10kW급 풍력발전용 계통연계형 인버터의 개발

이동엽, 손용훈, 신영찬, 박찬흥, 김영록
헥스파워시스템(주)

Development of 10kW Grid-Connected Wind Power Generation Inverter

Dongyup Lee, Yonghoon Son, Youngchan Shin, Chanheung Park, Youngroc Kim
Hex Power System R&D Center

ABSTRACT

국내에서 개발되어 판매되고 있는 풍력발전용 계통연계형 삼상 인버터는 대부분 대용량 인버터이다. 이 인버터의 경우 크기도 크고 설치하기가 어려워서 주로 발전 사업용으로 사용되고, 공장 및 산업현장에 설치하기에는 많은 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 해결하고 풍력발전의 보급을 위하여 소 용량 풍력발전용 계통연계형 삼상 인버터 시스템을 개발하였다.

1. 서 론

풍력발전기시스템 원천기술은 해외 기술에 의존하고 있고, 실증사업에 활용된 설비 또한 수입된 풍력 발전 설비를 확용하고 있는 등 자체 기술 개발이 시급한 과제로 제기되고 있다. 또한, 풍력 발전시스템에 대한 연구는 막대한 연구비 부담으로 인하여 연구가 원활히 진행되지 않는다.

이러한 실정에서 국내 풍력 발전기 업체의 의뢰를 받아 자사의 기존 양산 제품인 태양광 발전용 계통연계형 인버터 시스템을 바탕으로 풍력 발전용 계통연계형 인버터 개발을 진행 하게 되었다.[1]

개발된 인버터는 10kW급 소 용량 풍력발전기 시스템에 적용되며, 풍력 발전기 출력은 정류된 DC 전압이다. 따라서 본 시스템은 낮은 입력 전압을 승압하기 위한 Boost Converter와 Full Bridge Inverter로 구성되며, 상용주파수 변압기를 통하여 계통에 연계된다.

본 논문에서는 10kW급 풍력발전용 계통연계형 삼상 인버터의 토플로지와 동작 방법에 대하여 설명하고, 시험을 통해 인버터의 실용성을 입증할 것 이다.

2. 본 론

2.1 풍력발전용 계통연계형 인버터 시스템

2.1.1 시스템 전체 구성

그림1은 10kW급 풍력발전용 인버터의 회로도이며, 프로세서는 TMS320F2812를 사용하여 제어기를 구성하였다.

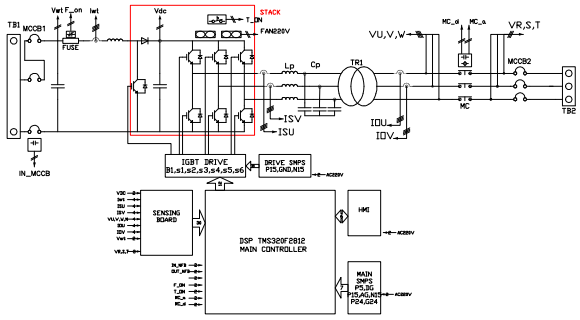


그림 1 10kW급 풍력발전 시스템 회로도
Fig. 1 10kW Wind power Generation System Circuit

표1은 인버터의 입출력 사양 및 기구부 구성을 나타낸다.

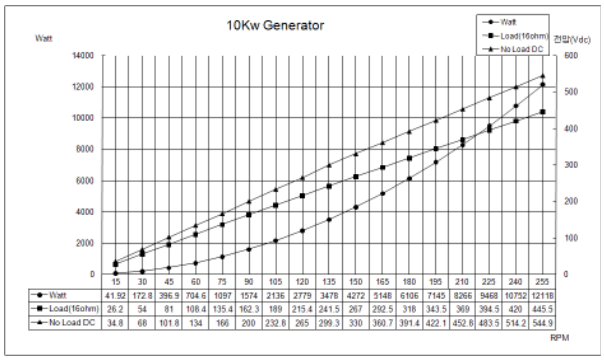
표 1 풍력 발전 인버터 사양
Table 1 Specifications for Wind power Generation inverter

구분	항목	내용
입력	정격 용량	10[kW]
	입력 전압 범위	DC 70[V] - 700[V]
	최대 입력 전류	30[A]
출력	상수	3상
	방식 (사용소자)	PWM Inverter (IGBT)
	정격 출력 전압	AC 380[V] (+10%/-12%)
	정격 출력 주파수	60[Hz] (+0.5Hz/-0.7Hz)
	전류 파형 왜율	5% 이내(정격 출력)
	효율	> 88%
	과부하 능력	110%
	출력 역률	> 0.95
기구	소음	50dB 이하(1M 거리)
	냉각방식	강제 공냉식
	외형치수[mm]	550×600×1146(W×D×H)
	무게	220kg

2.1.2 풍력 발전기

그림 2 10kW급 풍력발전기
Fig. 2 10kW wind Power generator

그림2는 인버터 개발에 사용된 풍력발전용 터빈이다.



	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255
Watt	41.92	172.8	396.9	704.6	1097	1574	2136	2779	3478	4272	5148	6106	7145	8266	9468	10752	12118
Load(16ohm)	26.2	54	81	108.4	135.4	162.3	189	215.4	241.5	267	292.5	318	343.5	369	394.5	420	445.5
No Load DC	34.8	68	101.8	134	166	200	232.8	265	299.3	330	360.7	391.4	422.1	452.8	483.5	514.2	544.9

그림 3 10kW급 풍력발전기 출력 특성
Fig. 3 Output character of 10kW Wind power generator

그림3은 발전기의 출력 특성을 나타낸 그래프이다. 무부하시 특성 및 정력 부하(16ohm)시 출력 특성을 알 수 있다. 풍력 발전기 특성에 맞추어 인버터를 설계하였다.

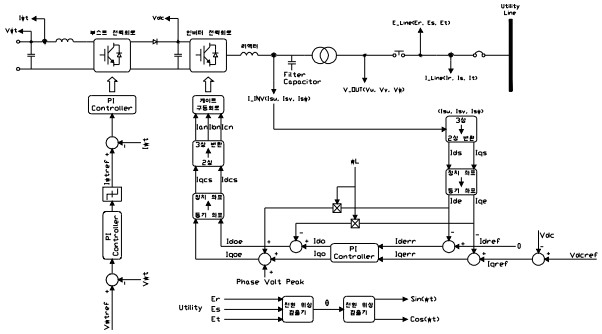


그림 4 풍력 발전용 인버터 제어 블록도
Fig. 4 control block diagram of the wind power PCS

2.1.3 DC/DC Boost Converter부 구성

풍력 발전기로부터 들어오는 DC전압을 인버터를 거쳐 125[Vac](변압기 1차 측 전압)로 만들어야 한다. 따라서 인버터부의 DC입력전압은 125[Vac]를 만들어 낼 수 있는 전압 이상이어야 한다. 그러나 풍력 발전기로부터 들어오는 DC전압은 레벨이 낮고 넓은 변동 폭을 가지므로 부스트 컨버터를 이용하여 낮은 전압을 승압 하여 인버터부의 입력전압으로 만든다. 풍력 발전기의 동작 전압 범위 중 최저 전압을 기준으로 DC전압을 PWM방식을 이용하여 AC 전압으로 변환하는데 이때의 변환비율은 Dead time 및 환경을 고려하여 설계한다. Duty를 조정하여 부스트 컨버터의 출력이 일정하게 나오도록 한다.

$$x = 125 \times \sqrt{2} \times 1.1 = 194.5[Vdc]$$
(x=부스트 출력전압)

부스트 컨버터의 출력이 194.5[Vdc]로 나왔지만 여유율을 고려하여 출력을 200[Vdc]로 정한다. 부스트 입력이 200[Vdc]이상이면 부스트 컨버터는 최소 PWM duty로 동작하게 된다.[2]

2.1.4 Inverter부 구성

인버터 부는 정류된 직류 전력을 교류로 변환하여 계통에 연계하는 인버터, 계통의 이상을 검출하여 연계를 차단하는 M/C, 인버터 상태를 표시하는 HMI(Human Machine Interface)와 모니터링 통신부로 구성되어 있다.

DC 링크로부터 직류전원을 공급받아 교류전원으로 변환시켜 계통선로에 전력을 공급하게 된다. 본 인버터는 계통 연계형 이므로 계통의 전압 및 주파수를 피드백 받아 동기화 하여 전력을 공급한다. 계통 전원의 전압 및 주파수가 규정치를 벗어나거나 연계용 M/C에 이상이 발생 했을 때 즉시 차단하게 된다.[3]

2.2 시스템의 운전

그림3의 데이터에서 확인할 수 있듯이 본 논문에 사용된 풍력 발전기는 약 50V~600V의 출력전압 범위를 나타낸다. 발전기가 가동하여 입력전압이 70V 이상이 되고, 계통에 이상정보가 발견되지 않으면 Boost Converter가 동작하여 DC 링크 전압을 설정 치까지 승압하게 된다. DC 링크 전압이 설정 치에 도달하게 되면 연계용 M/C는 ON되고 인버터는 계통에 연계된다. DC-DC 컨버터의 제어에 의해 전달된 전력은 직류 링크 전압의 상승 유기시키므로, 인버터는 직류 링크 전압을 기준전압으로 제어하도록 출력 전류를 조절하여 DC-DC 컨버터에서 변환된 전력을 계통에 공급하게 된다.

2.3 실험 결과

그림 5 풍력 발전기 및 인버터 사진
Fig. 5 Wind power generator and PCS

그림5 는 풍력 발전기 업체에서 제작한 발전기의 설치 사진 및 개발된 풍력 발전용 인버터의 제품 사진이다.

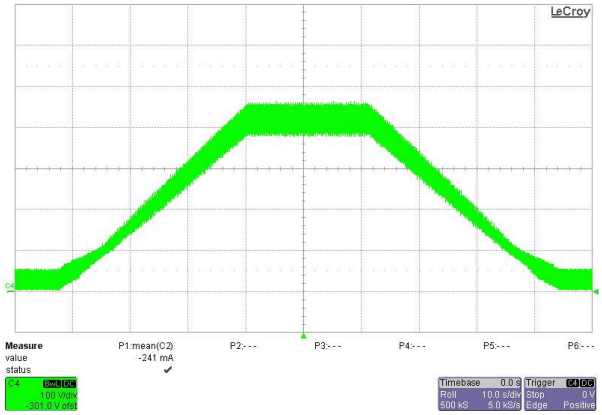


그림 6 풍력 발전기 출력 전압(무부하시)
Fig. 6 Output Voltage of wind power generator(No load)

그림6은 풍력 발전기의 무부하시 출력 전압 파형이다.

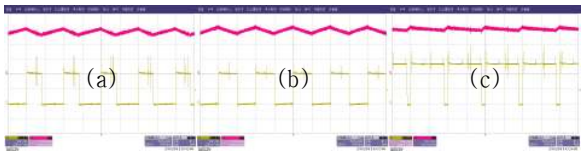


그림 7 Boost Converter 스위칭 전압/전류 파형
Fig. 7 Wave of Boost converter Switching voltage/current

그림7은 Boost Converter 스위치 양단 전압 및 인덕터에 흐르는 전류 파형을 나타낸다. 그림6-(a)는 최저전압 입력 시 PWM Duty 비가 0.7일 때 이고, 그림6-(b)는 PWM duty 비가 0.5일 때 이다. 그림6-(c)는 입력 전압이 기준 DC링크 전압 보다 높을 때 이므로 최소 PWM Duty 비 일 때를 나타낸다.

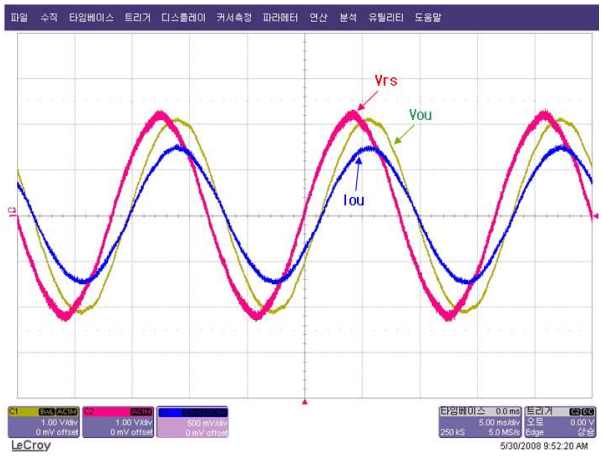


그림 8 풍력 발전용 인버터 출력 파형
Fig. 8 Output wave of wind power generation Inverter.

그림 8은 인버터의 출력파형으로 계통 선간전압(Vrs)과 상전압(Vou)이 30°의 위상차를 보이고, 상전압과 상전류(Iou)는 동상 즉, 역률 99% 이상으로 제어되고 있음을 알 수 있다.

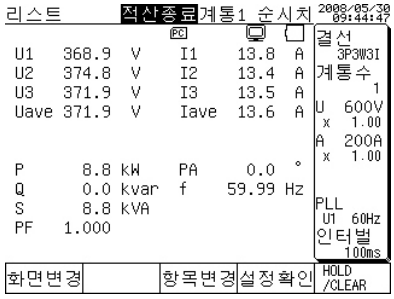


그림 9 인버터 출력 데이터
Fig. 9 Output data of PCS

그림9는 삼상 전력 분석기의 데이터이다. 역률은 100%이고, 인버터의 출력은 8.8[kW]를 표시하고 있다. 이때 풍력 발전기의 출력은 정격 10[kW]이며, 인버터의 효율은 88%이다.

3. 결 론

본 논문에서는 10kW급 풍력 발전용 계통연계형 삼상 인버터 시스템 개발에 관하여 기술 하였다. 국내 풍력 발전기 업체의 의뢰를 받아 개발하였으며, 현재 북미 지역에 설치되어 운전 중이다.

인버터는 계통 연계 기준에 적합하게 개발 되었고, 정격 출력 시 2% 이하의 출력전류 THD를 나타내었다. 또한 효율은 88% 이상이다. 향후 인버터의 스위칭 주파수를 낮추고 제어 알고리즘을 개선하여 인버터 효율의 향상을 기대할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 강주성 외 2인, “풍력발전기용 최대전력점 추종제어기에 관한 연구” 한국조명· 전기설비학회 추계 학술대회 논문집 2006.11.03

[2] 김영록 외 4인, “주택용 3kW급 태양광발전 계통연계형 인버터의 개발”, 전력전자학술대회 논문집 2007. 07

[3] 신영찬 외 6인, ‘단일용량 120kW급 계통연계형 태양광 발전용 인버터 개발“ 전력전자 하계 학술대회 논문집, 2006.