

# 계통연계형 태양광발전용 인버터의 출력필터 인덕터의 특성 비교

김승식<sup>1</sup>, 민준기<sup>1</sup>, 금만희<sup>1</sup>, 이봉섭<sup>2</sup>  
(주)다스테크<sup>1</sup>, 강원대학교<sup>2</sup>

## Comparison of Characteristics with Output Filter Inductor for Grid-Connected PV Inverter

Seungsik Kim<sup>1</sup>, Joon ki Min<sup>1</sup>, Manhee Kum<sup>1</sup>, Bong seob Lee<sup>2</sup>  
DASS Tech Co., Ltd.<sup>1</sup>, Kangwon National University<sup>2</sup>

### ABSTRACT

본 논문에서는 10kW급 태양광발전용 계통연계형 무변압기 방식 인버터의 출력필터로 사용되는 인덕터의 코어별 3종에 대하여 스위칭 주파수 10kHz에 적합한 출력필터용 인덕터를 선정하고 온도특성 따른 영향을 비교하고자 실험을 통하여 정격시 출력전압 및 출력전류의 값, 왜형율, 역률, 인버터의 전력 변환 효율 및 코어의 철손온도와 권선의 동손온도를 측정하여 정량적으로 비교하였다. 또한, 실험 결과를 참고로 하여 인덕터의 코어뿐만 아니라 권선방식과 인덕턴스를 확보하기 위한 방안도 비교하였다.

### 1. 서 론

화석연료의 무분별한 사용으로 인한 지구의 온난화와 화석연료의 고갈로 인한 대체에너지로 불리는 신재생에너지 중 태양광발전은 산업 및 기술적으로 가장 고도의 성장을 해오고 있다. 국내의 경우 계통연계형 시스템을 주로하여 기술개발이 활발하며, 시스템의 구성요소 중 전력변환기 및 전력조정기(PCS : Power Conditioning System)로서의 인버터는 전 세계적으로 고효율 및 고성능, 지능화 및 저가화의 형태로 기술개발 경쟁이 치열하게 이루어지고 있다.[1]

계통연계형 태양광발전용 인버터는 회로방식으로는 무변압기 구조에서 고효율 멀티레벨 방식으로 진화의 과정 중에 있으며, 제어방식에 있어서는 여전히 최대출력추종(MPPT)제어, 단독운전검출(Anti Islanding Detection), PWM 스위칭 손실 저감 및 전류제어기의 고성능화에 많은 노력을 기울이고 있으며, 한편으로는 출력 필터의 인덕터의 고성능, 고효율화를 위하여 재료의 변화와 LCL회로와 같은 하드웨어적 변화를 주는 형태의 연구개발 활동이 활발하다.[2]

이러한 관점에서 본 논문에서는 계통연계형 태양광발전용 인버터의 출력 필터 인덕터에서 사용되고 있는 코어의 재료에 따른 특성을 실험적 방법으로 비교, 분석하여 최적의 인덕터를 선정하는 방법을 보이고 있다.

### 2. 태양광발전용 계통연계형 인버터

다음의 그림 1은 태양광발전용 계통연계형 인버터 회로이다. 그림에서 전력변환회로는 PV로부터 입력단에 승압형 DC DC 컨버터가 구성되어 MPPT 제어와 승압을 담당하며, 3상 풀브

리지 전압형 전류제어 인버터는 출력단에 3상3선식 무변압기 방식으로 필터는 LC회로가 구성되어 있고, 컨버터 및 인버터 스위칭 캐리어 주파수는 10[kHz] 이다.

출력단 LC필터는 PWM 스위칭 출력 전압 및 전류의 왜형률과 전력변환효율에 직접적인 관계가 있어 항상 최적화된 설계가 요구되고 적절한 인덕턴스의 값을 얻고 코어와 권선의 특성에 의하여 자기포화를 피하고 코어의 공극과 권선의 규격을 최적화한 권선방식 등에 최소한의 철손과 동손을 구현해야만 한다.[3]

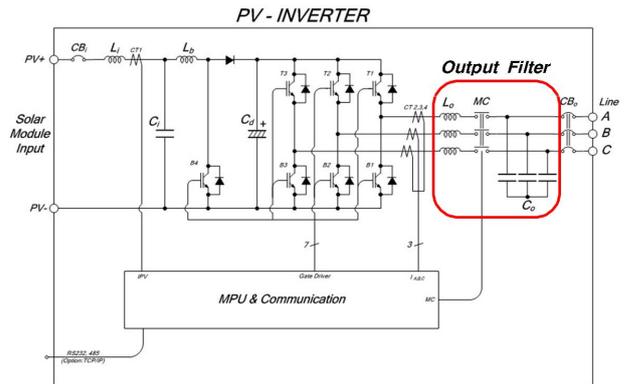


그림 1 계통연계형 태양광발전용 인버터 회로도  
Fig. 1 Circuit diagram of grid-connected PV inverter

### 3. 출력필터 인덕터의 코어별 특성 실험

이러한 무변압기 회로방식을 적용한 10kW급 태양광발전용 계통연계형 인버터에 대하여 그림 2에 나타난 것과 같이 출력필터로 사용되는 인덕터의 코어별 3종 (a) 금속분말자성코어, (b)구조강판 컷트 코어, (c) 슈퍼 E 코어에 대하여 스위칭 주파수 10kHz에 적합한 출력필터용 인덕터를 선정하고 온도특성 따른 영향을 비교하고자, 그림 3과 같이 (a) 직류 입력을 위한 정류기, (b) 10kW급 계통연계형 태양광발전용 인버터, (c) 인덕터(코어별), (d) 오실로스코프, (e) 전력분석기 및 (f) 온도기록계 등으로 실험환경을 구성하였다. 직류입력은 정류기를 통하여 DC 560~580[V]로 공급하며, 표 1에 나타낸바와 같이 정격시 출력전압 및 출력전류의 파형을 측정하였고, 표 2와 같이 정격시 출력전압 및 출력전류 값, 왜형율, 역률 및 인버터의 전력 변환 효율을 측정하였으며, 코어의 철손온도와 권선의 동손 온도를 측정하였다.



(a) 금속분말자성 (b) 규소강판커트 (c) 슈퍼-E

그림 2 실험에 사용된 인덕터 코어  
Fig. 2 Inductor core used in the experiment

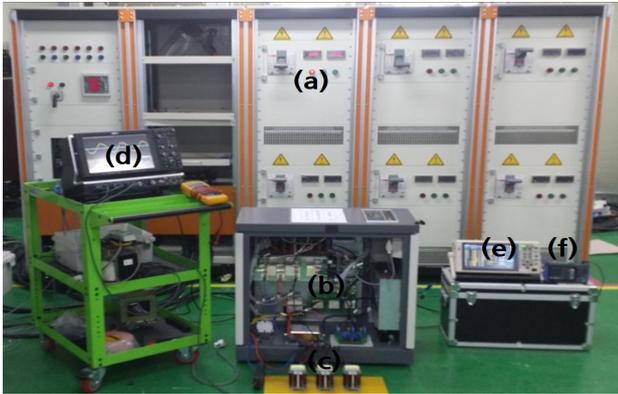


그림 3 실험 장치의 구성  
Fig. 3 Configuration of the experimental equipment

표 1 인덕터 코어에 따른 정격 출력전압 및 출력전류 파형  
Table 1 Rated output voltage & current waveform for the inductor core

구분	출력전압 (RMS 380V)	출력전류 (RMS 16A)
금속분말자성 코어		
규소강판 커트 코어		
슈퍼 E 코어		

#### 4. 결 론

10kW급 태양광발전용 계통연계형 무변압기 방식 인버터의 출력 인덕터 3종에 대하여 특성 비교한 결과로 출력전압과 출력전류의 왜형률은 대체적으로 거의 비슷하나, 코어의 철손과 권선의 동손에서 규소강판 커트코어의 온도가 상당히 높게 나타났으며, 전력변환효율은 규소강판 커트 코어가 가장 낮으며 슈퍼 E 코어를 적용한 인덕터의 경우 97.88% 수준의 상당한 고효율의 결과를 얻을 수 있었다. 다음의 표 3은 인덕터의 코어별 특성을 비교한 내용이다.

#### 참 고 문 헌

[1] 에너지관리공단 신재생에너지센터, “신재생에너지 RD&D 전략2030 시리즈9”, 북스힐, 2008

표 2 인덕터 코어에 따른 특성 실험 결과

Table 2 Experimental results of the inductor core characteristics

구분	상	출력	THD(%)	철손 온도 (°C)	동손 온도 (°C)	역률	전력 변환 효율 (%)
		전압(V)	출력전압				
금속분말자성 코어	R	377.58	1.76	상온 22.7	상온 22.7	0.99 이상	96.65
		16.16	3.66				
	S	377.10	1.89	철손 62.6	동손 69.6		
		16.09	3.54				
	T	374.53	1.84	상온 23.4	상온 23.4		
		19.340	3.35				
규소강판 커트 코어	R	376.47	1.71	상온 23.4	상온 23.4	0.99 이상	95.62
		16.244	3.80				
	S	375.74	1.86	철손 128	동손 114		
		16.347	3.57				
	T	374.01	1.79	상온 24.2	상온 24.2		
		19.681	3.65				
슈퍼 E 코어	R	380.12	1.78	상온 24.2	상온 24.2	0.99 이상	97.88
		16.381	3.32				
	S	379.39	1.90	철손 59.2	동손 91.0		
		16.119	3.28				
	T	377.31	1.80	상온 24.2	상온 24.2		
		19.545	3.34				

표 3 인덕터 코어별 특성비교

Table 3 Comparison characteristics of the inductor core

구분	금속분말자성 코어	규소강판 커트 코어	슈퍼 E 코어
철손	.열적손실비교적안정적 .자연냉각방식 적용 가능 .용량증가시 열특성 상승, Core size 가용 불가, 블록조합 방식 구성 손실증가	.열적 손실 매우 크다. .냉각방식 적용	.열적손실비교적안정적 .자연냉각방식 적용 가능 .용량증가시 Core size 가용이 가능
동손	.전류 크기 비례 설계 손실이 작다 .복층방식 권선 열 방출 어려운 구조, 리액턴스 값 변화 우려	.전류 크기 비례 설계 Core 전도열 고주파 발진열 .복층방식의 권선 구조, 고주파 전류 와이어 방식으로 제작	.전류 크기 비례 최적 설계때문에 열 발생 .단층방식 권선 매우 안정적, 리액턴스 값 변화 없음
에어 갭	.금속분말자성체 고유 특성이용(갭사용안함)	.Core 사이 에어갭 사용	.Core 사이 에어갭 사용
권선 방법	.복층 권선 .절연성 매우 취약	.복층 권선 방식 .절연성 매우 취약	.단층 권선 방식 .절연성 매우 우수
인덕턴스	.권선수에 의한 인덕턴스	.권선수와 에어갭으로 인덕턴스 조정	.권선수와 에어갭으로 인덕턴스 조정
크기	.H형 구조 (단위mm) .W90 × H65 × D125	.V형 구조 (단위mm) .W95 × H95 × D90	.V형 구조 (단위mm) .W65 × H95 × D90
소음	.스위칭 소음이 크다	.스위칭 소음이 작다	.스위칭 소음이 작다
효율	.비교적 낮다 (96.65%)	.낮다 (95.62%)	.비교적 좋다 (97.88%)
가격	.제작방식, 크기에 비례	.수입 의존 고가	.수입 의존 고가

[2] 조현기 외, “태양광 발전시스템용 PCS 연구동향”, pp37 43, 전력전자학회, 전력전자학회지 제18권 제1호 2013 2  
[3] 이한모, 민준기, 금만희, 권봉환, “PWM 스위칭 잡음이 저감된 무변압기형 3상계통연계형 태양광 인버터”, pp476 478, 전력전자학회, 전력전자학회 2009년도 하계학술대회는 문집 2009.7