

삼상 3레벨 NPC 인버터와 T-type 인버터의 효율개선 및 중성점 제어를 위한 DSVPWMx 적용 및 해석

박주영, 박종훈, 최재호
충북대학교

DSVPWM Method for Efficiency Improving and Neutral Point Voltage Control of Three-phase Three Level NPC and T-type Inverter

Juyoung Park, Jonghoon Park, Jaeho Choi
School of Electrical Engineering, Chungbuk National University, Chungbuk, Korea

ABSTRACT

대용량 분산 발전원이 증가하면서 이러한 대용량 분산 발전을 효율적으로 운전하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 멀티레벨 인버터 토폴로지 중 NPC와 T type 인버터의 중성점 전압제어와, DSVPWMx(Discontinuous Space Vector Pulse Width Modulation)^[1]방식을 적용하여 두 개의 멀티레벨 인버터에서 발생하는 효율과 제어방식의 차이를 시뮬레이션 하였다.

1. 서론

신재생에너지 기반사업의 발달로 인해 최근 대용량 분산발전원이 증가하고 있다. 이러한 대용량 발전의 효율을 향상시키기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 전력변환 장치의 효율을 향상시키기 위한 방법 중의 하나인 멀티레벨 인버터의 사용은 기존에 사용되어온 2레벨 인버터에 비해 우수한 출력특성을 갖는다. 이에 따라 본 논문에서는 NPC인버터와 T type인버터의 선택과 스위치 제어방법 선택을 위해서 중성점 전압 제어시 발생하는 출력특성을 비교 하고, DSVPWM의 각 방법에 따른 손실 비교를 통해 인버터의 형태와 스위칭 소자의 제어방식을 선택 하였다.

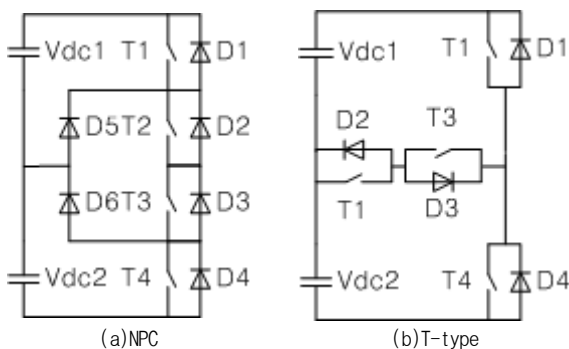


그림 1 NPC, T-type
Fig. 1 NPC, T-type

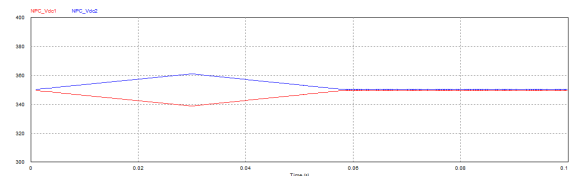
2. 본론

2.1 NPC와 T-type 인버터의 상태 비교

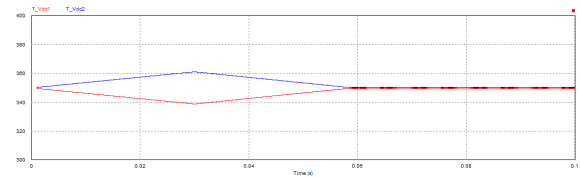
그림 1은 3L NPC와 3L T type를 한쌍씩 나타낸 그림이다. 3레벨 NPC 인버터는 전체 스위칭 상태에서 항상 전력용 스위칭 소자 2개를 통해 출력이 나타나므로 2개의 전력용 스위칭 소자에서 도통손실이 발생하지만, 3레벨 T형 인버터는 스위칭 상태가 P나 N일 때 1개의 스위칭 소자만을 도통하여 출력이 나타나기 때문에 전력용 스위칭소자에 의한 도통손실과 스위칭 손실을 줄일 수 있다는 장점이 있다.^[2]

2.2 멀티레벨 인버터의 중성점 전압제어

인버터의 중성점 전압제어는 오프셋 전압 인가방식을 사용하였다. 인버터의 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같으며, 전압 불균형 상태를 만들기 위해 전압이용률은 0.4로 하였다. 그림 2에 NPC인버터와 T type인버터의 시뮬레이션의 결과가 있다. 두 인버터의 중성점제어를 확인하여 보면, 인버터의 형태 차이에 따라서는 변화가 없음을 알 수 있다.



(a)NPC



(b)T type

그림 2 중성점 전압 제어
Fig. 2 control balancing

2.3 DSVPWMx를 이용한 스위칭 도통 손실비교^[3] 2.3.1 DSVPWMx

$$v_{a,b,c}^{**} = v_{a,b,c}^* + v_z^* \quad (1)$$

$$v_z^* = \frac{-[\max(v_a^*, v_b^*, v_c^*) + \min(v_a^*, v_b^*, v_c^*)]}{2}$$

식(1)은 오프셋전압을 이용한 대칭 SVPWM방식의 게이팅

시간을 계산하는 식이다. DSVPMWx방식은 기존의 DPWM방식에서 인버터의 지령전압을 60°씩 6개로 나눈 것과는 다르게 SVPWM방식의 지령전압을 12개의 sector로 나누어 제로시퀀스 전압을 더하여 지령전압을 생성하며 블록다이어그램은 그림 3과 같으며 (1)를 통해 DSVPMWx의 지령전압을 간단하게 구현할 수 있다.

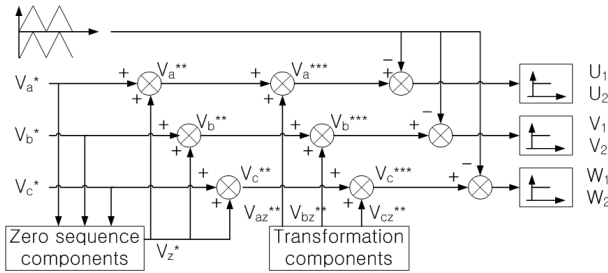


그림 3 DSVPMWx 생성 블록다이어그램
Fig. 3 Pulse generating method of DSVPMWx

2.3.2 인버터의 스위칭 도통 손실비교

인버터의 손실 비교를 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션에 사용한 파라미터는 표 1과 같다. 3레벨 NPC 인버터와 3레벨 T type 인버터에서 한 주기동안 발생하는 손실을 Psim Thermal Module을 통해 그래프로 결과를 도출하여 분석하였으며, DSVPMWx기법을 적용한 경우 3레벨 NPC 인버터보다 3레벨 T type 인버터에서 손실이 더 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 3레벨 T type 인버터에 DSVPMWPN2방식을 적용한 경우 가장 작은 손실이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 손실량을 측정하여 표 2에 정리하였고, 그림 4에는 DSVPMWPN2,3 방식을 적용하였을 때의 인버터의 손실량 시뮬레이션 결과를 도출하였다.

표 1 인버터의 시뮬레이션 파라미터.

Table 1 Parameter of simulation of inverter

파라미터	값	단위
직류 전압	700	[V]
직류 커패시터	6800	[μF]
부하 저항	17.74	[Ω]
부하 인덕터	2	[mH]
스위칭 주파수	15	[kHz]

표 2 인버터의 손실량 측정.

Table 2 Loss measured in inverter

Inverter Type	NPC loss (W)	T-Type loss (W)
DSVPWMP	98.69	70.18
DSVPWMN	98.65	70.13
DSVPWMPN0	95.15	69.52
DSVPWMPN1	95.72	69.53
DSVPWMPN2	93.68	68.62
DSVPWMPN3	107.83	77.31

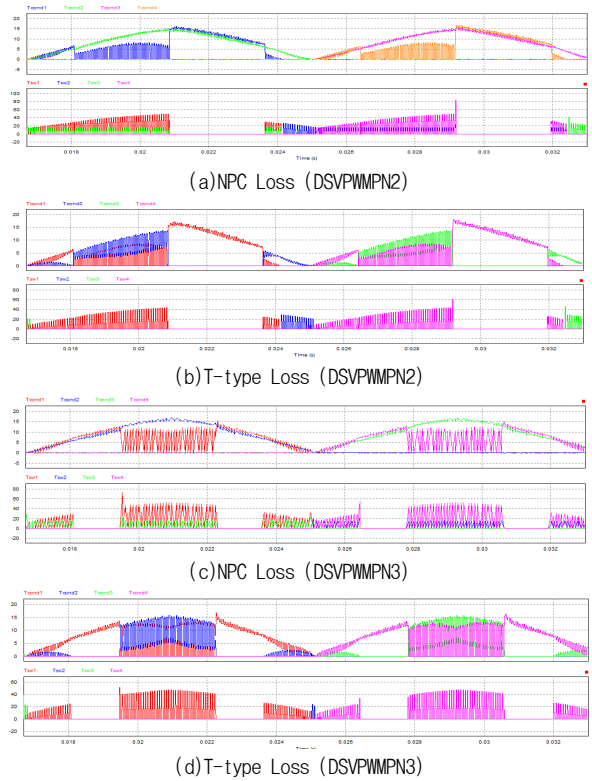


그림 4 인버터의 손실량 시뮬레이션 결과

Fig. 4 Simulation results of the inverter power loss

3. 결론

본 논문에서는 NPC인버터와 T type인버터를 비교분석하였다. T type의 경우 P와 N상태일 때 스위칭 소자 하나만을 통해 전류가 흐르므로 NPC보다 손실에서 우위에 있음을 인버터의 구조와 손실 비교를 통해 확인하였으며, 중성점 전압제어 시 두 형태의 인버터에 차이가 없는 것 또한 확인하였다. 이와 같이 3레벨 T형 인버터는 동일한 정격을 가진 3레벨 NPC인버터와 비교하였을 때 제어형식에 따른 차이는 없으나, 구조적인 이점으로 인해 도통 손실과 스위칭 손실의 발생구간이 줄어들게 된다. 따라서 3레벨 T형 인버터를 사용할 경우 3레벨 NPC인버터보다 고효율을 갖는 DC AC 인버터를 구현할 수 있다

참고 문헌

[1] S. L. An, X. D. Sun, Q. Zhang, Y. R. Zhong and B. Y. Ren, "Study on the Novel Generalized Discontinuous SVPWM Strategies for Three phase Voltage Source Inverters," IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 9, no. 2, pp. 781 789, 2013.

[2] M. Schweizer and J. W. Kolar, "Design and Implementation of a Highly Efficient Three Level T Type converter for Low Voltage Application", IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 28, no. 2, pp. 899 907, 2013.

[3] 신현진, 박주영, 최재호, "삼상 3레벨 NPC 인버터와 T type 인버터의 효율개선을 위한 DSVPMWx 적용 및 해석," 전력전자학술대회논문집, pp. 113 114, 2014.