

직렬결합된 커패시터 입력 전원을 사용하는 멀티레벨인버터의 입력전압 불평형에 따른 출력전압의 THD 변화

김선필, 강필순
한밭대학교

THD variation of output voltage due to unbalance of input voltage in a multilevel inverter employing series-connected capacitors

Sun Pil Kim, Feel soon Kang
Hanbat National University

ABSTRACT

양방향 스위치를 갖는 5 레벨 인버터는 입력 전원단이 직렬 결합된 두 개의 커패시터로 구성된다. 5 레벨 인버터를 다단 결합하게 되면 출력전압의 레벨 수를 증가 시켜 보다 정현파에 가까운 출력전압을 생성할 수 있지만 입력 전원으로 사용되는 직렬 결합 커패시터 단이 증가하게 된다. 직렬 결합된 커패시터 전압이 불평형 상태가 되면 출력전압의 THD에 영향을 주게 되어 양질의 출력전압을 생성하기가 어려워진다. 따라서 본 논문에서는 직렬 결합된 입력 커패시터 전압 크기의 불평형 상태에 따른 출력전압 THD 변화를 분석한다.

1. 서 론

Cascaded H bridge 멀티레벨인버터는 H bridge 모듈의 출력을 다단 결합하여 출력전압의 레벨 수를 증가시켜 사인파에 근접한 출력전압을 생성시키는 인버터이다. 동일한 정격의 스위치로 구성된 H bridge 모듈을 다단 결합시켜 사용할 경우, 유지보수가 간편하다. 그러나 출력전압 레벨 수는 모듈 개수에 비례하므로 출력전압 레벨 수를 증가시키기 위해서는 스위치 개수와 독립 입력전압원의 개수가 증가하는 문제가 발생한다. 이를 보완하기 위해 양방향 스위치를 가지는 멀티레벨인버터가 제시되었다.^[1] 이 방식은 양방향 스위치를 사용함으로써 독립 입력전압압과 스위치 수를 저감시키는 효과적인 회로 구조이다.^[2] 이 방식에서 9레벨을 형성시킬 수 있는 24 가지의 기본 스위칭 패턴 중 스위칭 손실과 dv/dt 스트레스를 최소화시킬 수 있는 두 가지의 효율적인 스위칭 패턴에 대해 입력전원단의 변동에 따른 출력전압 THD변화를 분석한다.

2. 멀티레벨인버터의 입력 커패시터 전압 불평형에 따른 출력전압 THD의 변화

그림 1은 분석 대상인 멀티레벨인버터의 회로 구조를 나타낸다. H bridge 모듈과 입력 커패시터의 중성점 사이에 양방향 스위치를 삽입한 구조로서 각 모듈은 5 레벨을 생성하며 두 모듈을 결합시키면 9 레벨을 가지는 출력전압을 생성할 수 있다. 기존의 Cascaded H bridge 멀티레벨인버터가 9 레벨을 생성하기 위해서는 4개의 독립 전원이 요구되지만 이 방식에서는 2개의 독립 전원으로 9 레벨의 생성이 가능하다.

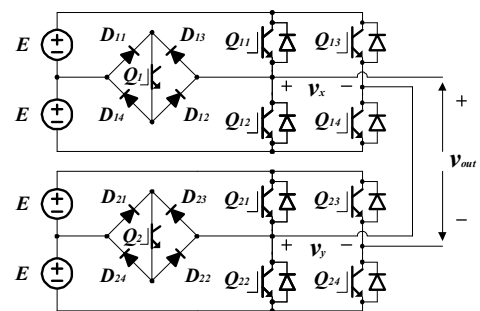


그림 1 양방향 스위치를 가지는 9-레벨 인버터
Fig. 1 9-level inverter with bidirectional switches

표 1 9-레벨 생성이 가능한 스위칭 패턴

Table 1 Possible switching patterns for 9-level generation

No. of output levels	Switching Function		Output Voltage of each inverter		Output Voltage
	SF ₁	SF ₂	v _x	v _y	
4	2	2	2E	2E	4E
3	2	1	2E	E	3E
	1	2	E	2E	
2	1	1	E	E	2E
	0	2	0	2E	
1	2	0	2E	0	E
	0	1	0	E	
	1	0	E	0	
0	2	-1	2E	-E	0
	-1	2	-E	2E	
0	0	0	0	0	0

표 1은 분석 대상 인버터가 9 레벨을 생성할 수 있는 스위칭 패턴을 보여준다. 각 레벨 형성을 조합해 보면 24 가지의 스위칭 패턴이 가능함을 알 수 있다. 이 중 그림 2에 제시한 두 가지의 스위칭 패턴이 스위칭 손실, 낮은 dv/dt 스트레스 관점에서 가장 유리하다. 그림 2의 Method 1과 2의 패턴의 차이는 각 모듈이 생성하는 출력전압의 스위칭 각도로부터 발생한다. 분석 대상인 멀티레벨인버터는 두 개의 독립된 입력전원을 요구하며, 각 입력전원은 두 개의 직렬 결합된 커패시터에 의해 나누어 사용된다. 따라서 Method 1과 Method 2의 패턴이 이용될 때 커패시터 전압의 차이가 출력전압의 THD에 어떤 영향을 주는지에 대한 분석을 위해 표 2에 주어진 6 가지 경우에 대한 시뮬레이션을 수행한다.

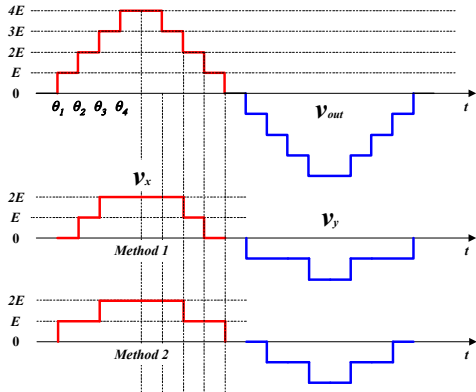
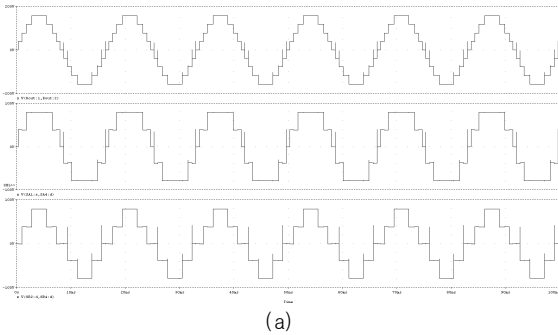
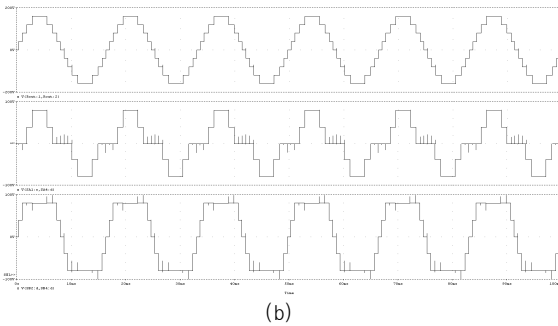


그림 2 9-레벨 생성을 위한 상단, 하단 모듈 출력
Fig. 2 Output of the upper and lower module for 9-level generation



(a)



(b)

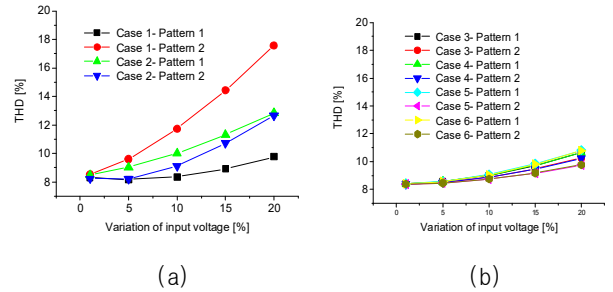
그림 3 V_{out} , V_x , V_y 시뮬레이션, (a) 패턴 1, (b) 패턴 2
Fig. 3 Simulation waveform for V_{out} , V_x and V_y

그림 3은 두 입력 커패시터 양단 전압의 크기가 동일한 경우의 스위칭 패턴 1과 패턴 2의 시뮬레이션 파형이다. 그림 2에 주어진 패턴에 의해 9 레벨의 출력전압을 생성하고 있음을 확인할 수 있다. 그림 4(a)의 Case 1과 2는 전체 입력전압을 DC 160 V로 일정하게 유지한 상태에서 두 모듈 중 상단 또는 하단 전압을 상승시킬 경우 출력전압 THD의 변화를 보여준다. Case 1에서 패턴 1은 THD에 큰 변화가 없지만 패턴 2는 전압 변동분이 클수록 THD에 심각한 악영향을 미침을 알 수 있다. Case 2는 두 모듈의 입력전압 중 하단 모듈의 입력전압을 상승시킨 경우로 두 패턴 모두 THD의 변화분이 크지 않음을 알 수 있다. 그림 4(b)는 Case 3부터 6가지 조건의 시뮬레이션 결과를 보여준다. 입력전압원 크기의 변화가 큰 경우는 패턴 1이 THD 측면에서 우수하지만 상대적으로 적은 변화분인 Case 3 Case 6까지의 조건에서는 패턴 2가 출력전압의 THD 변화가 적음을 알 수 있다.

표 2 입력커패시터 전압 차이에 따른 출력전압 THD 변화

Table 2 THD variation of output voltage due to the difference of input capacitor voltage

Case	입력전압 불평형 상태
1	두 모듈 중 상단 모듈 입력전압이 높을 때 단 전체 입력전압은 DC 160 V로 일정
2	두 모듈 중 하단 모듈 입력전압이 높을 때 단 전체 입력전압은 DC 160 V로 일정
3	상단 모듈의 상단 커패시터 전압이 높을 때 단 하단모듈 입력전압은 DC 80 V로 일정
4	상단 모듈의 하단 커패시터 전압이 높을 때 단 하단모듈 입력전압은 DC 80 V로 일정
5	하단 모듈의 상단 커패시터 전압이 높을 때 단 상단모듈 입력전압은 DC 80 V로 일정
6	하단 모듈의 하단 커패시터 전압이 높을 때 단 상단모듈 입력전압은 DC 80 V로 일정



(a)

(b)

그림 4 입력 커패시터 전압 변동에 따른 출력전압 THD, (a) Case 1, Case 2, (b) Case 2~Case 6.

Fig. 4 THD of output voltage due to the variation of input capacitor voltage, a) Case 1, Case 2, (b) Case 2~Case 6.

3. 결론

본 논문에서는 직렬 결합된 커패시터 입력 전압원을 갖는 멀티레벨인버터의 입력전압 크기 불평형 상태에 따른 출력전압 THD 변화를 분석하였다. 9 레벨을 형성하기 위한 24 가지 스위칭 패턴 중 스위칭 손실, 낮은 dv/dt 스트레스 관점에서 가장 유리한 두 가지의 스위칭 패턴을 분석한 결과, 패턴 1의 스위칭 방법이 입력전압 변동에 따른 THD 변화의 영향을 적음을 확인 하였다.

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2010 0009504)

참고 문헌

[1] W. K. Choi, C. S. Kwon, U. T. Hong, and F. S. Kang, "Cascaded H bridge Multilevel Inverter Employing Bidirectional Switches," Proc. ICEMS 2010, Oct. 2010, pp.102-106.
[2] 최원균, 권철순, 홍운택, 강필순, "두 대의 5 레벨 인버터의 직렬결합을 이용한 멀티레벨인버터," 전력전자학회 논문지, 제 15권, 제 5호, pp. 376-380, 2010년 10월.