

변압기 및 인덕터 구성에 따른 특성 분석

안교상, 임희천, 김신섭, 황인호
 한전전력연구원, 핵스파워시스템(주), 충북과학기술대학교

An analysis on the characteristic of inverter by the different factor both transformer and inductor

KEPRI-KEPCO, Hex Power System, Chungbuk Provincial University of Science & Technology

Abstract-

This paper describes an efficient comparison of the different factor both transformer and inductor. And also the 3 kW class inverter was fabricated for the analysis of the Photovoltaic(PV) power system's performance.

The result of the performance of the 3 kW inverter showed that the total harmonics distortion(THD) was 3.19%, the conversion efficiency of the inverter was above 90 % at an over half load, respectively.

1. 서 론

태양광발전용 직·교류 전력변환기술은 태양전지로부터 나오는 직류전력을 교류전력으로 변환시키기 위한 인버터기술을 의미한다. 태양광발전용 인버터는 일반 전기기기를 사용할 수 있도록 하기 위해 태양전지의 직류출력을 상용주파수의 교류로 변환하는 것을 목적으로 개발 제품화되고 있다. 이 목적을 달성하기 위해서는 파형 왜곡이 작은 정현파를 안정적으로 출력할 필요가 있는데 고속스위칭이 가능한 MOSFET나 IGBT 등의 자기소호 소자의 대용량화와 제어기술의 발전에 의해 쉽게 가능하게 되었다.

한편 태양광 발전시스템의 코스트 중 PV 인버터가 점하는 비율은 10~20% 정도 되며 시스템 전체의 코스트 저감을 위해서도 인버터의 효율향상은 중요한 항목이다. 특히 맑은 날이 적은 기상조건에서는 정격부하시의 효율보다 80~50%정도의 부하시의 효율이 중요하다.

태양광 인버터는 순간벽지나 낙도 등 배전선이 없는 장소에 사용하는 독립전원방식과 배전선에 전력을 주입하여 사용하는 계통연계방식이 있다. 계통연계방식은 좁은 국토를 고려할 때 개인주택의 옥상에 태양전지를 설치하여 110V나 220V의 교류전원에 연계하는 2-5 kW정격의 소용량 PV 인버터 및 공공건물 옥상용 중규모 PV 인버터가 향후 중점 보급 될 것으로 예상된다.

본 논문에서는 계통연계형 태양광 발전용 인버터의 설계 및 제작에 있어서 가격저감과 효율향상을 위하여 3가지 경우의 구성 요소로 분류, 분석하여 최적조건을 갖는 구성요소로 제작하여 성능 특성을 분석한 결과에 대하여 논하고자 한다.

2. 본 론

2.1 태양광 발전용 계통연계형 인버터의 구성

태양광 발전용 인버터는 태양전지 어레이의 직류전원을 안전하게 공급받도록 구성된 입력부, 직류전압을 교류전압으로 변환하는 Power Stage, 절연 및 전압의 크기를 변환하는 변압기, 계통선에 안전하게 전력을 공급하는 계통연계부, 각 부분을 제어하기 위한 주제어기관, 각종 신호를 감지하고 보호 동작을 위한 접점 출력을 발생하는 센싱 및 Relay 기관, 시스템에 필요한 DC전원을

공급하기 위한 보조전원 및 IGBT를 적절히 구동하기 위한 보조전원 및 IGBT 구동회로 기관, 각종 표시 및 설정/제어를 위한 Display 및 Key-Pad부 등으로 구성되어 있다. 그림 1은 계통연계형 태양광 발전용 인버터 Hardware적 구성을 나타내었다.

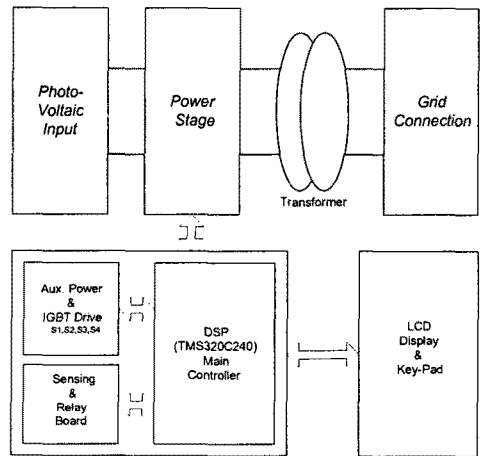


그림 1. 연계형 인버터의 Block Diagram

그림 2는 3kW급 태양광발전용 계통연계형 인버터에 적용되는 전력회로도를 보여주고 있다. 인버터의 전력회로부는 태양전지의 역류를 방지하기 위하여 Diode를 설치하였고, 입력전압의 안정화를 위한 입력단 커패시터 CBANK, Power Stage 이상시 보호 및 안전을 위한 Fuse, 4개의 IGBT를 이용하여 단상 Full-Bridge로 구성된 DC-AC 변환부, AC출력의 Filtering을 위하여 Inductor와 Capacitor로 구성된 Filter부, 절연 및 전압 보정을 위한 Transformer, 출력단의 연결을 제어하기 위한 M/C, 입출력단을 수동으로 연결하기 위한 NFB를 구성하였다

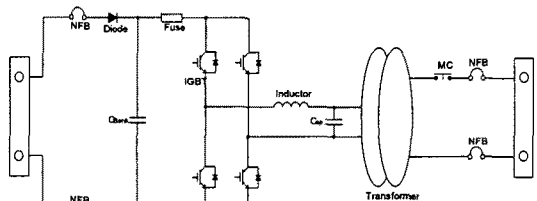


그림 2 태양광 발전용 인버터의 전력 회로도

2.2 변압기 및 1차 인덕터 구성에 따른 성능비교

표 1 구성별 비교 분석

구 성	부하량 (%)	THD (%)	CF
Ungapped, 500uH 인덕터	100	1.49	1.46
	70	2.54	1.47
	50	3.23	1.49
	20	8.11	1.59
Gapped, 500uH 인덕터	100	1.49	1.46
	70	2.57	1.46
	50	2.96	1.47
	20	5.49	1.52
Gapped, 인덕터 없음	100	2.16	1.46
	70	2.50	1.47
	50	3.44	1.49
	20	13.14	1.71

표 2 부하량별 비교 분석

부하량 (%)	구 성	THD (%)	CF
100	Ungapped, 500uH 인덕터	1.49	1.46
	Gapped, 500uH 인덕터	1.49	1.46
	Gapped, 인덕터 없음	2.16	1.46
70	Ungapped, 500uH 인덕터	2.54	1.47
	Gapped, 500uH 인덕터	2.57	1.46
	Gapped, 인덕터 없음	2.50	1.47
50	Ungapped, 500uH 인덕터	3.23	1.49
	Gapped, 500uH 인덕터	2.96	1.47
	Gapped, 인덕터 없음	3.44	1.49
20	Ungapped, 500uH 인덕터	8.11	1.59
	Gapped, 500uH 인덕터	5.49	1.52
	Gapped, 인덕터 없음	13.14	1.71

측정결과 정격부하에 가까울수록 왜율(THD)과 파고율(CF;Crest Factor)이 좋을 수 있었으며, Gap이 인가되고 인덕터가 있는 경우가 가장 양호한 특성을 나타냄을 알 수 있다. 하지만, 3 경우 모두 출력전류 왜율 규격을 만족하므로 인덕터의 추가로 인한 가격상승 요인 등을 고려하여 인버터의 설계 및 제작에 적용하였다.

2.3 변압기 및 연계리액터 구성에 따른 성능

정격입력 정격출력시 변압기와 변압기 출력단의 연계 리액터의 설계에 따른 동작 특성 및 출력전류 파형 분석을 위하여, Gap이 인가되지 않은 변압기를 사용하고 출력단에 연계 리액터를 사용하지 않은 상태(case A), Gap이 인가된 변압기를 사용하고 출력단에 200uH의 연계 리액터를 사용한 상태(case B), Gap이 인가되지 않은 변압기를 사용하고 출력단에 200uH의 연계 리액터를 사용한 상태(case C)의 3 경우로 분류하여 동작상태를 분석하였다.

Gap이 인가되지 않은 변압기를 사용하고 인버터의 출력단에 연계 리액터를 사용하지 않은 상태의 정격입력 정격출력시 출력전류의 파형에는 고주파 리플이 측정되었으며, Gap이 인가된 변압기를 사용하고 인버터의 출력단에 200uH의 연계 리액터를 사용한 상태의 정격입력 정격출력시 출력전압과 출력전류의 파형을 확대하여 측정된 출력전류의 파형은 Gap이 인가하지 않은 변압기를 사용하고 연계 리액터를 사용하지 않은 상태보다 고주파 리플의 피크치와 주파수가 증가함을 관찰할 수 있었다.

그림 3은 Gap이 인가하지 않은 변압기를 사용하고 인

버터의 출력단에 200uH의 연계리액터를 사용한 상태의 정격입력 정격출력시 동작파형의 출력전압과 출력전류의 파형을 나타낸 것으로 확대하여 측정된 출력전류의 파형은 앞의 2 경우의 상태보다 고주파 리플이 현저하게 감소함을 확인할 수 있었다.

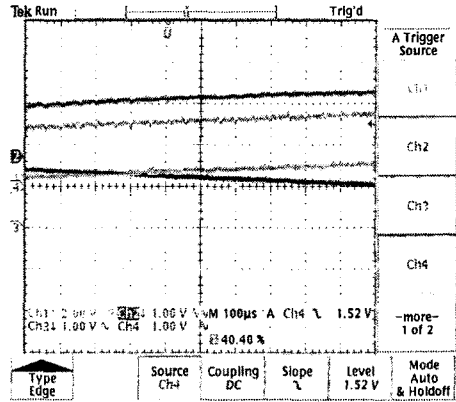
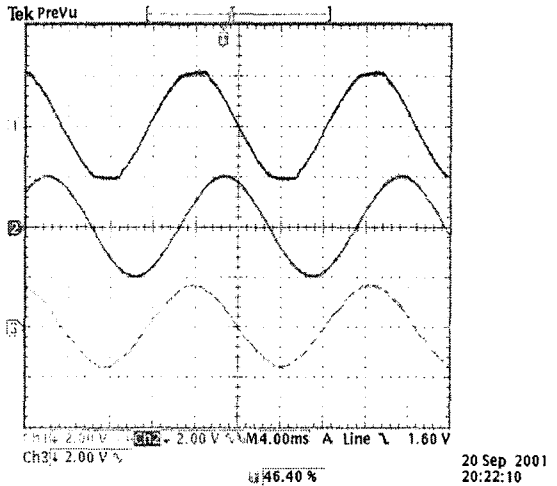


그림 3 case C의 동작 파형.

2.4 시제품의 동작 특성 분석

Hardware 구성별 동작 특성을 기초로 Hardware는 Gap이 인가하지 않은 변압기와 연계 리액터를 사용한 case C의 형태로 구성하여 저출력 고조파 출력특성을 보완하도록 제작하였다. 제작된 시제품의 동작 파형을 그림 5에 나타내었다. 배전 전압 Sensing 파형과 출력전류 파형의 파형이 동상으로 동작하고 출력전류 파형의 고주파 리플이 상당히 감소되어 있음을 볼 수 있다.



Ch1: 전압 Sensing 파형, Ch3: Filtering된 전압 파형, Ch4: 출력전류 파형

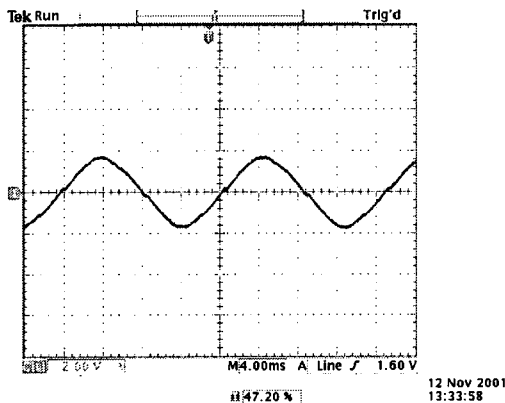
그림 5 case C상태의 동작 파형.

Full load 및 Half load 별 인버터의 효율과 역율은 표 3에 보여 주고 있다. 100% 부하시 효율은 92.3%, 역율은 99%로 측정되었다. 그림 6은 부하 인가시의 인버터의 출력전류 파형과 THD를 나타낸 것이다. THD는 3.19%로 측정되었다. 그림 7은 계통선 정전시의 인버터 동작 파형을 나타낸 것이다. (a)는 20%부하로 운전 중 정전시 인버터 동작 파형이고, (b)는 무 부하운전 중 정전시 인

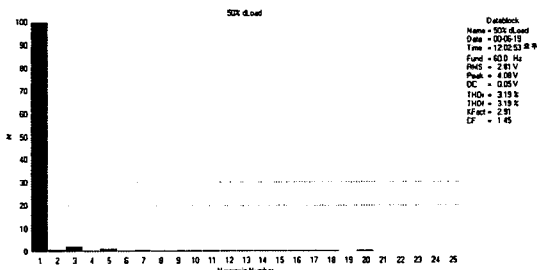
버터 동작 파형을 나타낸 것으로 (a)의 경우는 실시간 정지로 동작하며, (b)의 경우는 정지 지연시간이 약 370ms이다.

표 3. 인버터의 효율 및 역율.

부하율	입력전력	출력전력	효율	역율
%	kW	kW	%	%
50	1.67	1.5	90.0	99
100	3.25	3.0	92.3	99

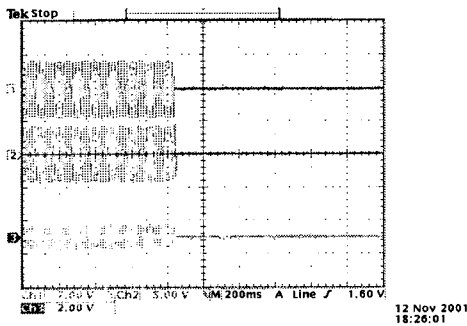


(a) 인버터 출력전류 파형(12.5A/div): 50%부하시

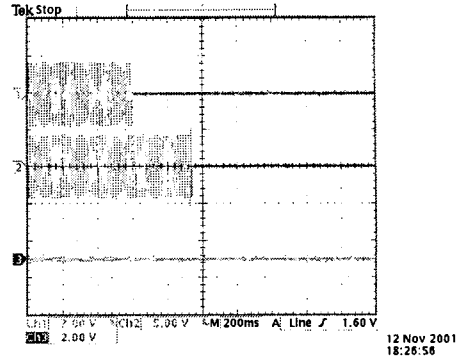


(b) 인버터 출력전류의 THD: 50%부하시

그림 6 인버터 출력전류와 THD (50%부하시)



(a) 20%부하시



(b) 무부하시

그림 7 계통 정전시 동작 파형.

3. 결 론

태양광 발전용 전력변환장치는 전력변환 효율 향상, 제작비용의 저감, 계통과 연계운전을 위한 시스템 및 배전 계통과의 보호 협조 문제, 전력품질 문제 등의 충분한 검토와 분석을 필요로 한다.

제작비용 저감을 위하여 사용되는 변압기와 인덕터의 구성에 따른 성능을 비교하였다. 소자 구성의 변화에 따라 제조 가격저감과 효율향상 그리고 전력품질 향상을 도모 할 수 있음을 보여 주었고, 또한, 전력변환장치는 소자들의 일체화를 통하여 소형화와 경량화를 도모 할 수 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 3 kW급 계통연계형 태양광 발전용 전력변환장치를 제작하였으며, 소규모 태양광 발전시스템을 구축하여 실증시험을 수행하고 있다.

향후 실증운전에서 나타나는 사소한 문제점을 검토, 분석, 평가하여 보다 향상된 장치의 제작에 반영하고자 한다.

(참 고 문 헌)

- (1) 한전전력연구원, "50 kW급 계통연계형 태양광 발전시스템 개발", TR.96TJ01.S1999.756. 1999.
- (2) 한전전력연구원, "계통연계운전형 신에너지전원의 표준화 및 보급체계정비", TR.97ET05.T2000.676.2000.