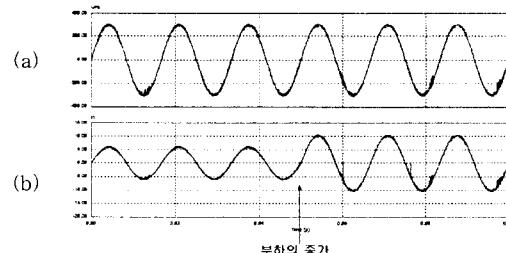


그림 6 출력 파형 (a) 전압, (b) 전류

그림 6을 통해 설계된 가정용 연료전지용 PCS의 성능이 부하의 변동에서도 제어가 잘됨을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문은 1kW 가정용 연료전지용 PCS 설계를 위해 토클로지를 비교하여 전압형 풀브리지 컨버터를 선정하였다. 시스템의 성능을 시뮬레이션을 통해 증명하였다. 가정용 연료전지용 PCS 설계 시 본 논문을 활용 할 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 최세완, “연료전지 발전시스템에서의 전력전자기술”, 전력전자학회지 특집기사, pp.30-35, 2003.8.
- [2] 김성호, 장한근, 강수진, 원충연, 김윤호, “연료전지 시스템용 양방향 DC-DC컨버터 설계 및 제어”, 전력전자학회:학술대회지, 2004년도 전력전자학술대회 논문집(2), pp.479-483, 2004.
- [3] 최시영, 김래영, 권형남, 정준모, 서인영, “가정용 연료전지시스템의 제동접속을 위한 Power Conditioner 개발”, 전력전자학회:학술대회지, 2004년도 전력전자학술대회 논문집(2), pp.498-500, 2004.