



Researcher **여기륜, 전자공학과 (egu4422@ajou.ac.kr)**  
**임현우, 전자공학과 (pipen1991@ajou.ac.kr)**

Professor **조성준, 전자공학과**

### ABSTRACT

- Active NPC (ANPC)는 기존의 NPC 토폴로지의 손실 불균형을 해결한 토폴로지
- ANPC를 사용함으로써 스위치 손실의 균등을 이루기 때문에 NPC 시스템보다 효율을 상승시킬 수 있음
- 계통 연계를 하기 위해서는 계통의 위상각 및 크기 정보를 알아야 계통에 맞는 전력을 전달 가능
- 계통 연계를 진행하기 위한 PLL (Phase Locked Loop) 제어가 필요
- 계통 부하에 맞는 전력을 전달하기 위한 ANPC 인버터의 전류 제어기 설계 필요

### OBJECTIVES

- 이 연구에서는 ANPC 인버터를 이용한 계통 연계형 시스템을 가상으로 구성하여 시뮬레이션 하여 계통연계, 및 전류제어부를 설계하는 것이다. ANPC 인버터에 손실 균등 제어를 통해 각 스위치에 발생하는 온도 및 손실이 일치시키는 것을 시뮬레이션으로 확인해 보았다. 이때 스위치에서 발생된 온도는 스위치 데이터 시트에 기재된 열 시정수를 통해 PSIM으로 모델링을 하였으며 정확한 온도를 추정함을 확인하였다. 계통 연계를 위한 전류 제어 및 계통 연계가 제어기의 성능을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

### METHODOLOGY

#### 1. 스위치 모델링

- ANPC의 손실 제어를 하기 위해 스위치에 발생하는 온도를 추정해야 한다. 이에 따라 스위치의 데이터시트를 참고하여 스위치를 모델링 하였다. 데이터 시트에 기재된 온도 시정수를 이용하여 그림 2와 같이 모델링 할 수 있다. 일반적인 IGBT는 스위치와 다이오드로 구성되어 있으며 각 소자는 저항과 커패시턴스 성분으로 구성되어 있으며, 이를 통해 온도 시정수로 표현 가능하다.

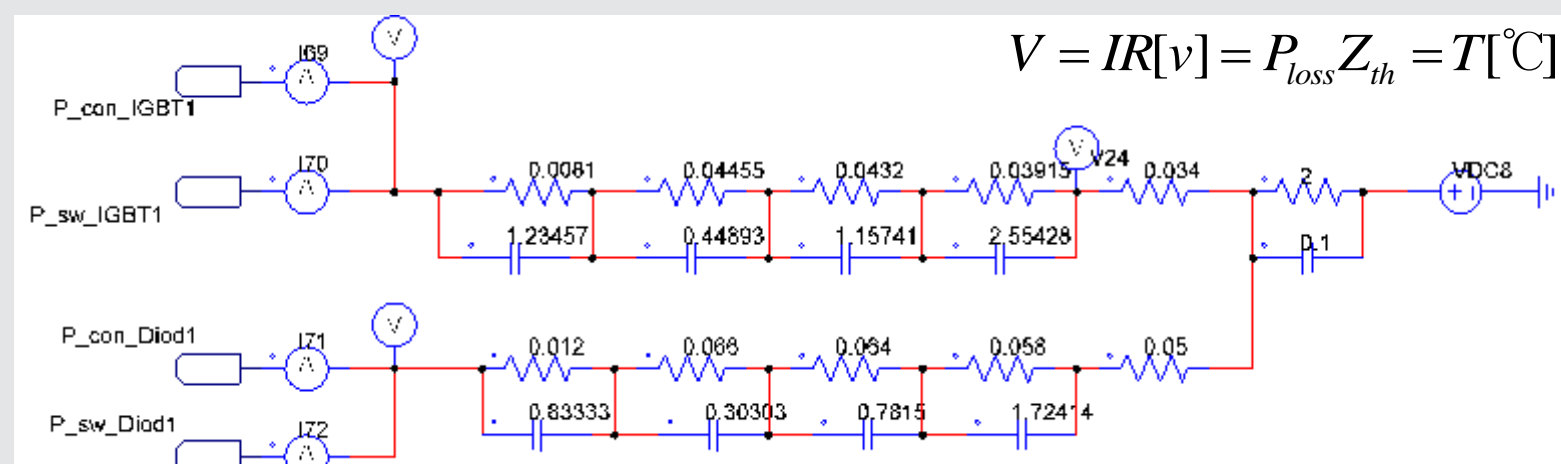


Fig 2. PSIM을 이용한 스위치 모델링

#### 2. 손실 균등 제어 기법

- 앞서 설명한 스위치 모델링을 통해서 추정된 스위치의 온도를 이용하여 표 2과 같이 ANPC를 위한 손실 균등 제어 기법을 연구하였다. 각 스위치에 발생된 온도를 비교 분석하여 인버터의 스위치 손실이 균등해지도록 PWM 제어를 통해 적절한 스위칭 상태를 이용하여 스위치의 온도 및 손실 균형을 확인하였다.

Modulation	Phase current	Junction temperatures	Zero State
Positive voltage ( $v \rightarrow 0$ )	$i_{ph} > 0$	$\theta_{JT1} > \theta_{JT2}$	OL1
		$\theta_{JT1} < \theta_{JT2}$	OL1
		$\theta_{JT1} < \theta_{JT2}$	OU2
	$i_{ph} < 0$	$\theta_{JT1} > \theta_{JT2}$	OU2
		$\theta_{JT1} < \theta_{JT2}$	OL1
		$\theta_{JT1} < \theta_{JT2}$	OU2
Negative voltage ( $v \rightarrow 0$ )	$i_{ph} > 0$	$\theta_{JT1} > \theta_{JT2}$	OL2
		$\theta_{JT1} < \theta_{JT2}$	OU1
		$\theta_{JT1} < \theta_{JT2}$	OU2
	$i_{ph} < 0$	$\theta_{JT1} > \theta_{JT2}$	OU1
		$\theta_{JT1} < \theta_{JT2}$	OL2
		$\theta_{JT1} < \theta_{JT2}$	OU1

Table2.ANPC 손실 균등 제어 기법

#### 3. PLL 시스템

- 계통의 주파수 및 전압 크기를 검출하는 알고리즘으로서 이 PLL 제어를 통해 인버터와 계통의 연계가 가능하며, 계통 부하의 변화에도 변화된 계통의 정보를 알 수 있어 안정적인 계통연계가 가능하다

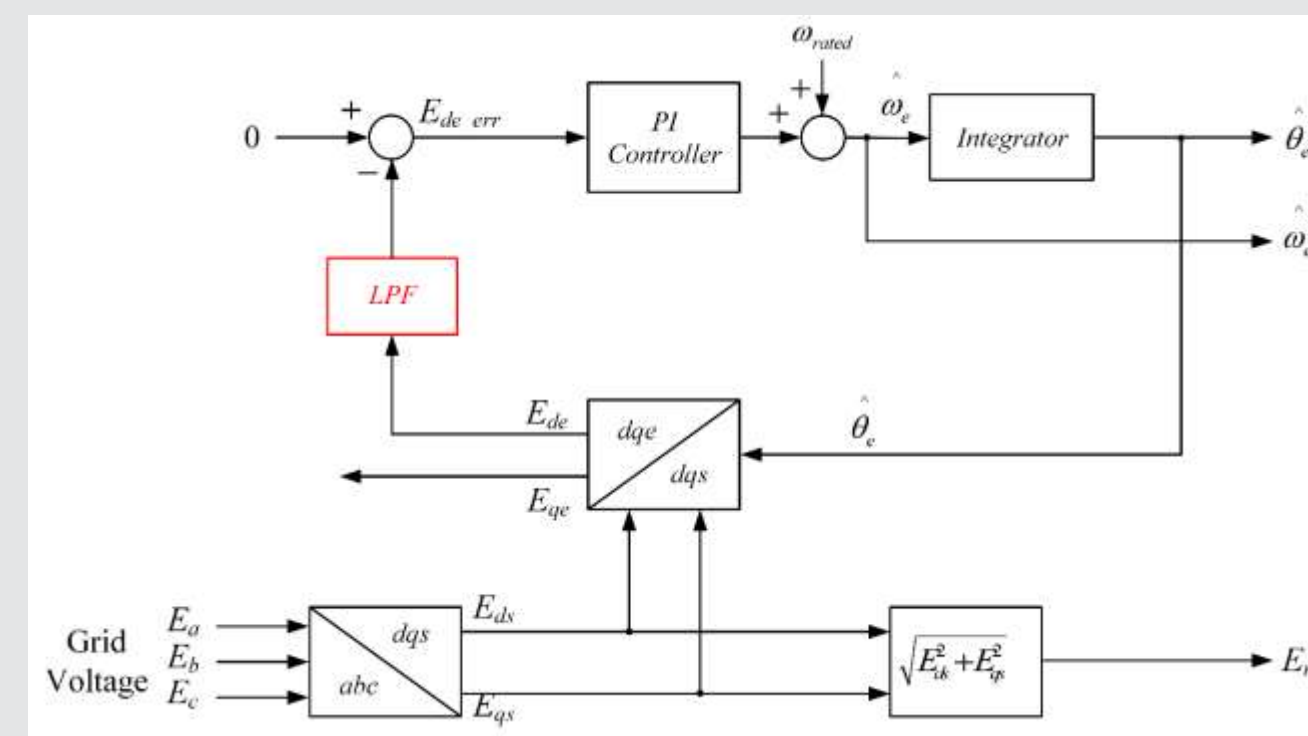


Fig 3. 저역 통과필터를 포함한 3상 PLL 시스템 블록도

#### 4. 시뮬레이션 without ANPC topology

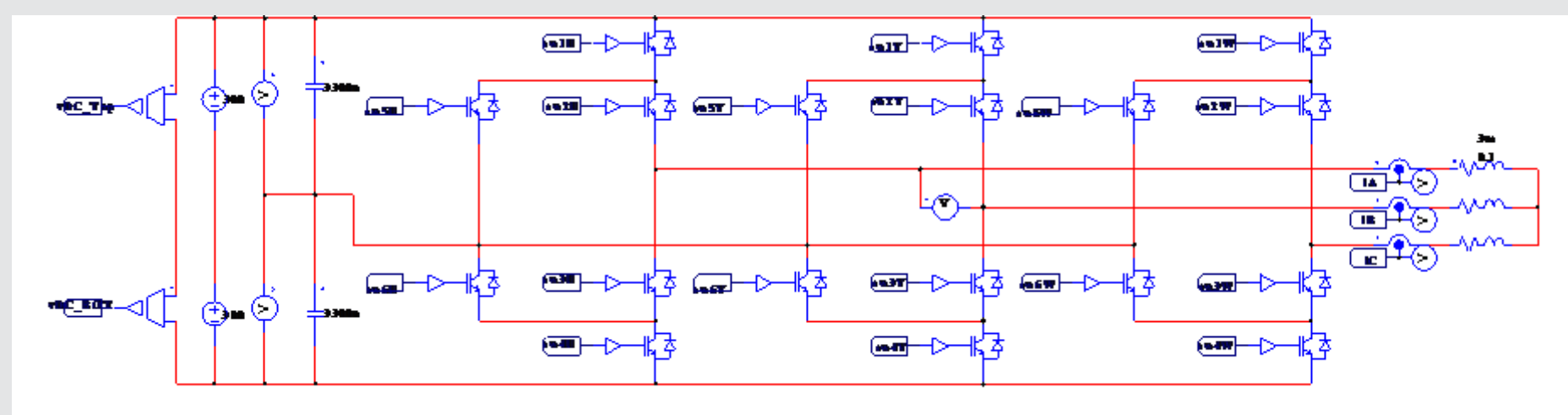


Fig 4. PSIM을 이용한 ANPC 회로도

- PSIM Tool을 사용하여 연구에 사용되는 ANPC 토폴로지를 모델링 하였으며 인버터의 제어를 위해 직류전압은 600V, 계통은 380V<sub>rms</sub>로 설정하였다.

#### 6. ANPC 인버터의 전류 분석

- 각 스위치 상태 별로 발생하는 온도의 차가 존재하며 이에 따라, 적절한 제로 스위칭 상태를 선정해 스위치의 온도 밸런싱을 가능하게 제어함

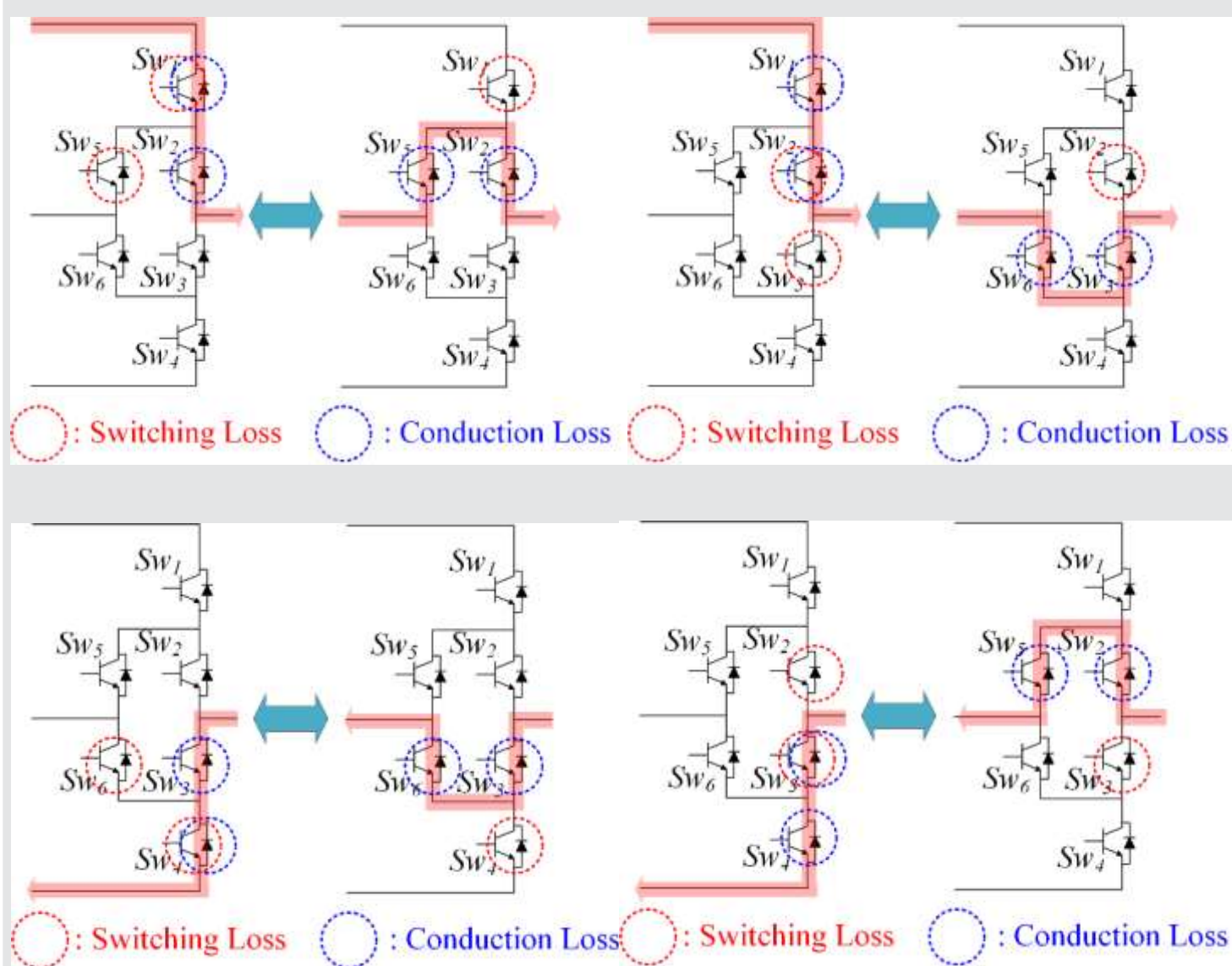


Fig 6. ANPC의 전류 패스에 따른 스위치 손실

#### 5. 전류 제어기 설계

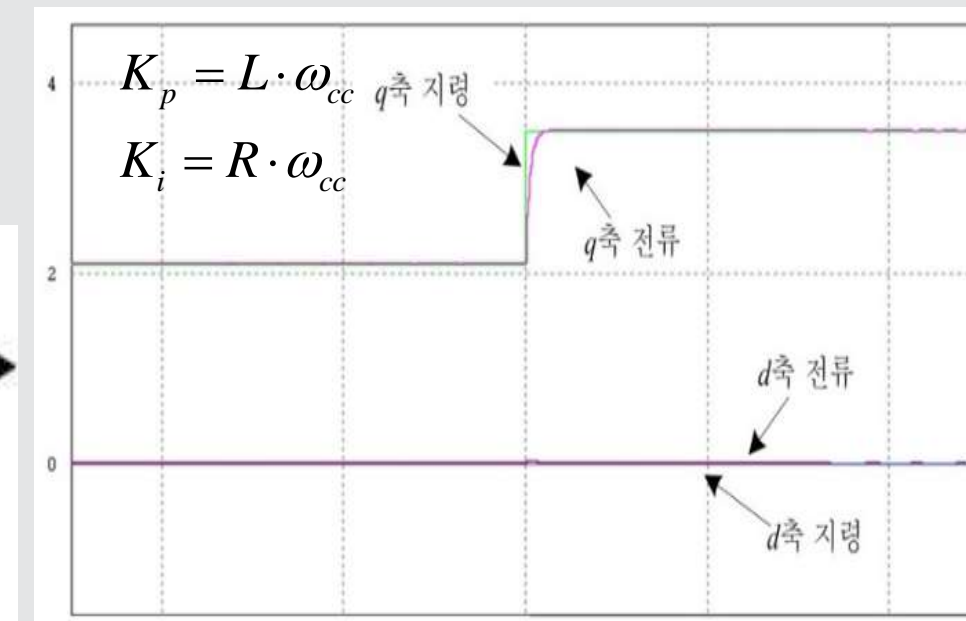
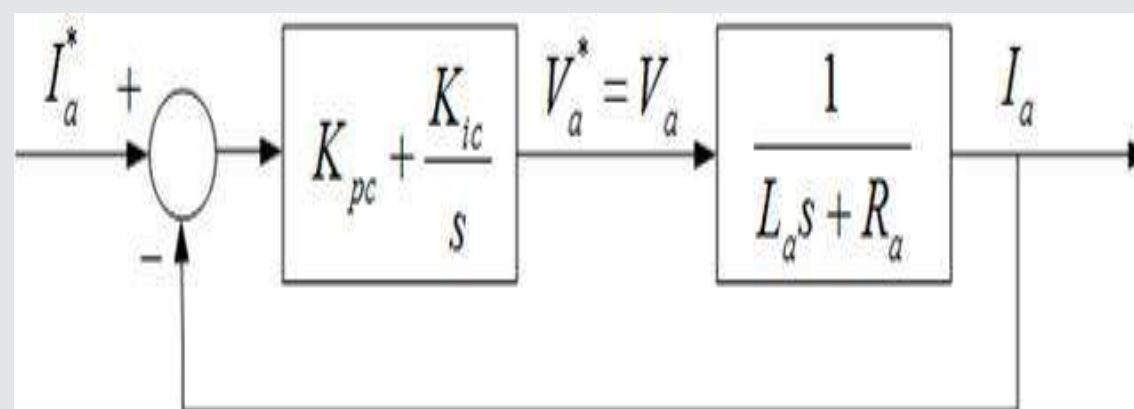


Fig 5. PI 전류 제어기 블록도 및 시뮬레이션

- 부하의 특성에 따라 전류 제어기를 설계하였다. 이때, 부하는 계통 및 계통의 필터로 설정하였으며, 계통의 인덕턴스 성분과 계통의 저항 성분을 이용하여 전류제어기의 P게인 및 I인을 선정 하였다. 선정된 게인값에 따라 전류가 제어됨을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

### CONCLUSIONS

- ANPC의 온도 제어 및 전류 제어에 관한 연구 결과를 시뮬레이션을 통해 나타냄
- 각 스위치에서 발생한 온도는 데이터시트를 참고하여 모델링하였으며, PSIM상에서 그림 6처럼 온도로서 표현이 가능
- ANPC 인버터의 계통연계를 위해 PLL을 통해 계통의 정보를 계산
- 계통의 위상각과 출력된 전류의 위상각이 일치하는지 확인하였으며, 계통과 일치한 출력이 전달됨을 확인

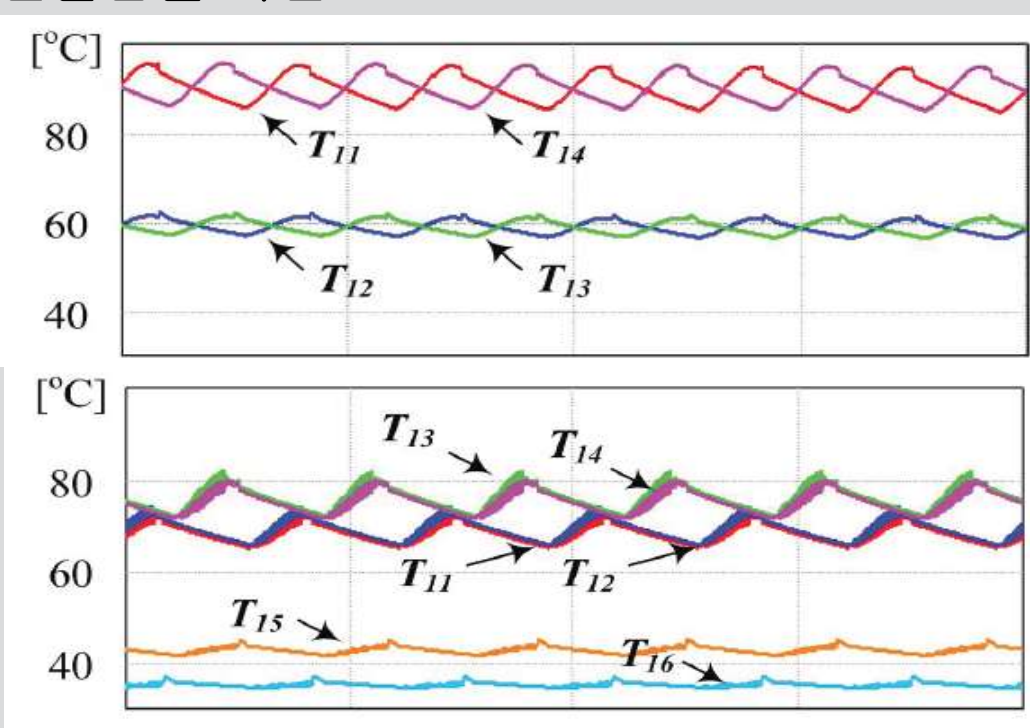


Fig 7. ANPC의 온도 밸런싱 및 전류 제어 시뮬레이션 결과 파형

