

3상 30/50kW LSPV 태양광 인버터 개발

박태범*, 김성환*, 박주현*, 김희중*, 이기수*, 전영수*, 윤선재*, 김호열*
 LS산전(주) 이센터*

Development of the 30/50kW LSPV Photovoltaic Inverter for 3Phases

Tae-Bum Park*, Sung-Hwan Kim*, Ju-hyun Park*, Hee-jung Kim*,
 Ki-Su Lee*, yuong-Soo Jon*, Sun-Jae Yoona*, Ho-Yeol Kim*
 LS Industrial Systems Co., Ltd. R&D Center*

Abstract - 본 논문은 3상 30kW 및 50kW 계통연계형 태양광 인버터의 개발에 관한 것으로, 그에 대한 제어기 및 성능에 대해 소개한다. 본 논문에 소개되는 3상 30/50kW LSPV 태양광 인버터는 태양전지에서 발생하는 가변성 직류에너지를 한전계통에 최적으로 주입시키는 계통연계형 전력변환장치이며 국내의 발전사업자용으로 개발되었다. 3상 380V의 한전계통에 절연형으로 연계되며 낮은 THD와 높은 역률로 고효율을 달성하였다. DC입력측의 개방전압은 900V로 태양전지모듈 조합의 편의성 및 DC과전압등에 대한 안전성을 향상하였고, EMI 전도노이즈에 대한 Filter를 장착하여 노이즈성분을 크게 개선하였다.

었고 유효전력을 최적제어하여 출력성분의 전류왜율을 감소시키고 높은 역률을 달성하여 효율을 향상시켰다.

또한 LSPV 태양광 인버터는 EMI 전도노이즈에 대한 Filter를 장착하여 노이즈성분을 크게 개선하였으며 IEC 6100-6-4 기준을 만족하는 KORAS 인증을 받았다.

LSPV 태양광 인버터의 사양은 아래의 표와 같으며, 역률, 최대효율 및 THD는 공인기관(한국산업기술시험원)의 시험을 통해 측정된 값이며, 그 외의 사양은 자사기준 측정값이다.

1. 서 론

국내 태양광 관련 보급사업은 정부의 저탄소 녹색성장 정책과 더불어 주목받고 있으며 계통연계형 태양광 인버터 관련 기술도 지속적으로 향상되고 있다. 계통연계형 태양광 인버터는 절연방식에 따라 절연형과 비절연형으로 구분되며 인버터에 필요한 제어알고리즘은 크게 최대전력점 추종제어, PLL제어, 직류링크전압제어, 고압운전 방지기술, 보호기술등으로 나눌 수 있다. 계통연계방식은 계통에서 발생하는 지락, 단선등의 사고발생시 태양광 인버터의 보호가 필요하며, 이러한 보호를 위해 계통과 변압기를 사용하여 연계하는 절연방식은 중/대 용량의 태양광 인버터에서 주로 사용되고 있으며, 소용량 태양광 인버터는 비절연방식이 주로 사용하고 있다. 최근에는 중용량의 태양광 인버터에도 비절연방식을 사용하는 추세이다. 제어알고리즘은 태양광 인버터 출력성분의 왜율감소와 효율향상에 주요점을 두고 있다. 특히 발전사업자가 주로 사용하는 중/대용량의 태양광 인버터의 경우 보호기능과 효율이 매우 중요한 요소로 부각되고 있다.

본 논문은 LS산전에서 개발한 3상 30kW 및 50kW 계통연계 절연형 태양광 인버터의 개요 및 성능에 대해 기술한다.

2. 본 론

2.1 시스템 개요 및 특징

LS산전에서 개발한 3상 30kW 및 50kW LSPV 태양광 인버터(이하 LSPV 태양광 인버터)는 3상 380V의 한전계통에 연결되며, 태양전지모듈에서 공급하는 가변성직류에너지를 한전계통에 최적화하여 주입하는 전력변환장치이다. 30kW 태양광 인버터와 50kW 태양광 인버터가 변압기와 리액터등의 자성소자를 제외한 주요부품과 기구 Frame 을 동일하게 사용하는 공용화 설계를 적용하여 생산성을 향상시켰다. LSPV 태양광 인버터는 중소규모의 태양광 발전사업자용으로 개발되었으므로 안정성과 효율에 주요점을 두었다. 계통과 연계시 상용주파수변압기를 사용하는 절연방식으로 설계되어 계통에서 발생하는 지락, 단선 및 기타 사고에 대해 안전성을 향상시켰고 출력성분의 유효전력을 최적제어하여 효율을 향상시켰다.

2.1.1 시스템 사양 및 외형도

LS산전에서 개발한 LSPV 태양광 인버터는 발전사업자용으로 개발되었기 때문에 안전성 및 효율향상에 주요점을 두었다. 한전계통과의 절연을 위해 상용주파수변압기를 사용하여 계통측 사고에 대한 안전성을 향상시켰으며, DC 입력전압 범위의 폭을 넓게 설계하여 다양한 태양전지모듈의 조합에 대응이 가능하도록 하였다. 또한 최대 개방전압이 900V로 높게 설정되어 있어 겨울철 태양전지 모듈의 출력전압상승 또는 DC측 지락, 낙뢰등의 사고에 의한 순간적인 DC전압상승 현상에도 최대한 대응이 가능하도록 설계되었다.

일반적으로 절연형 태양광 인버터는 비절연형 태양광 인버터에 비해 효율이 낮으나, LSPV 태양광 인버터는 절연형 방식을 채택하면서도 효율을 높이기 위해 전력필터를 최적화하여 손실이 최소화 되도록 설계하

<표 1> LSPV 태양광 인버터 사양

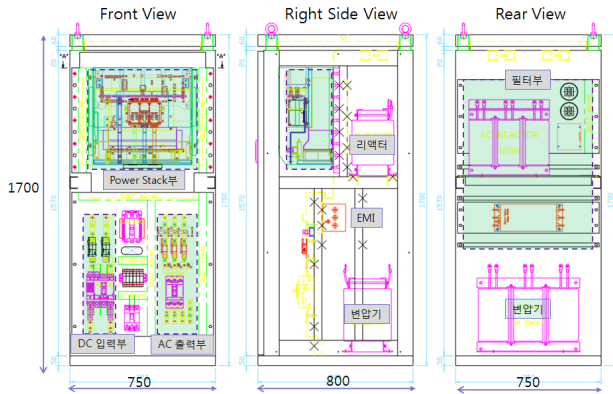
구분	항목	30kW 사양	50kW 사양
운전방식		계통연계형	
절연방식		상용주파수 변압기방식	
DC 입력	전압범위	370V ~ 800V	
	정격전류	80A	133A
	제어방식	MPPT	
	최대입력전압	900V	
AC 출력	정격 용량	30kW	50kW
	정격 전압	3상 380V	
	주파수	60Hz	
	역률	0.99이상	
	효율(Euro)	94.93%	94.34%
	효율(최대)	96.1%	96.2%
	THD	Total : 1.7% 각차 : 0.9%	Total : 2.4% 각차 : 1.2%
기구부	보호등급	IP21	
	Size(WxHxD)	750x1700x800[mm]	
	무게	530kg	670kg
기타	대기전력	55.8W	
	냉각 방식	강제 공냉식	
	동작 온도	-10℃ ~ 50℃	
	외부 통신방식	RS485	
	HMI	5.7" Color Graphic LCD	
	EMI	IEC 6100-6-4(KORAS인증)	

2.1.2 시스템의 구성

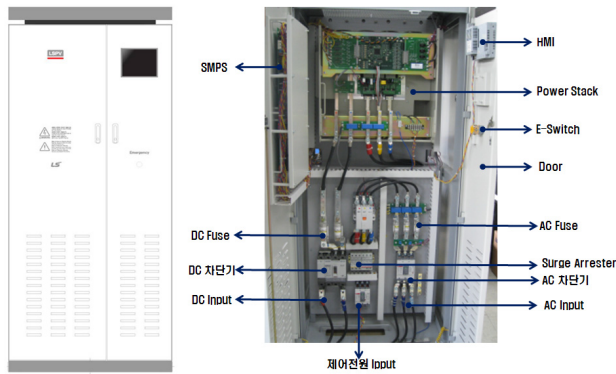
본 시스템의 구성은 아래의 그림과 같다. 내부구조에서 보는바와 같이 LSPV 태양광 인버터는 전면의 하부에 DC입력/AC출력 관련 각종 차단기 및 기기류가 장착이 되고 상부에 인버터부에 해당하는 Power Stack이 장착된다. 후면에는 변압기, 리액터, EMI 필터 및 각종 자성소자가 장착이 된다. 방열구조는 인버터부에서 발생하는 열과 변압기등의 자성소자에서 발생하는 열을 상부의 지붕으로 배출을 하는 방식이다. 특히 IP21의 보호등급을 만족하면서 효과적인 방열이 가능한 구조를 설계하기 위해 인버터부는 열해석을 통한 최적방열설계를 적용하여 LSPV 태양광 인버터는 주위온도가 동작온도의 최대폭까지 상승하여도 별도의

Derating 동작없이 정격출력으로 발전한다.

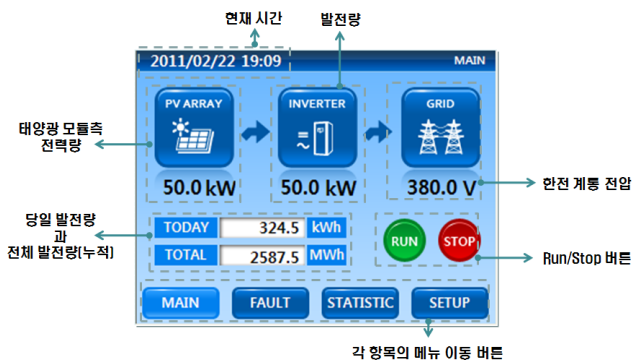
LSPV 태양광 인버터는 Touch Screen 방식의 Color Graphic LCD를 HMI에 적용하여 사용자에게 조작의 편의성을 제공하였고 태양광 인버터의 각종 계측정보 및 각종 상태정보를 GUI형태로 제공하여 사용자의 인식성을 향상시켰다.



〈그림 1〉 시스템 외형도 및 크기



〈그림 2〉 시스템 Design 및 내부구성



〈그림 3〉 HMI 의 Main 화면

2.2 MPPT 알고리즘

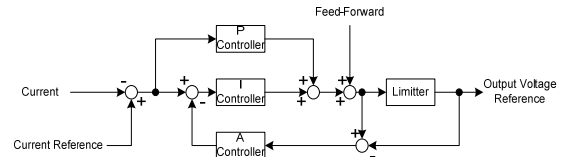
LSPV 태양광 인버터는 P&O 기법과 Incremental Conductance 기법을 결합한 MPPT 제어 알고리즘을 사용한다. 일반적으로 사용되는 P&O기법만을 사용할 경우 일사량이 급격하게 변동할 경우 최대 출력점과 반대방향으로 동작할 수도 있기 때문에 최대출력을 빠르게 추종하지 못하는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Incremental Conductance 기법을 P&O기법과 결합하여 MPPT 제어에 사용한다.

2.3 전류제어 알고리즘

LSPV 태양광 인버터의 전류제어기는 무효전력 제어와 유효전력 제어로 구성된다. 무효전력제어기는 계통으로 출력하는 무효전력을 일정주기

로 증감/감소시키며 주파수가 일정범위를 벗어나면 주파수변화가 가속되는 방향으로 무효전력을 제어하여 0.5초 이내에 태양광 인버터의 단독 운전 상태를 검출할 수 있도록 한다.

유효전력제어기는 계통으로 출력되는 유효전력을 PI 제어기를 사용하여 제어하며 적절한 전류지령치를 전달한다. 각각의 제어기에서 출력된 전류지령치는 SVPWM의 스위칭형태로 스위칭소자를 구동한다.



〈그림 4〉 제어기 구성

2.4 성능 실험

태양광 인버터의 성능평가를 위한 공인기관의 인증시험은 10kW 이하 용량의 제품에 적용이 되며 10kW이상의 대용량 태양광 인버터에 대한에관공인증은 현재 시행되고 있지 않다. 따라서 LSPV태양광 인버터의 성능평가를 위하여 역률, 최대효율, 고조파 등의 중요한 성능지수와 관련된 항목들에 대해 공인기관(한국산업기술시험원)에 시험을 의뢰하여 LSPV 태양광 인버터의 성능을 평가하였다.

3. 정상 특성시험	역률시험	-	0.997	
	변환효율시험	%	96.1	
	DC 전류 유출시험	%	-	
	정전 후 지류단락시험	분	5	5분 14초
	고조파	%	1.7	
			0.9	
	최대출력 추종시험	%	99.6	
	인력전력 급변시험	안정적 동작함		

〈그림 5〉 30kW 태양광 PCU의 시험결과

3. 정상 특성시험	역률시험	-	0.998	
	변환효율시험	%	96.2	
	DC 전류 유출시험	%	-	
	정전 후 지류단락시험	분	5	5분 1초
	고조파	%	2.4	
			1.2	
	최대출력 추종시험	%	99.5	
	인력전력 급변시험	안정적 동작함		

〈그림 6〉 50kW 태양광 PCU의 시험결과

시험결과 역률은 각각 0.997 과 0.998로 높게 측정되었으며 최대효율도 각각 96.1%와 96.2%로 측정되어 절연형 태양광 인버터중 우수한 성능을 보이고 있다. 또한 고조파는 Totla 1.7%와 2.4%로 매우 낮음이 확인되었다.

3. 결 론

본 논문의 LSPV태양광 인버터는 발전사업자용으로 개발이 되었으며 DC측 입력에 대해 넓은 동작전압범위와 높은 개방전압으로 설계되어 다양한 형태의 태양광모듈조합에 대응이 가능하도록 하였고 노이즈개선을 위한 EMI Filter를 장착하여 IEC 6100-6-4 기준을 만족하는 KORAS 인증을 받았다. 또한 우수한 설계기술과 인버터 제어기술로 높은 효율과 역률, 낮은 THD 를 구현하였고 공인기관을 통한 성능시험으로 우수한 성능의 제품임을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김희중, “능동전력필터의 제어시스템 설계와 성능해석에 관한 연구”, 1998
- [2] Guo Xiaoqiang, “A Single-Phase Grid-Connected Inverter System With Zero Steady-State Error”, IPENC ,2006