변압기 탭을 이용한 태양광인버터의 성능개선

박노식*, 박성준*. 김광헌*, 임영철*, 권순재**, 김철우***
전남대 전기공학과*, 부경대 전기공학과**, 부산대 전기공학과***

Performance improvement of PV_system's inverter that use transformer tap

Noh-Sik Park*, Sung-Jun Park*, Kwang-Heon Kim*, Young-Cheol Lim*,
Soon-Jae Kwon** ,Cheul-U Kim,***
Chonnam National University*, Pukyoung National University**, Pusan National University***

ABSTRACT

Proposed about new inverter that can use in PV system in this paper. Multi_level inverter that used inverter makes use of 4 transformers is basis, primary winding of each transformer voltage as can do step_up or step_down to appropriate voltage space tap lake. Put circuit that tap that turn in transformer connects properly according to inhibit signal that sense change of input voltage (output voltage of solar cell place) and transformer secondary voltage controls point of contact of relay so that get into fixed output voltage. As a result, can minimise relative harmonic content despite change width of input voltage are wide because number of output voltage level of multi_level inverter does not decrease. Because proposed circuit manufactures is easy and control is easy and is no burden of cost price rise economically, commercialization expected to do easily and this study examined propriety of action as that compose and experiments proposed circuit.

1. 서 론

최근 세계적으로 화석에너지의 과대한 사용과 자원 고갈 인한 에너지자원부족과 기후변화협약에 따른 환경문제에 대처하기위하여 국가적 지원 하에 대체에너지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 그 중 풍력과 태양광발전분야는 경제성에 있어서 가장 실용성이 높아 대단위 발전단지가 전 세계적으로 많이 늘어나고 있는 추세며 국내에서도 풍력단지나 태양광발전단지의 건설추진이 가시화 되고 있다. 그 이외에도 연료전지 등의 대체에너지관련 발전시스템에 대한 연구는 지속적으로 진행될 것이다. 그런데 이런 대체에너지발전시스템에서 필수적으로 사용되는 부분이 바로 전력변환장치로 각 시스템에 적절한 인버터가 사용될 필요가 있다. 본 연구에서는 시스템의 특성상 발전전압이 외부환경에 의해 많은 변화를 가지는 태양광발전시스템에 적용할 넓은 입력전압의 범위에서 가장 쉽게 출력전압 및 파형성능을 개선 할 수 있는 인버터에 대하여 제안하고 시제품제작 및 실험을 통하여 제안된 인버터회로의 타당성을 검토하고 태양광발전시스템 뿐만 아니라 또 다른 입력전압변동범위가 넓은 시스템에서도 활용가능성 또한 검토하였다..[1]

2. 넓은 입력전압범위에 대처한 인버터

2.1 기존의 인버터

현재 국내외적으로 개발되어 사용되고 있는 계통연계형인버터는 크게 저주파 절연변압기를 사용하는 인버터와 고주파 DC-DC컨버터를 이용한 인버터, 그리고 출력단과 절연하지 않는 트랜스레스(Transformer_Less) 인버터 등으로 구분되며 이 중에 어느 타입의 인버터가 가장 좋다고 단언 할 수 없으나 각기 나름대로의 장, 단점은 다 가지고 있다.[1]-[3] 최근에는 인버터의 크기나 무게 등을 고려하여 트랜스의 크기가 적은 고주파제어 방식을 많이 선호하고 있으나 고조파나 노이즈, 제어회로의 신뢰성 등에 있어서는 고주파방식이 완전한 우위를 점하지 못하고 있어 굳이 이동성이 요구되지 않는 중용량(1kVA~5kVA)급에서는 제어나 제작이 어려운 고주파제어방식보다는 저주파멀티레벨 방식이 보다 장점이 많다고 생각하였다. 본 연구에서는 그림 1에 나타낸 4개의 저주파트랜스를 이용하여 제작한 멀티레벨인버터를 사용하였다. 적용한 버터는 고주파인버터에 비해 크고 무겁다는 것 만

제외하면 출력레벨이 줄어들지 않는 한 정현적인 출력파형이 보장 된다는 것과 부하의 종류에 따른 파형의 왜곡이 거의 일어나지 않는다는 장점이 있어 계통연계형 인버터로서는 아주 좋은 장점을 가진 인버터로 소개 되고 있다.[4]

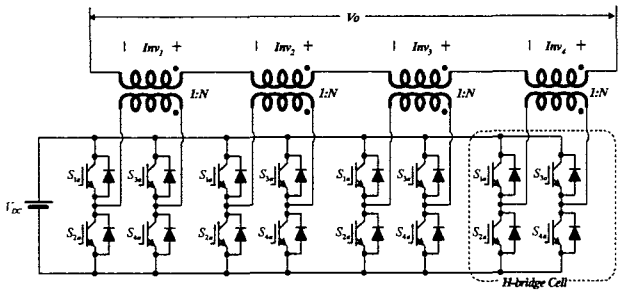

그림 1 변압기를 이용한 멀티레벨인버터의 구성
Fig. 1 Configuration of Multi_level inverter by using 4-Transformer

그림 2는 그림 1에 나타낸 멀티레벨인버터의 출력파형이 레벨 별로 결합하여 출력파형이 정현화 되어가는 원리를 나타낸 것이다. 그림 1에서 출력단을 보면 4개 트랜스의 2차권선이 직렬로 연결되어 매우 큰 L을 가진 저주파필터의 인덕터 역할을 하고 있어 다른 형식의 인버터에 반드시 필요로 하는 저주파 필터용 인덕터가 필요 없고 L 자체가 크므로 부하의 종류에 민감하지 않는 장점을 가지게 한다.

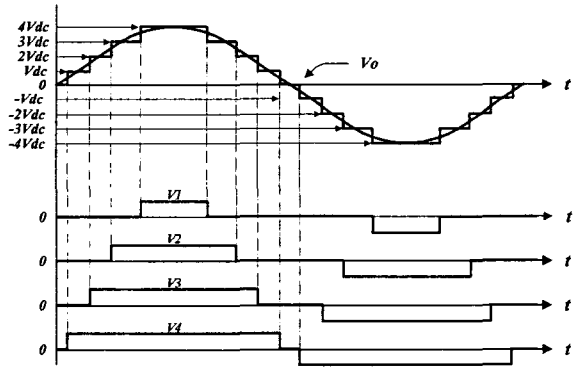

그림 2 변압기를 이용한 멀티레벨인버터의 구성
Fig. 1 The operation principle of multi_level inverter

2.2 넓은 범위의 입력전압변동을 수용하는 새로운 멀티레벨 인버터

멀티 레벨 인버터에서 입력전압이 출력전압의 레벨수를 줄여야 할 정도로 전압의 변동이 온다면 인버터는 출력전압을 맞추기 위해 전압레벨을 없애야 하는 경우가 발생된다. 이 때의 출력파형에는 당연히 고조파함유율이 높아지게 됨은 앞서 설명을 하였다. 따라서 입력전압(V_{in})의 변동에도 출력전압(V_{out})을 제어함에 있어 전압레벨감소가 없을 정도로 일정하게 유지하게만 한다면 지속적으로 양질의 전원을 발전할 수 있다는 것에 착안하여 그림 3과 같이 트랜스의 1차 측에 입력전압의 변동에 따라 승, 강압을 할 수 있도록 독립된 권선으로 전압 탭을 만들어 각 권선별로 Relay를 연결 권선의 감, 또는 가극성으로 연결할 수 있도록 하여 변압기으 2차권선에 유기되는 전압을 일정하게 유지할 수 있도록 하였다. 그림 3은 제안된 인버터에 사용된 각 트랜스의 탭 구성을 나타낸 것으로 PV단에서 나온 전압은 트랜스에서 보면 입력전압(V_{in})이다. 트랜스의 1차는 모두 4개의 절연된 권선으로 이루어져 있고 그 중 3개의 트랜스만 Relay를 사용하여 극성을 바꾸어 가면서 기본 트랜스(V_1)와 직렬로 연결되도록 하였다..

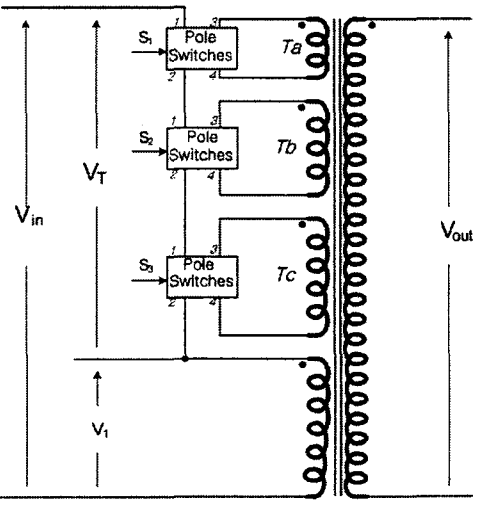

그림3 제안된 인버터에 사용된 트랜스포머의 구성도
Fig. 3 Composition of transformer that is used to proposed inverter

그림 4는 Pole switch의 내부결선을 나타내며낸 것으로 Relay가 on, off 됨에 따라 권선의 극성이 바뀌어 지는 것을 알 수 있다.

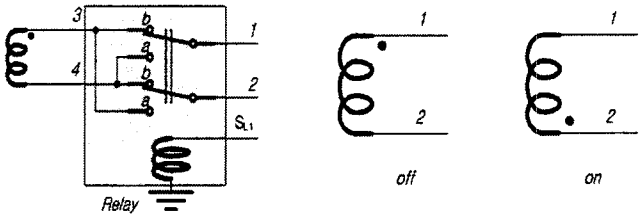

그림 4 Relay에 의한 탭 권선의 극성 전환
Fig. 4 Polarity conversion of winding by relay's on, off

그림 3에서 3개의 Pole 스위치를 사용하여 독립된 트랜스의 극성을 바꾸어 조합하면 모두 8가지의 출력전압을 가질 수 있다. 그리고 균등한 전압변동폭이 필요한데 이는 T_a, T_b, T_c의 권선비를 적절히 조합함으로서 얻을 수 있다.

$$T_a = a \quad (1)$$
$$T_b = 2a \quad (2)$$
$$T_c = 4a \quad (3)$$

표 1은 위의 (1),(2),(3)에 표시한 권수비에 의해 Relay의 접점을 조합 했을 때 얻어 질수 있는 전압 V_T를 나타낸 것이다.

표 1 3개의 권선과 Relay의 동작으로 만들어지는 전압 V_T
Table 1 V_T that is maded by 3 transformer and Relay's combination

Case	T_a	T_b	T_c	V_T	*Level*
1	+	+	+	$(T_a+T_b+T_c)$	*7a*
2	+	+	-	$(T_a+T_b-T_c)$	*5a*
3	+	-	+	(T_a-Ts+T_c)	*3a*
4	+	-	-	$(T_a-T_b-T_c)$	*a*
5	-	+	+	$-(T_a-T_b-T_c)$	*-a*
6	-	+	-	$-(T_a-T_b+T_c)$	*-3a*
7	-	-	+	$-(T_a+T_b-T_c)$	*-5a*
8	-	-	-	$-(T_a+T_b+T_c)$	*-7a*

그림 5는 제안된 인버터의 전체 구조도를 나타낸 것으로 입력전압을 같은 링크전압원으로 사용하기 때문에 3개의 스위치는 똑 같은 조합을 이루는 동작시스템을 가지게 된다.

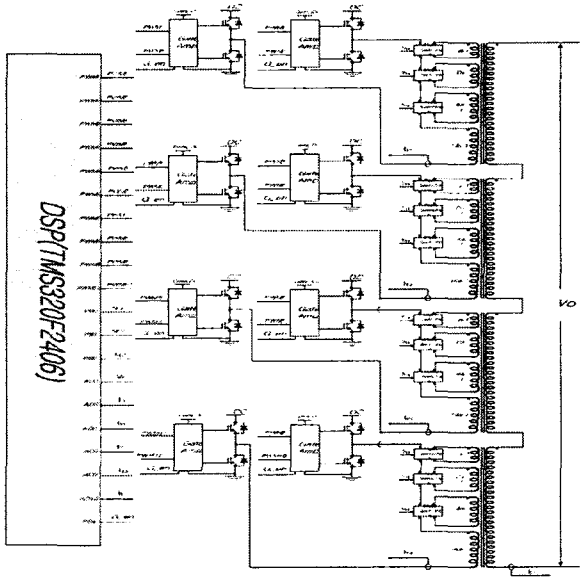

그림 5 넓은 입력전압범위를 가지는 인버터의 구조
Fig. 5 Structure of inverter that have wide input voltage range

2.3 실험 결과

실험용으로 제작된 인버터의 입력단에 인위적인 전압변동을 가하여 출력전압이 예상한 대로 나오는가를 체크하여 표 2에 나타내었다. 트랜스 설계사양은 다음과 같다.

용 량 : 1kVA
출력전압 : 220V AC(Vo)
입력전압 : 200V ~440 DC(Vi)

표 2 입력전압의 변동에 따른 설계치 및 실험전압
Table 2 Design voltage of output and experiment voltage by input voltage change

case		input voltage Vi(DC)	design voltage Vo(AC)	experiment voltage Vo(AC)
1	$7a+V_1$	457.0	228.5	228.6
1	$7a+V_1$	440.0	220.	220.2
1	$7a+V_1$	423.0	211.5	211.6
2	$5a+V_1$	422.0	228.8	228.9
2	$5a+V_1$	405.7	220.0	220.
2	$5a+V_1$	389.0	210.9	211.0
3	$3a+V_1$	388.0	229.7	229.6
3	$3a+V_1$	371.5	220.0	219.3
3	$3a+V_1$	355.0	210.2	209.8
4	$a+V_1$	354.0	231.0	229.8
4	$a+V_1$	337.1	220.0	219.8
4	$a+V_1$	320.5	209.2	209.2
5	$-a+V_1$	319.5	232.1	232.0
5	$-a+V_1$	302.8	220.0	220.1
5	$-a+V_1$	286.0	207.8	207.6
6	$-3a+V_1$	285.0	233.5	233.3
6	$-3a+V_1$	268.5	220.0	219.8
6	$-3a+V_1$	252.0	206.5	206.6
7	$-5a+V_1$	251.0	235.7	235.4
7	$-5a+V_1$	234.3	220.0	220.0
7	$-5a+V_1$	218.0	204.7	204.9
8	$-7a+V_1$	217.0	238.7	238.5
8	$-7a+V_1$	200.0	220.0	219.9
8	$-7a+V_1$	183.0	201.3	201.4

실험결과 표 2에 나타나듯이 설계치에서 거의 벗어나지 않았으나 전압이 낮을 수로 정전압의 오차범위가 넓어지는 것으로 나타났다. 이는 입력전압이 낮을 때는 같은 승압비를 가지는 권선구조에서 각 코일에 걸리는 전압이 낮아지면 보상을 위한 전

압이 적어지기 때문에 오차범위가 넓어지는 것으로 분석 할 수 있다. 이 자료를 근거로 하여 멀티레벨 인버터 설계시에 펄스폭을 변조하여 제어 가능한 제어전압의 범위를 표 2의 Case 8에서 나타나는 최대 오차범위를 기준으로 하여 제어기를 설계하였고 입력전압의 변화에 따른 각 Case의 선택은 표 2의 상한전압과 하한전압을 참고로 하여 Relay SW가 on, off되도록 case by case에 의해 동작이 되도록 설계하였다. 이 때 사용되는 제어기로 DSP(TMS320F2406)을 이용하여 제작하였다. 그림 6은 입력전압이 보상된 상태에서 정상적으로 제어가 되는 멀티레벨 인버터의 최종단의 파형을 나타낸 것으로 입력전압이 설계된 범위이내에서는 모두 같은 레벨을 가지는 출력파형이 나옴을 확인하였다. 이는 입력전압의 변동을 변압기를 이용하여 승, 강압을 함으로서 승, 강압을 위한 별도의 제어회로가 필요 없으며 전압보상용 스위치인 Relay의 숫자를 올리고 변압기의 탭을 세분화 한다면 보다 정밀한 출력전압의 제어가 가능하다는 것을 알았다. 이는 산업화에 있어서 제품제작의 용이성, 원가문제, 제어의 복잡성, 등을 고려하여 얼마든지 더 나은 쪽으로 선택이 가능하다 하겠다. 이번 연구에서는 제안된 회로의 목적을 충분히 달성되었다고 할 수 있다.

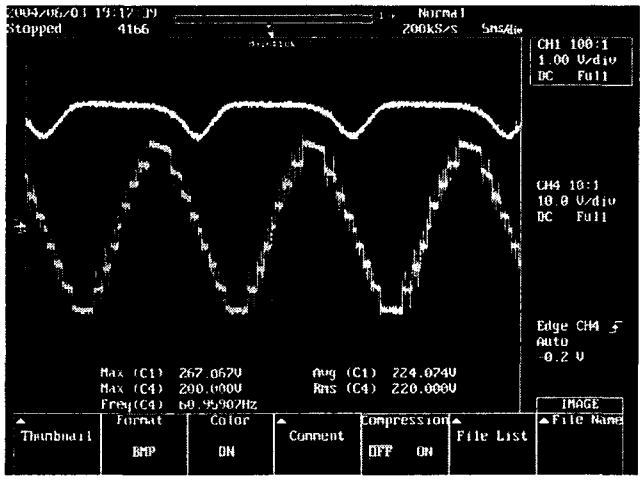

그림 6 인버터 출력전압파형과
Fig. 6 inverter output

3. 결 론

태양광발전시스템의 발전전압은 최대전력을 돌출하기위해 여러 가지 MPPT제어방식을 사용하고 있지만 부하의 조건이나 일사량, 태양전지판의 온도변화, MPPT추적실패등 전압변동이 일어날 수 있는 요인이 많고 실제로 전압변동범위가 넓게 형성되고 있어 양질의 전원발전에 많은 애로를 겪고 있는 실정이다. 본 연구는 이에 대응하기위한 한 방책으로 넓은 입력전압의 변동에도 양호한 출력전압을 생산할 수 있는 인버터에 대하여 제안하였고 구성된 회로에 대한 타당성을 설명하였으며, 3개의 Relay SW를 사용한 입력전압보상회로를 4개의 트랜스를 사용한 프로토타입 승, 강압형 9레벨인버터에 적용, 제작하여 실험을 행하였다. 입력전압보상회로에 사용된 Relay의 접점은 멀티레벨인버터의 특성상 변압기별로 부하분배가 이루어져 있고 절환시기도 인버터의 동작을 멈춘 상태에서 이루어지도록 제어기를 설계함으로서 Relay의 용량이나 접점에 발생되는 아아크 문제도 해결되어 상용화에도 어려움이 없을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

[1] R.L. Steogerwald, A. Ferraro, F.G. Turnbull, "Application of Power Transistors to Residential and Intermediate Rating Photovoltaic Array Power Conditioners", IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. IA-19, pp. 254~267, March/April 1983

[2] V. Jone, N. Mohan, "Standby Power Supply with High Frequency Isolation", APEC'95. Conference Proceedings, pp. 990~994, 1995

[3] S.K Biswas, B. Biswarup, T.K Basu, "A low distortion invert without low frequency magnetic for UPS application", Power Electronics and Drive System, Conference Proceeding, Vol. 1, pp. 347~352, 1995

[4] 박성준, 강필순, 박노식, 김철우, "변압기 직렬 결합을 이용한 새로운 멀치 레벨 인버터", 전력전자학회 논문지 제 8권, 제 1호, pp,9~16, 2003년 2월