

SEPIC-Flyback 컨버터를 적용한 연료전지 발전시스템

지용혁*, 김재형*, 장수진*, 원충연*, 김수석**
*성균관대학교, **서울산업대

Fuel Cell Generation System with SEPIC-Flyback Converter

Y. H. Ji*, J. H. Kim*, S. J. Jang*, C. Y. Won*, S. S. Kim**
*SungKyunKwan University, **Seoul National University of Technology

ABSTRACT

본 논문에서는 연료전지 발전시스템을 제안하였다. 제안된 시스템에서 DC-DC 컨버터는 인덕터 에너지 저장형인 Flyback 컨버터와 커패시터 에너지 저장형인 SEPIC 컨버터를 변압기를 이용하여 2차측 출력을 결합한 SEPIC-Flyback 컨버터로 스위치의 온·오프시 모두 승압이 가능하여 저전압/대전류의 특성을 갖는 연료전지 시스템에 적합하다. 이를 계통연계형 인버터 시스템에 적용하여 최적화된 연료전지 발전시스템을 제안하였다.

1. 서 론

국내 전력 수요는 급속한 산업발달과 생활수준의 향상으로 인하여 급격히 증대되고 있으며 이에 따른 발전 설비의 확충이 시급한 실정이다. 기존의 화석연료를 사용한 발전의 경우 환경오염문제, 산업정책문제, 및 지역이기주의 등으로 인해 발전 설비 확충이 어렵기 때문에 이에 대한 대안으로 무공해 대체에너지에 대한 관심이 높아지고 있다.^[1]

신재생에너지라 불리는 무공해 대체 에너지에는 태양광, 풍력, 연료전지 등이 있으며 연료전지의 경우 다른 신재생에너지에 비해 환경적인 영향이 적은 장점을 가진다.

본 논문에서는 연료전지 발전 시스템에 적합한 발전시스템을 제안하였으며, 시뮬레이션을 통하여 제안된 시스템의 성능을 확인한다.

2. 연료전지 발전시스템

2.1 연료전지의 특성

연료전지는 이온화된 수소와 산소의 반응에 의해 물과 전자가 발생하는 원리를 이용한 것으로 발생된 전자를 외부로 흐르게 하여 직류전류를 발생시킨다.

그림 1에 연료전지 단위셀의 V-I 특성곡선을 나타내었다. 연료전지의 V-I 특성곡선은 Activation region, Ohmic region, Concentration region으로 구분되며, 실제로 Ohmic 영역에서의 연료전지 출력을 사용하여 발전한다. V-I 특성곡선으로부터 전류가 커질수록 전압이 작아지고, 전력은 상승하는 특성을 확인할 수 있다.

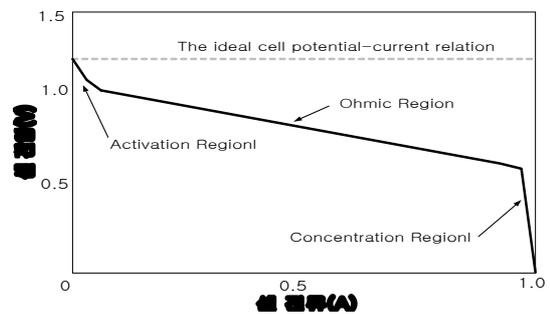


그림 1 연료전지 단위셀의 V-I 특성곡선
Fig. 1 V-I characteristic of a unit fuel cell

2.2 연료전지 발전시스템의 구성

연료전지는 저전압/대전류의 출력특성을 갖는 직류전원이기 때문에 연료전지 발전시스템에는 연료전지로부터 생성된 전력을 상용전원에 안정하게 공급하기 위해 승압형 DC-DC 컨버터 및 DC-AC 인버터 전력변환 장치가 반드시 필요하게 된다.

본 논문에서 제안한 연료전지 발전시스템에서는 DC-DC 컨버터로 SEPIC-Flyback 컨버터를 적용하였고, AC-DC 인버터로 Full-bridge 계통연계형 인버터를 적용하였다. 그림 2에 본 논문에서 제안한 발전시스템의 구성도를 나타낸다.

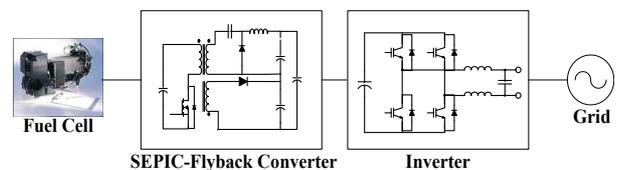


그림 2 제안된 발전시스템 구성도
Fig. 2 Proposed generation system diagram

2.3 SEPIC-Flyback 컨버터

그림 3은 본 논문에서 제안한 SEPIC-Flyback 회로도를 나타낸다. 하나의 코어를 이용한 3권선 변압기를 사용하여 변압기 2차측에 SEPIC(Single Ended Primary Inductor Converter) 컨버터와 Flyback 컨버터의 출력을 결합한 형태를 취하고 있다.

주 스위치가 온(ON)일때, 변압기 1차측의 에너지를 변압기 2차측의 SEPIC 컨버터를 통하여 출력으로 전달하고, 주 스위치 오프(OFF)시에 1차측 에너지를 2차측의 Flyback 컨버터를 통하여 출력으로 전달한다. 그림 4에 주스위치 ON-OFF에 따

큰 컨버터의 동작원리를 나타내었다.

주 스위치가 ON일때, 변압기 1차측의 양단에는 연료전지의 출력전압이 인가된다. 이때 변압기의 자화 인덕턴스에 에너지가 축적되고, 2차측의 다이오드 D_1 과 D_2 는 역바이어스되어 OFF 상태가 된다. 변압기 1차측의 에너지는 2차측의 SEPIC단 권선을 통하여 전달이 되고 커패시터 C_1 에 충전되었던 에너지가 방출하면서 인덕터 L_1 에 전류는 상승하게 된다.

주 스위치가 OFF일때, 변압기 2차측에는 전 상태와 반대 극성의 전압이 유기되어 다이오드 D_1 과 D_2 는 ON 상태가 된다. 변압기 자화 인덕턴스에 축적되었던 에너지는 2차측 Flyback 단 권선을 통하여 출력측으로 전달됨과 동시에 SEPIC단의 커패시터 C_1 을 충전시킨다. 이때 L_1 에 축적되었던 에너지가 방출하며 SEPIC단 출력 커패시터로 전달된다.

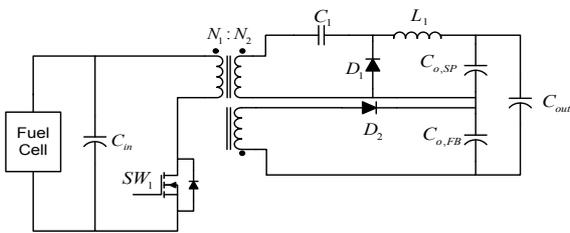
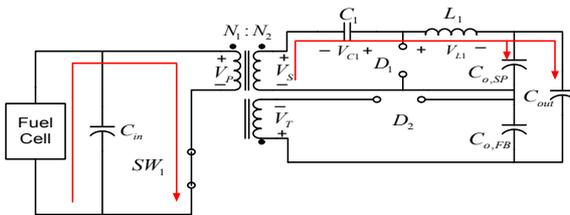
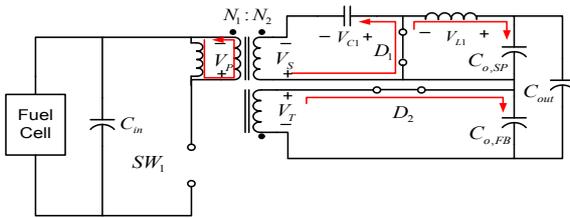


그림 3 세픽 플라이백 컨버터 토폴로지
Fig. 3 A topology of the SEPIC-Flyback converter



(a) Switch ON



(b) Switch OFF

그림 4 스위치 온-오프에 따른 SEPIC-Flyback 컨버터의 동작
Fig. 4 Operations of the SEPIC-Flyback converter according to the main switch on-off

연료전지 발전시스템에 사용되는 승압형 컨버터는 출력전력이 커질수록 전압이 낮아지는 연료전지의 특성을 고려하여 높은 승압비를 가져야 한다. 또한 연료전지 출력전류 리플이 연료전지의 수명에 영향을 미치기 때문에 연료전지 출력단에 연결된 컨버터의 스위칭 동작에 의한 컨버터 입력전류의 맥동이 작아야 한다. SEPIC-Flyback 컨버터는 Buck-Boost 컨버터와 같은 승압비를 가지며, 최종적으로 변압기의 권선비로 승압을 하므로 높은 출력전압을 얻을 수 있고, 컨버터 입력전류의 맥

동이 작다. 그림 5에 입력전류 맥동 비교를 나타내었다.

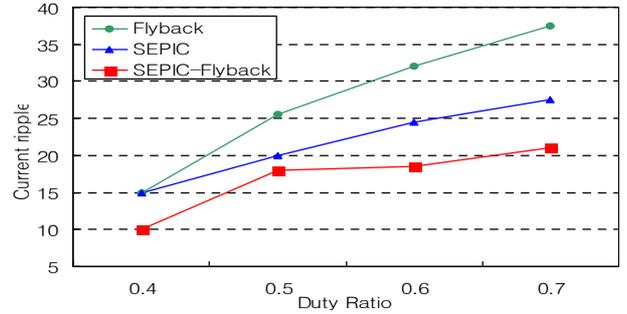


그림 5 컨버터의 입력전류 맥동 비교
Fig. 5 Comparison of the converter input current ripple

2.4 계통연계형 인버터

그림 6은 본 논문에서 사용한 Full-bridge 단상 계통연계 인버터와 그 제어 블록도를 나타낸다.

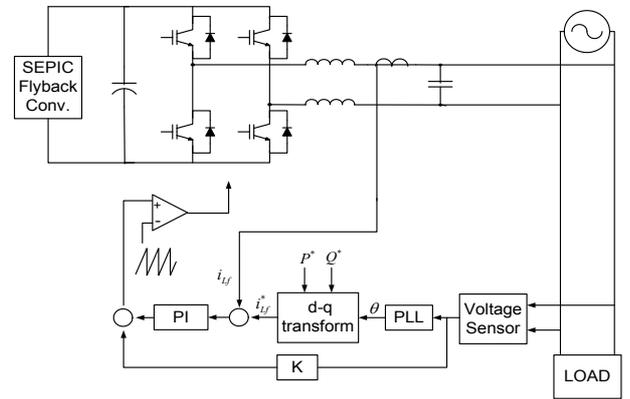


그림 6 제안된 인버터 시스템과 그 제어 블록도
Fig. 6 Proposed inverter system and the control block diagram

연료전지 시스템과 같은 대체 에너지 발전 시스템의 계통연계형 인버터는 인버터 출력전압과 계통 전원의 위상이 동기화 되도록 하는 PLL회로, 주파수를 계통주파수와 일치시켜주기 위한 주파수 조정회로, 전압을 일치시켜주기 위한 전압 조정회로, 인버터의 스위칭을 조절하는 PWM 제어회로, 그리고 인덕터 출력을 정현파에 근사하도록 하는 출력 LC필터로 구성된다.

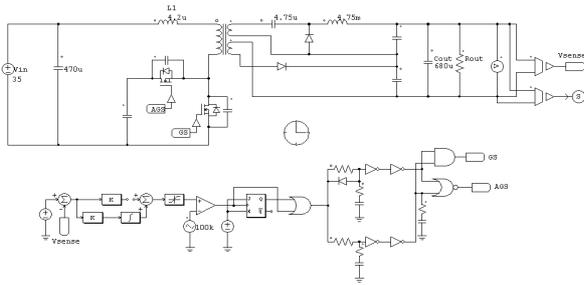
본 논문에서는 All Pass Filter를 사용한 가상 2상 방식을 사용하여 위상각을 검출하고 이를 동기 좌표계로 좌표 변환하여 전류 기준 신호와 전압 기준 신호를 발생하고 PI제어기를 사용하여 기준신호를 추종한다.

3. 시뮬레이션

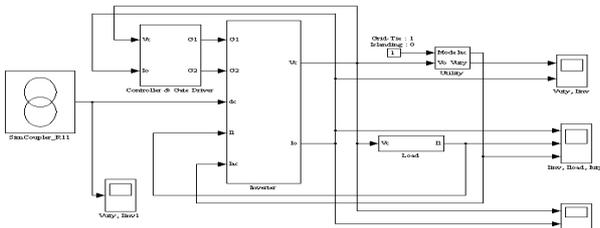
본 논문에서는 PSIM으로 SEPIC-Flyback 컨버터를 구성하고 Matlab으로 인버터 시스템을 구현하여 Simcoupler를 통하여 이를 연동하였다. 표 1은 시뮬레이션에 사용된 컨버터 및 인버터의 파라미터를 나타내고, 그림 7은 본 논문에서 제안한 시스템의 시뮬레이션 회로도를 나타낸다.

표 1 시뮬레이션 파라미터
Table 1 Simulation parameters

Converter		Inverter	
Parameter	Value	Parameter	Value
입력전압	24-48[V_{dc}]	용량	1.2[kW]
스위칭주파수	100[kHz]	입력전압	380[V_{dc}]
변압기권수비	1:4:4	스위칭주파수	10[kHz]
출력전압	380[V_{dc}]	출력전압	220[V_{ac}]
SEPIC 커패시터	4.75[μ F]	출력 인덕턴스	2[mH]
SEPIC 인덕터	4.75[mH]	출력커패시턴스	10[μ F]



(a) SEPIC-Flyback 컨버터 PSIM 시뮬레이션 회로



(b) 인버터의 Matlab Simulink 회로

그림 7 제안한 시스템의 시뮬레이션 회로
Fig. 7 Simulation schematic of the proposed system

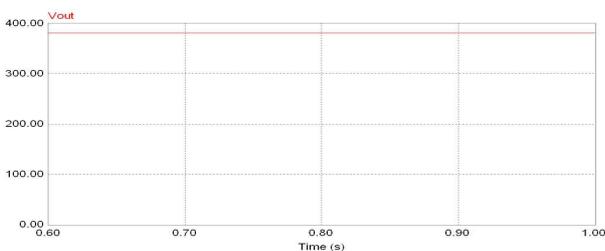


그림 8 컨버터 출력전압
Fig. 8 Converter output voltage

그림 8은 컨버터 출력전압을 나타낸다. 출력전압이 380V로 제어되는 것을 확인할 수 있다.

그림 9는 연료전지 시스템 독립운전시의 인버터 출력전류, 계통전류, 부하전류를 나타낸다. 부하에 공급되는 전력은 인버터에서 공급하고 있으며 계통에서 부하로 흐르는 전류는 0이다.

그림 10은 시스템의 연계운전시의 출력전류, 계통전류, 부하전류를 나타내고 있다.

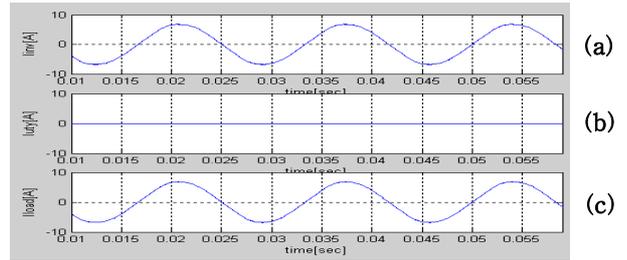


그림 9 독립운전시 시뮬레이션 결과
(a)인버터 출력전류, (b)계통전류, (c)부하전류
Fig. 9 Simulation result of stand-alone mode

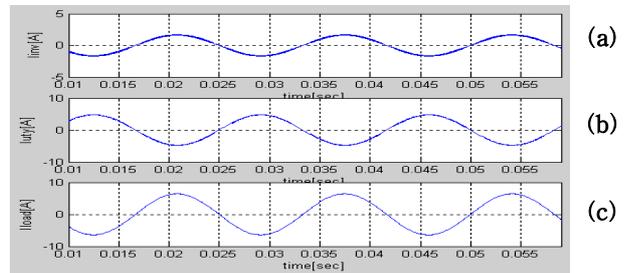


그림 10 계통연계 운전시 시뮬레이션 결과
(a)인버터 출력전류, (b)계통전류, (c)부하전류
Fig. 10 Simulation result of Grid-connected mode

4. 결 론

본 논문에서는 SEPIC-Flyback 컨버터를 적용한 연료전지 발전시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 연료전지 출력전류의 리플이 적기 때문에 연료전지의 수명을 길게하고 연료전지 시스템을 안정화 할 수 있으며 연료전지 발전에 적합하다. 이를 시뮬레이션을 통하여 타당성을 입증하였다.

참 고 문 헌

- [1] Nanaharatoshiya "Outline of Dispersed Power System", 전철기술, 2002.
- [2] Arruda L.N., Silva S.M., Filho B.J.C., "PLL structures for utility connected system", in IAS2001, Volume4. pp 2655-2660, 2001.
- [3] 김홍성, "3상 계통연계 태양광 발전 시스템의 제어기 설계", 건국대학교 박사학위논문, 1998.
- [4] 정상민, "소형분산발전을 위한 계통연계형 인버터 시스템 개발", 서울산업대학교 석사학위논문, 2005.