

해상 풍력 발전용 3-Level NPC 인버터와 T-type 인버터의 동작방식에 따른 손실 분석

김한수* · 김정현* · 홍석진* · 신수철* · 이종무* · 원충연*
성균관대학교

According to the operating mode analysis loss of 3-Level NPC Inverter and T-type Inverter used in offshore wind power

Han Soo Kim* · Jeong Heon Kim* · Seok Jin Hong* · Soo Cheol Shin* ·
Jong Moo Lee* · Chung Yeun Won*
Sungkyunkwan University

ABSTRACT

본 논문에서는 3 레벨의 NPC(Neutral Point Clamped) VSC와 T type VSC를 시뮬레이션용 열 모델링 기법을 이용하여 스위칭과 도통 손실을 비교·분석하였다. 두 가지 토폴로지의 인버터동작과 회생동작에서의 주파수에 따른 효율을 시뮬레이션을 통하여 고찰 하였다.

1. 서 론

해상 풍력 발전의 경우 육상 풍력발전과 비교하였을 때 설치와 계통과의 거리가 먼 단점이 있지만 풍력이 일정하여 안정적인 출력이 나타나는 장점을 가지고 있다. 이에 따라 발전량이 점점 대형화가 되어가는 추세여서 대용량 전력 변환 장치에 보다 효율적인 기술 개발을 필요로 하고 있다.

멀티레벨 인버터는 출력 상 전압이 3가지 이상의 전압 레벨을 만들어 낼 수 있는 인버터로서, NPC(Neutral Point Clamped), NPP(Neutral Point Piloted), ANPC(Active Neutral Point Clamped), T type 인버터와 같은 여러 토폴로지들이 있다.^[1]

본 논문에서는 위와 같이 여러 가지 토폴로지들 중 가장 많이 사용 되고 있는 3 레벨 NPC(Neutral Point Clamped) 인버터와 최근 관심이 증가 되고 있는 3 레벨 T type 인버터의 동작 방식에 따른 손실과 효율을 시뮬레이션을 통하여 비교, 분석을 하였다.^[2]

2. Back-to-Back 방식

2.1 풍력 발전 시스템

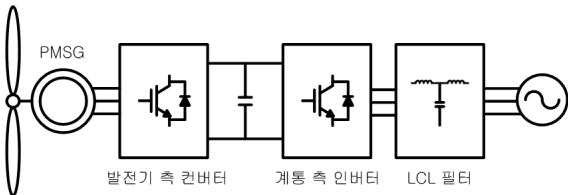


그림 1 PMSG 풍력발전 시스템 블럭도
Fig. 1 Block diagram of PMSG wind turbine systems

그림 1은 풍력 발전 시스템의 구성이다. 영구 자석형 동기

발전기로 별도의 계자회로가 필요하지 않으며, 효율이 우수하며 구조가 간단하다. 발전기와 연결되는 컨버터와 계통에 연결된 인버터로 전력 변환 시스템으로 구성 되어 있다.

3. 3-레벨 인버터의 손실

3.1 3-레벨 NPC 인버터의 손실

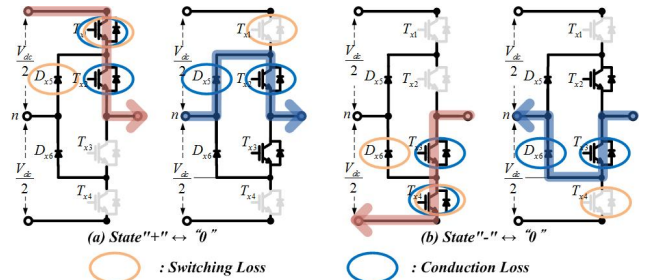


그림 2 3-레벨 NPC 인버터 손실
Fig. 2 Inverter loss of 3-level NPC type

그림 2는 NPC 인버터의 스위칭 손실과 도통 손실을 나타내고 있다. 3 레벨 NPC 인버터를 “+”상태, “0”상태, “-”상태가 반복적으로 (a), (b)와 같은 전류가 흐르게 된다. (a)상태에서는 스위칭 1번이 “On”과 “Off”가 반복적으로 일어나지만 2번 스위치는 On 상태가 유지된다. 이에 따라 1번 스위치는 도통손실과 스위칭 손실 둘 다 발생하는 반면, 2번 스위치에서는 도통 손실만 발생한다. (b) 상태 역시 동일한 이유로 4번 스위치에서는 (a)상태의 1번, 3번 스위치는 (a)상태의 2번 스위치와 같은 손실이 발생 한다.

3.2 3-레벨 T-type 인버터 손실

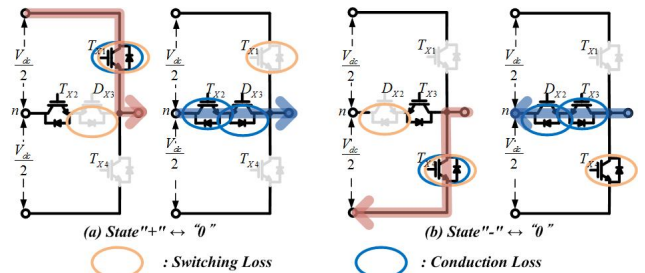


그림 3 3-레벨 T-type 인버터 손실
Fig. 3 Inverter loss of 3-level T-type

그림 3은 T type의 스위칭 손실과 도통 손실을 나타내고 있다. 3 레벨 T type 인버터를 NPC와 동일하게 스위칭 하면서 Soft switching 하는 구간이 발생한다. (a)상태에서 2번 스위치는 항상 "On"상태이기 때문에 스위칭 손실은 1번 스위치에서만 나타나고 2번 스위치에서는 나타나지 않는다. 다이오드에 대한 손실은 3번 다이오드만 도통손실과 오프 손실이 나타난다. 마찬가지로 (b)상태에는 3번 스위치가 항상 "On"상태이기 때문에 스위칭 손실은 4번에서만 나타나고 3번 스위치에서는 발생하지 않는다.

4. 시뮬레이션

4.1 동작 모드별 손실

그림 4와 5는 Back to Back 방식의 NPC type와 T type 인버터를 시뮬레이션용 열 모델링 방식에 적용하여 손실과 효율을 분석한 결과이다.^[1]

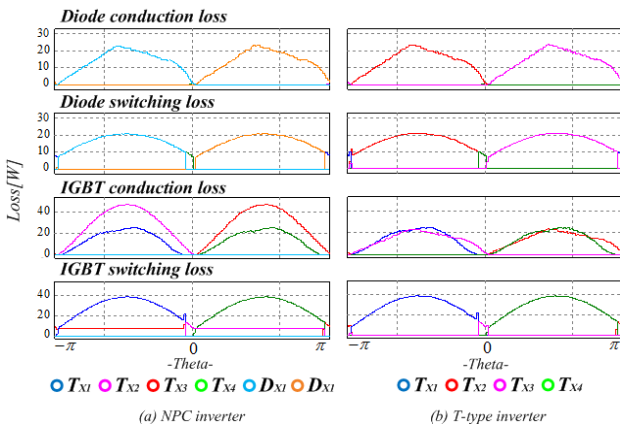


그림 4 인버터 동작에서 스위칭손실과 도통손실
Fig. 4 inverter mode switching and conduction loss

NPC 에서는 스위칭 손실이 도통 손실보다 크게 나타나기 때문에 T_1, T_4 스위치가 T_2, T_3 스위치 보다 더 큰 손실이 발생한다. 스위치 다이오드에서는 손실이 발생하지 않고 중성점 다이오드에서만 발생한다.

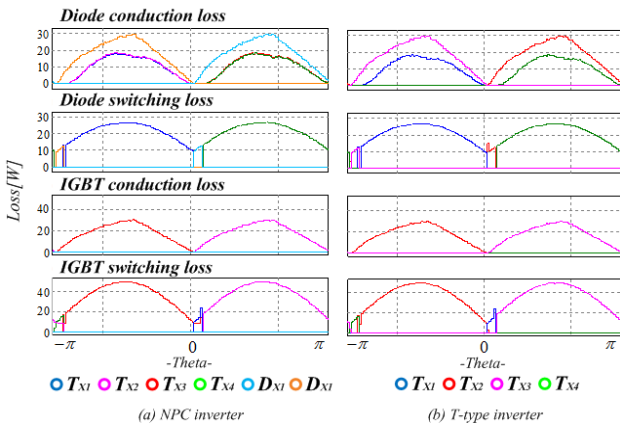


그림 5 회생 동작에서 따른 스위칭손실과 도통손실
Fig. 5 rectifier mode switching and conduction loss

T type 에서도 스위칭 손실이 도통 손실보다 크게 나타나기 때문에 T_1, T_4 스위치가 T_2, T_3 스위치 보다 더 큰 손실이 발생한다. 따라서 T Type은 직렬 연결한 스위치를 중성점 스위치 정격의 2배로 설계해야 하고, 대용량 설계를 통해 DC link 전압이 높아지면 그에 맞는 스위칭 소자 선정이 어려워진다.

4.2 주파수에 따른 인버터의 효율

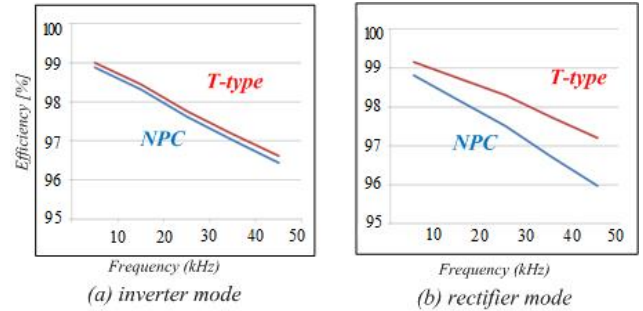


그림 6 Back-to-Back 방식의 인버터의 효율
Fig. 6 Back-to-Back type of inverter efficiency

그림 6는 동일 조건에서 NPC와 T type을 인버터동작과 회생동작 하였을 때, 스위칭 주파수 변화에 따른 효율 변화 시뮬레이션 결과 이다.

그림 6(a)의 경우 인버터 모드에서는 T type 효율이 NPC와 비슷한 효율 기울기를 보였다. 하지만, 그림 6(b)의 회생동작에서는 T typ이 NPC 보다 스위칭 주파수가 높아질수록 효율의 격차가 커지는 것을 확인 할 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 NPC와 T type 인버터의 손실과 효율을 알아 보기 위하여 시뮬레이션용 열 모델링 기법을 이용하였고, Back to Back 방식의 시뮬레이션을 통하여 인버터 동작과 회생동작 방식의 손실과 효율에 대해 분석 하였다.

그 결과 인버터동작과 회생동작에서 T type 인버터의 효율 변화는 거의 일어나지 않았으나, NPC 인버터에서는 회생 동작 시 주파수가 증가할수록 효율의 격차가 커지는 것을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 삼성중공업 (2012T00100064)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

참고 문헌

- [1] V. Blasko; R. Lukaszewski; R. Sladky; "On line thermal model and thermal management strategy of a three phase voltage source inverter," in Conf. Rec. IEEE IAS Annu. Meeting, Phoenix, AZ, 1999, pp. 1423 1431
- [2] Jose Rodriguez; Steffen Bernet; Peter K. Steimer; Ignacio E.Lizama; "A Survey on Neutral Point Clamped Inverters," IEEE Trans. Ind. Electron. Vol. 57, No.7, pp. 2219 2230, July 2010