

Revision:	KOR-01
발행일:	2023-10-05
작성자:	Joachim Lamp, Gardy
결재자:	Ingo Rabl, Kendrick

키워드: NPC, TNPC, IGBT, 드라이버, 3 레벨

# 게이트 드라이버 구성 및 3 레벨 토폴로지용 단락 방지

- 1. 일반 ..... 1
- 2. 3레벨 토폴로지 ..... 2
- 3. 3레벨 컨버터의 스위칭 패턴 ..... 4
  - 3.1 NPC 토폴로지 ..... 4
  - 3.2 TNPC 토폴로지 ..... 4
- 4. IGBT 피크 전압 ..... 5
  - 4.1 NPC 토폴로지 ..... 5
  - 4.2 TNPC 토폴로지 ..... 6
- 5. 단락 시나리오 ..... 7
  - 5.1 인버터 출력 측 단락 ..... 7
  - 5.2 인버터 내부 단락 ..... 8
- 6. 단락 방지 설계 ..... 9
  - 6.1 위상-위상 단락 방지 ..... 9
  - 6.2 위상-위상 및 위상-DC 단락 방지 ..... 10
- 7. 3레벨 특수 드라이버 보드 설정 ..... 14
- 8. 요약 ..... 15

## 1. 일반

3 레벨 토폴로지는 높은 효율성과 낮은 고조파 왜곡으로 인해 UPS 및 태양열 애플리케이션에 주로 사용됩니다. 이 애플리케이션 노트는 3 레벨 NPC 및 TNPC 토폴로지에서 전력 반도체의 제어 및 보호에 대해 설명합니다. 이러한 맥락에서 IGBT는 전력 반도체와 같은 용어입니다. 드라이버 설계에 있어 필수적인 것은 IGBT의 전압을 제한하고 단락을 처리하는 것입니다. 이 애플리케이션 노트는 그에 따라 구성되었습니다.

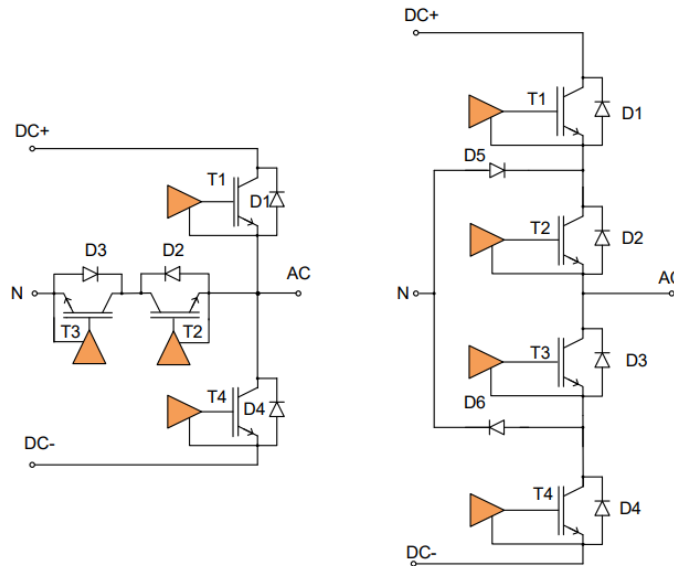
서론에 이어 2장과 3장에서는 3 레벨 토폴로지의 구조와 스위칭 패턴을 설명합니다. 4장에서는 정류 회로와 IGBT의 전압을 제한하는 방법에 대해 설명합니다. 5장과 6장은 다양한 단락 시나리오 및 단락 보호 설계에 대해 다룹니다. 마지막 장에서는 단락 감지의 특수 기능에 대해 설명합니다. 먼저 애플리케이션 노트 "3L NPC & TNPC 토폴로지" [3]을 읽어 보는 것을 권장합니다.

## 2. 3 레벨 토폴로지

가장 일반적인 3 레벨 토폴로지는 NPC와 TNPC입니다. 이 2 가지 토폴로지 모두 위상당 4 개의 IGBT가 있으므로 제어를 위해 4 개의 드라이버 단계가 필요합니다.

그림 1: 3 레벨 TNPC(왼쪽) 및 NPC 토폴로지(오른쪽)

IGBT T1 및 T4는 외부 스위치이고, IGBT T2 및 T3은 내부 스위치라고 합니다.



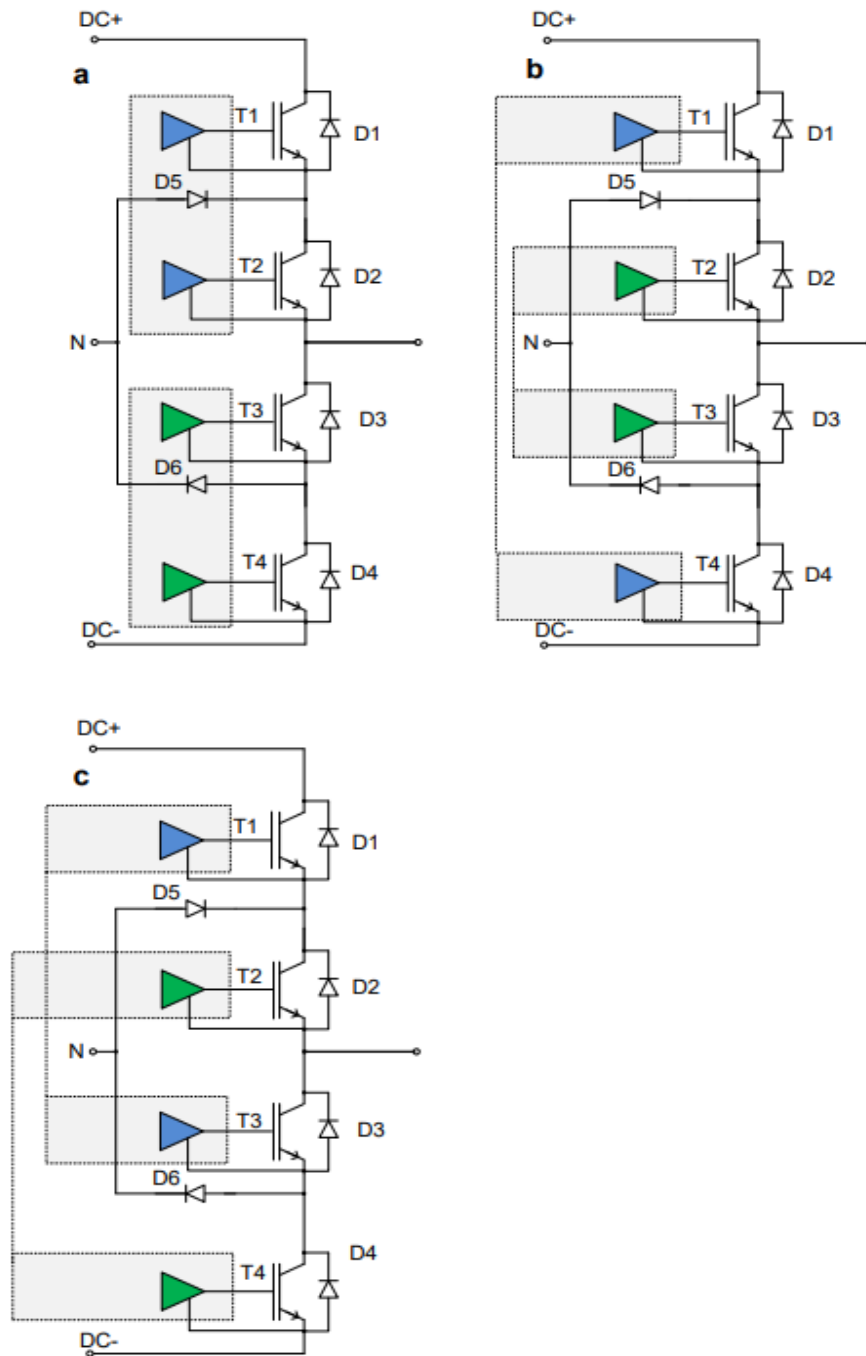
드라이버 단계는 단일 드라이버 뿐만 아니라 상용 듀얼 드라이버를 사용하여도 설계할 수 있습니다. SEMİKRON SKYPER42LJ 및 SKYPER12 드라이버 플랫폼은 단락 감지에 대한 응답 조절이 가능하여 특히 3 레벨 애플리케이션에 적합합니다. 그림 2는 NPC 위상 레그에 가능한 듀얼 드라이버 연결을 보여줍니다. 이는 두 토폴로지가 모두 동일한 펄스 패턴을 사용하기 때문에 TNPC 토폴로지에도 적용됩니다. 그림 2와 관련하여 다음과 같은 변형이 있습니다.

- IGBT T1 및 T2의 드라이버 1 IGBT T3 및 T4의 드라이버 2
- 외부 IGBT의 드라이버 1과 내부측 IGBT의 드라이버 2
- T1 및 T3의 드라이버 1과 T2 및 T4의 드라이버 2

변형 a와 b의 경우, 두 IGBT가 모두 동시에 스위치온 될 수 있으므로 드라이버의 인터록 기능을 턴오프 할 수 있어야 합니다. 이 애플리케이션 노트에서는 이 두 가지 변형의 예시를 설명합니다.

3 레벨 토폴로지에서는 IGBT T1과 T3가 스위칭 상태 간의 인터록 지연 시간에 따라 반전 스위칭 됩니다. 따라서 인터록 및 데드 타임 기능이 있는 표준 하프 브리지 드라이버를 변형 c에 사용할 수 있습니다. 그러면 컨트롤러에서 비활성 시간을 생성할 필요가 없습니다. IGBT T2 및 T4에도 동일하게 적용됩니다.

그림 2: 듀얼 드라이버가 있는 NPC

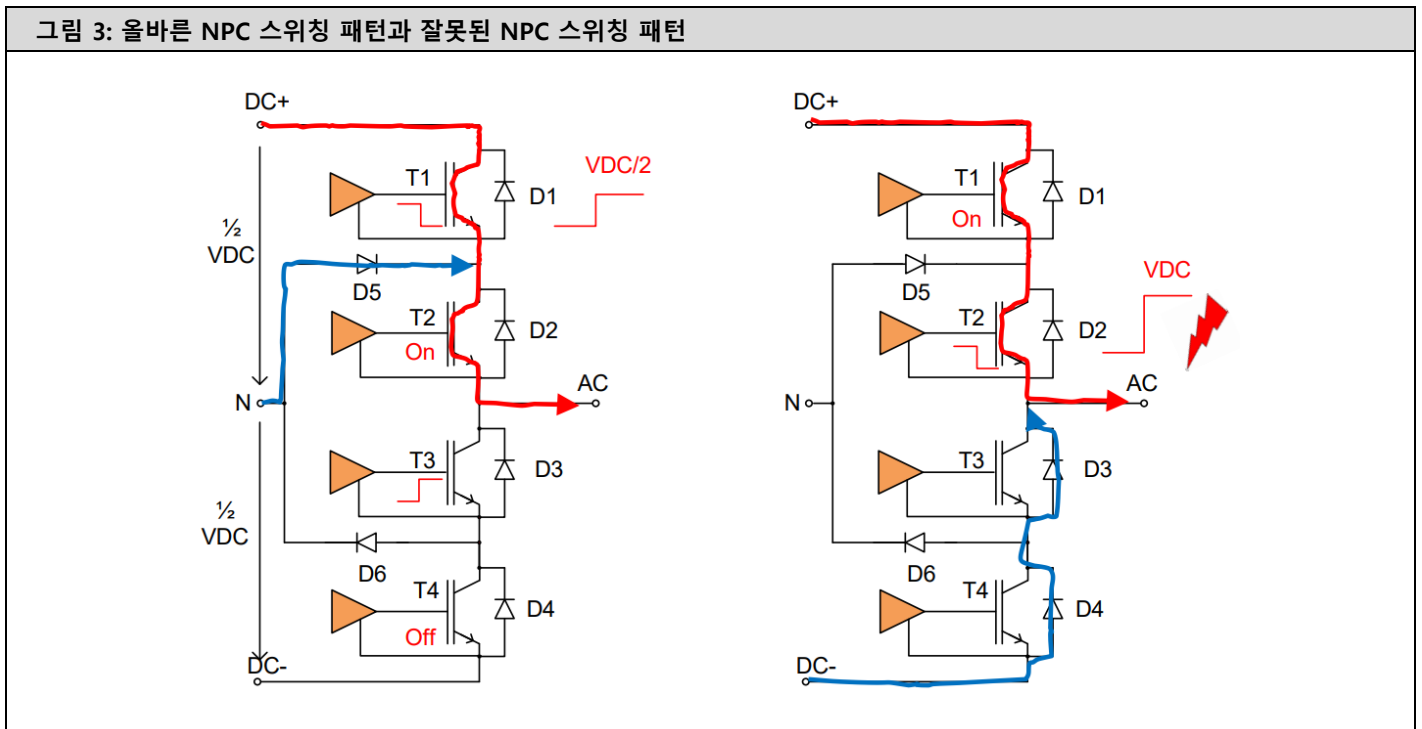


### 3. 3 레벨 컨버터의 스위칭 패턴

#### 3.1 NPC 토폴로지

과도한 높은 전압으로부터 IGBT 를 보호하기 위해서는 내부 IGBT 에 앞서 외부 IGBT 를 스위치 오프 해야 합니다. 전류가 다이오드 D5 또는 D6 로 정류하여 IGBT 의 전압을 DC-버스 전압의 절반( $1/2 V_{DC}$ )으로 제한합니다. 그림 3 에서는 양의 전류에 대한 정류를 나타낸 것입니다. 이는 음의 전류와 유사하게 동작합니다. 다만, IGBT T1 이 스위치 온 일 때 IGBT T2 가 스위치 오프 되어 있으면 전류가 다이오드 D3 와 D4 로 정류됩니다. 전체 전압 VDC 가 T2 에 적용됩니다. VDC 가 IGBT 의 차단 전압보다 높으면 VDC 가 파괴됩니다.

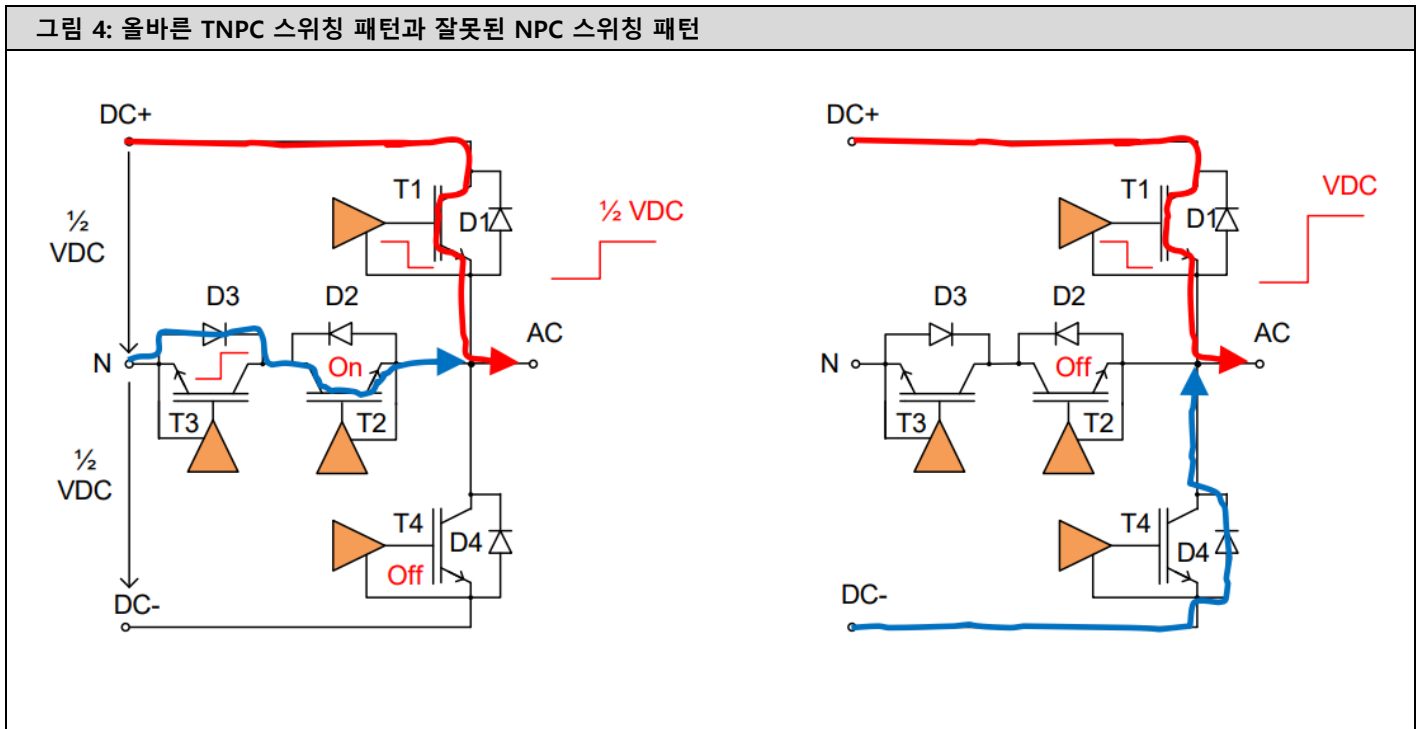
그림 3: 올바른 NPC 스위칭 패턴과 잘못된 NPC 스위칭 패턴



#### 3.2 TNPC 토폴로지

NPC 와 마찬가지로 TNPC 구성에서도 외부 IGBT 를 내부 IGBT 에 앞서 스위치 오프 해야 합니다. 그림 4 와 같이, 전류가 T1 에서 D3 와 T2 로 정류합니다. 하지만 T1 보다 T2 를 먼저 스위치 오프 하면 전류가 수평 분기 D3, T2 가 아니라 D4 로 정류됩니다. 그러면 정류는 2 레벨 회로와 같습니다. 정류 회로가 더 크고 DC-버스 전체 전압이 인가되므로 피크 전압이 더 높습니다.

그림 4: 올바른 TNPC 스위칭 패턴과 잘못된 NPC 스위칭 패턴



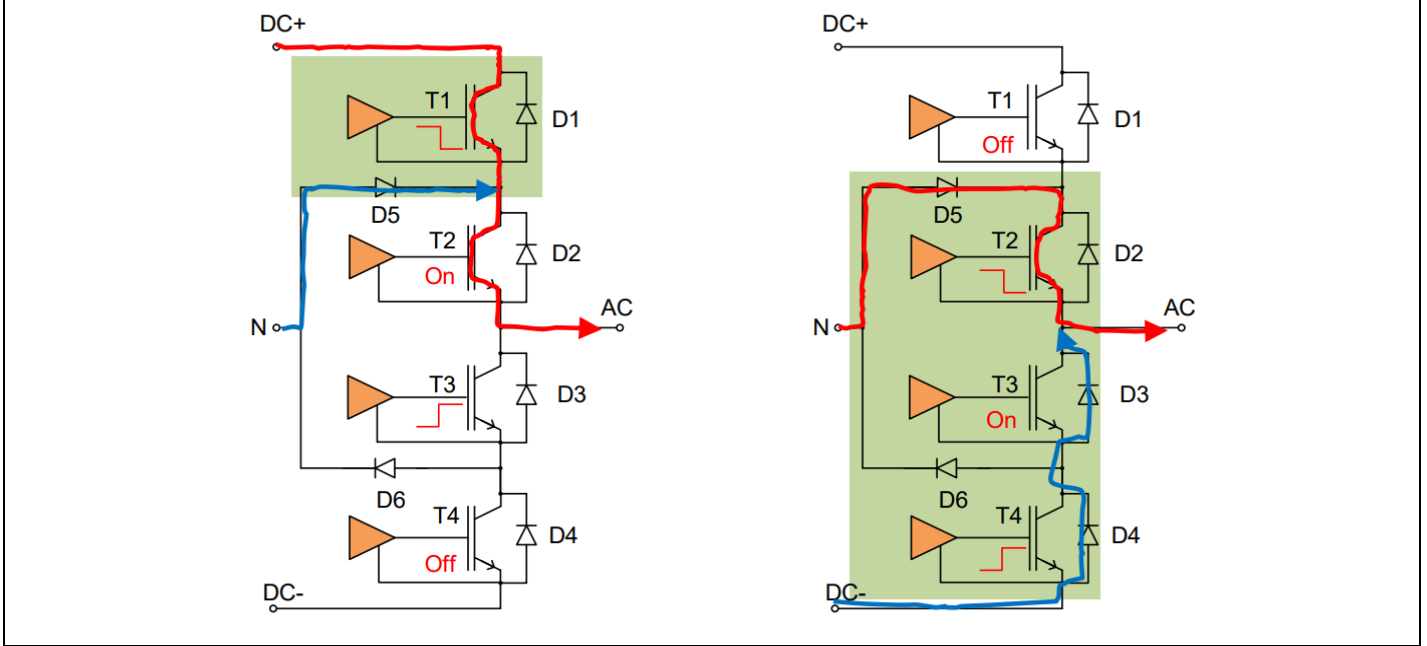
## 4. IGBT 피크 전압

### 4.1 NPC 토폴로지

NPC 토폴로지에는 두 가지 상이한 정류 회로, 즉 짧은 정류 회로와 긴 정류 회로가 있습니다. 그림 5 는 양의 전류에 대한 정류 회로를 나타낸 것입니다. 정류 루프는 녹색 사각형으로 표시하였습니다. 유효 전력( $I_{out} > 0$  and  $V_{out} > 0$ )에서는 정류가 작은 정류 회로에서, 무효 전력( $I_{out} > 0$ ,  $V_{out} < 0$ )에서는 큰 정류 회로에서 발생합니다. 누출 인덕턴스 및 스위칭 중 피크 전압은 작은 정류 회로에 비해 큰 정류 회로에서 더 높습니다. 피크 전압을 제한하기 위해 게이트 저항을 조절하거나 "능동형 클램핑" 회로를 통해 전압을 제한할 수 있습니다.

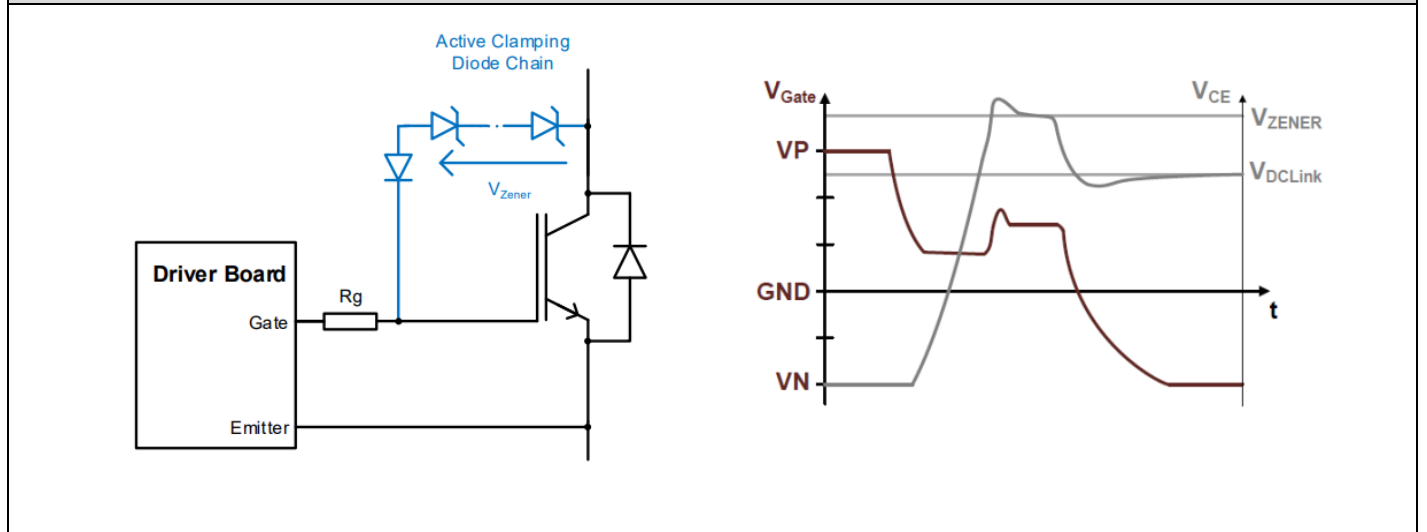
게이트 저항으로 제한하는 경우, 최근 IGBT 에서는 스위치 오프 프로세스는 게이트 저항기 [4]를 통해 제한된 범위까지만 제어할 수 있습니다.

그림 5: 짧은 NPC 정류 루프 및 긴 NPC 정류 루프



액티브 클램핑 회로에서 제너 특성을 갖는 다이오드는 컬렉터에서 게이트로 연결됩니다. 클램핑이 시작되는 전압 레벨은 다이오드 체인의 항복 전압에 의해 설정됩니다. 스위치 오프 시  $V_{ce}$ 가  $V_{Zener}$  보다 높아지면 클램핑 다이오드가 전도됩니다. 이 전류는  $V_{ce}$  전압이  $V_{Zener}$  기준점 아래로 감소할 때까지 게이트를 다시 켭니다.

그림 6: 능동 클램핑 회로



## 4.2 TNPC 토폴로지

TNPC 토폴로지에서 내부 IGBTs와 외부 IGBTs는 동일한 정류 회로를 갖습니다. 수평 IGBTs (T2, T3)의 차단 전압은 종종 수직 IGBTs(T1, T4)보다 낮습니다.

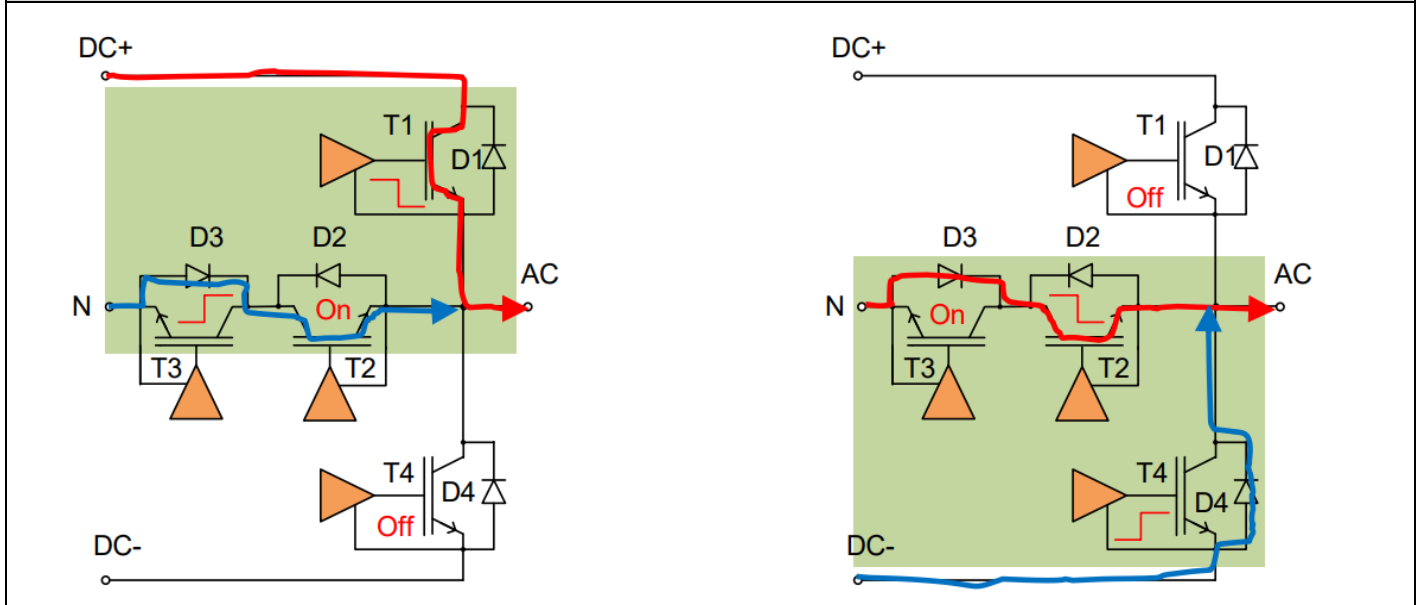
예: 최대 DC-링크 전압 = 1000V.

T1/T4 = 1200V IGBT/다이오드 마진 1200V-1000V = 200V.

T2/T3 = 650V IGBT/다이오드 마진 650V-500V = 150V.

이 경우 수평 IGBT에 능동 클램핑과 같은 전압 제한 조치가 종종 필요합니다.

그림 7: TNPC 정류 루프



## 5. 단락 시나리오

다음은 여러 가지 단락 시나리오에 대한 설명입니다.

- 시스템 외부 단락회로(그림 8 참조) 인버터는 각 위상 레그에 전류 측정과 AC측 리액터(초크)가 있다고 가정합니다.
- 리액터 앞의 시스템 내부 단락회로(그림 9참조). 전류는 전류 센서로 측정이 되지 않으며 AC 측 리액터로 제한되지 않습니다. 이는 절연 결함이나 시스템의 금속 부품과 같은 시스템 결함입니다.

두 경우 모두 단락은 아래와 같이 구분합니다.

- 위상-위상 간의 단락
- 위상-DC링크 간의 단락

위상-위상 단락을 설명하기 위해 인버터의 2 개의 위상을, 위상-DC 링크 단락은 1 개의 위상만 표시됩니다. 이 그림에서는 NPC 변형을 보여 주며, 고려 사항은 TNPC 에도 적용됩니다.

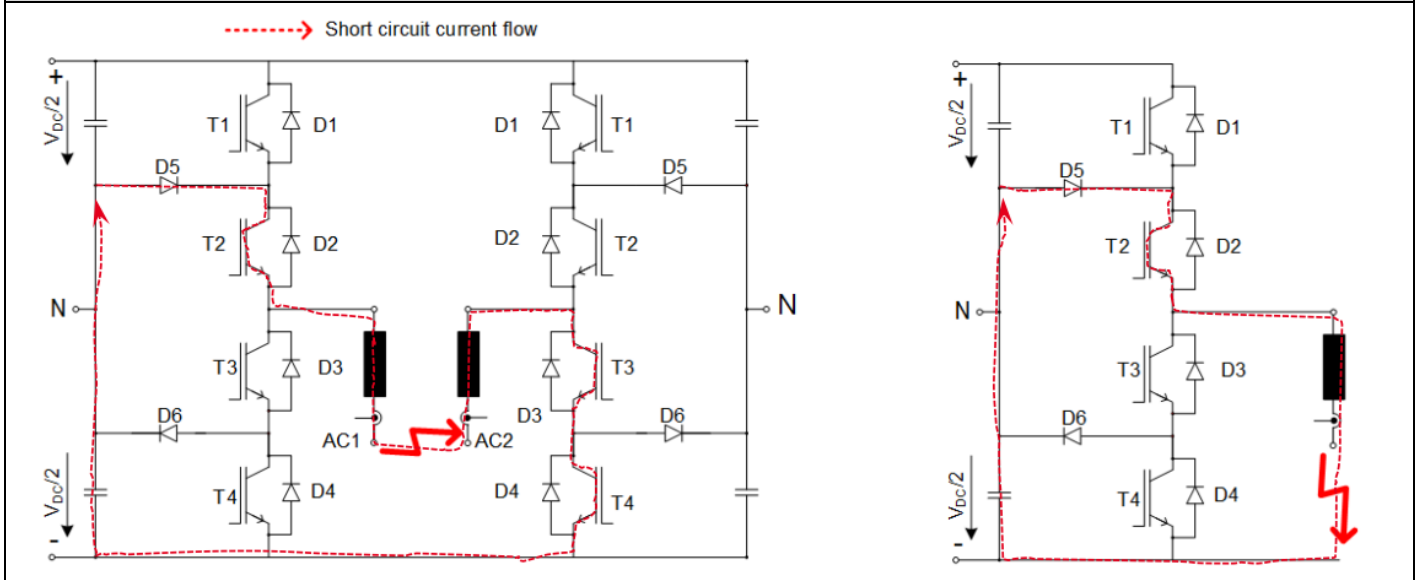
### 5.1 인버터 출력 측 단락

전류 센서가 단락 경로에 있습니다. 과전류 임계값에 도달하면 IGBT 가 지정된 순서에 따라 스위치 오프 됩니다. 즉, 외부 IGBT 가 먼저 스위치 오프 된 후 내부 IGBT 가 스위치 오프 됩니다. IGBT 가 포화 상태에 빠지기 전에 IGBT 를 스위치 오프 해야 합니다. 이를 위해서는 신속한 전류 획득과 평가 회로가 필요합니다. 긍정적인 효과는 AC-리액터에 의해 전류 증가가 제한된다는 것입니다. 이러한 유형의 단락만 본다면 IGBT 에 단락 감지가 필요하지 않습니다. 그러나 전류 감지가 너무 느려 IGBT 가 포화될 때까지 전류가 계속 증가하는 경우 5.2 에 설명된 대로 이 경우를 고려해야 합니다.

IGBT 의 포화는 일반적으로 정격 전류의 3~8 배에서 발생하며 IGBT 파괴로 이어질 수 있습니다. 포화 동작에 대한 자세한 설명은 [2] 5.7.2 를 참조하십시오.

“동적 단락 보호”에 대한 설명은 드라이버 보드에 대한 기술 설명 자료 [5] 와 [6]를 참조하십시오.

그림 8: 인버터 출력 측 단락

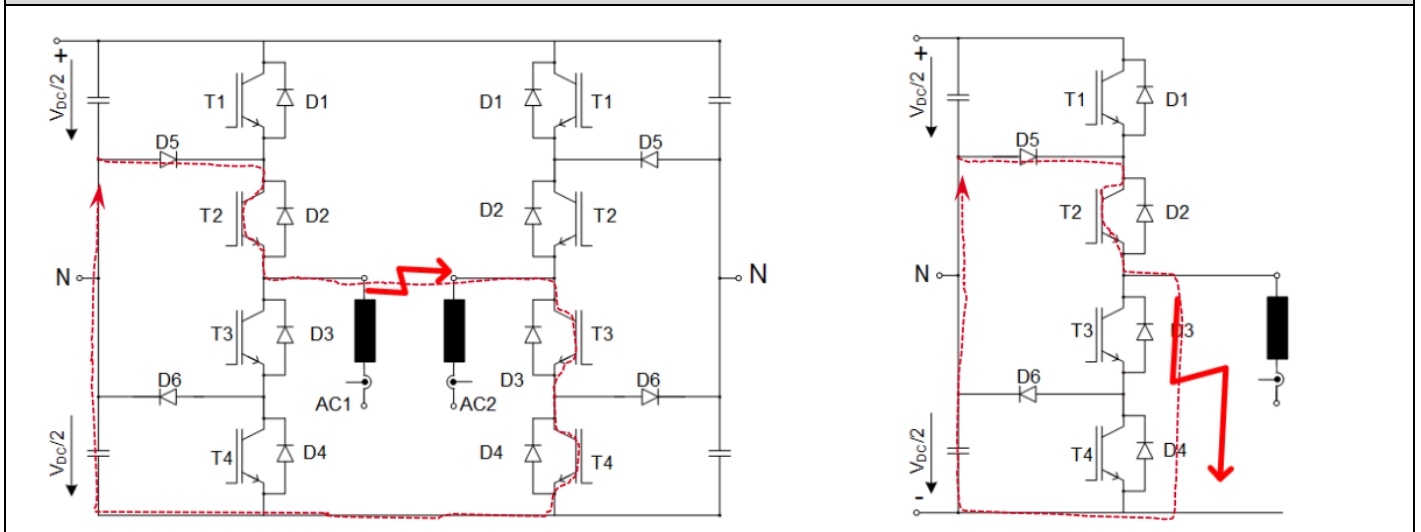


### 5.2 인버터 내부 단락

단락 전류는 전류 센서로 감지되지 않습니다. IGBT가 포화될 때까지 전류는 증가합니다. IGBT의 포화는 드라이버의 동적 단락 보호에 의해 감지됩니다. 단락이 모듈 가까이에서 발생할 경우 전류가 수 kA/μs 상승할 수 있습니다. 이 동작은 IGBT 데이터시트에 단락 조건을 가진 단락 시간( $t_{psc}$ )이 지정된 경우에만 허용됩니다.

그림 9와 같이, 위상-위상 단락 시에는 전류가 항상 외부 IGBT 중 하나를 통해 흐릅니다. 내부 IGBT만 관련된 경우 N 전위만 연결되므로 단락 전류가 흐르지 않습니다. 위상-DC 단락의 경우 하나의 내부 IGBT만 관여할 수 있습니다.

그림 9: 인버터 내부 단락



또 다른 단락 시나리오는 정확하지 않은 컨트롤로 인한 여러 IGBT(예: T2, T3, T4)의 동시 스위치 온입니다. DC 전압이 IGBT의 차단 전압보다 높으면, 전압을 제한하는 액티브 클램핑이 없을 경우 마지막으로 턴온되는 IGBT(예: T1)이 과전압에 의해 파괴됩니다.



## 6. 단락 방지 설계

인버터 출력에서 단락이 발생한 경우 각 위상의 전류 센서를 이용한 과전류 감지로 충분합니다( 5.1 참조). 이후로는 보다 심각한 인버터의 내부 단락만 살펴봅니다.

### 6.1 위상-위상 단락 방지

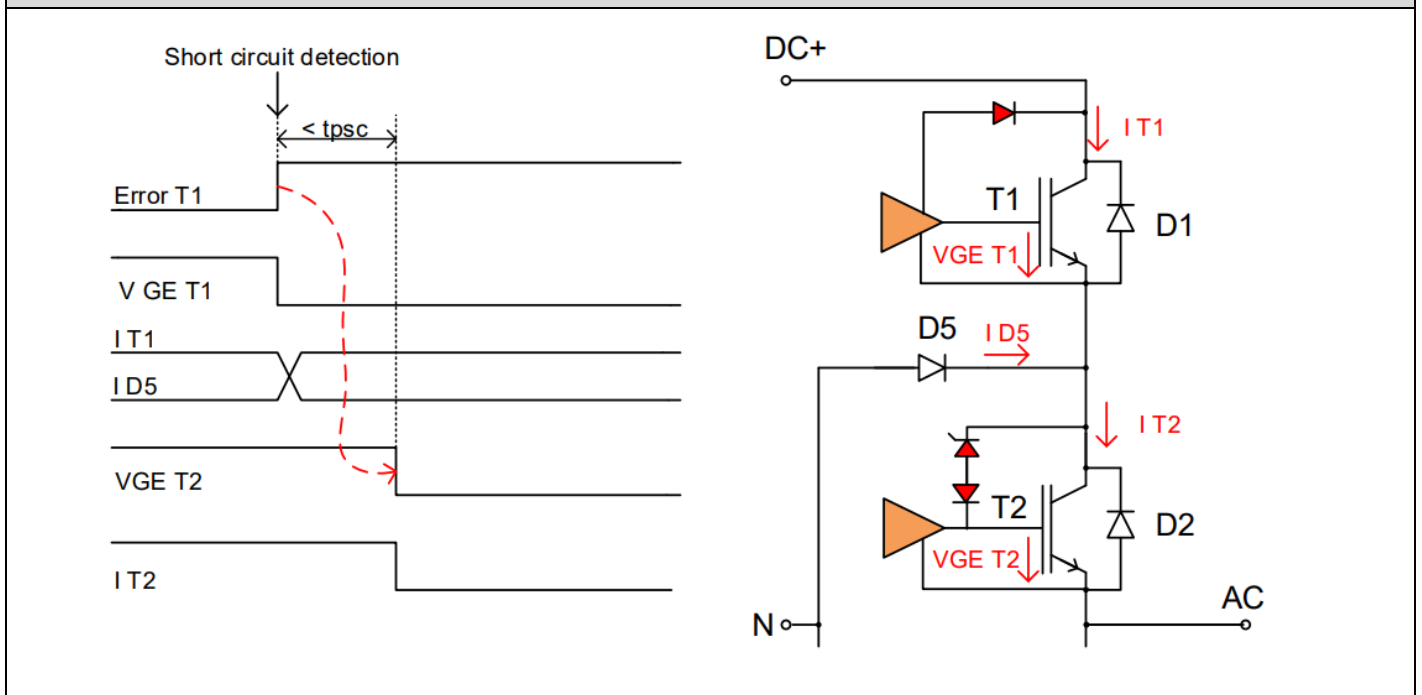
단락 전류는 항상 외부 IGBT 중 하나를 통해 흐르기 때문에 이러한 IGBT 에 대한 단락 감지로 충분합니다. 단락이 감지된 경우, 일반 게이트 저항보다 몇 배 높은 소프트 오프 저항을 통해 IGBT 가 즉시 턴오프 됩니다. 이렇게 IGBT 의 전압을 허용 가능한 수준으로 제한할 수 있습니다. 전류가 외부 IGBT 에서 다이오드 D5 또는 D6 으로 정류됩니다. 드라이버에서 생성된 오류 신호는 사용자 측의 컨트롤러로 전달되며, 이 컨트롤러는 다시  $t_{psc}$  내의 내부 스위치를 턴오프 합니다. 표준  $R_g$  로 스위치 오프 시 내부 스위치를 과도히 높은 전압으로부터 보호하기 위해 액티브 클램핑 회로가 필요할 수 있습니다.

이러한 스위치 오프 순서를 유지하려면 외부 IGBT 에서 단락이 감지될 경우 내부 IGBT 가 즉시 스위치 오프 되지 않도록 해야 하는데 이는 IGBT 에서 흘러 나온 전류가 다이오드 D5 또는 D6 로 정류될 때만 해당됩니다. 드라이버 및 오류/하자 처리 선택 시 이점을 고려해야 합니다. 그림 10 은 양의 전류에 대한 시간 다이어그램을 나타낸 것입니다.

TNPC 에 대한 조건이 유사합니다. T1 이 단락을 감지하고 소프트 턴오프 됩니다. 전류가 D3 및 T2 로 정류됩니다. 이제 T2 가 고전류에서 하드 스위치 오프 됩니다.

소프트 오프 저항에 대한 설명은 드라이버 보드에 대한 기술 설명 자료 [5] 와 [6]을 참조하십시오.

그림 10: 외부 IGBT 의 단락 감지 시간 다이어그램



이러한 보호 기능은 SEMİKRON SEMIX5 TNPC 및 NPC 애플리케이션 샘플로 구현됩니다.

2 개의 SKYPER12 가 사용되는데 하나는 T1, T2 에 그리고 나머지 하나는 T3, T4 에 사용됩니다. 두 드라이버 모두 NPC 모드로 작동합니다. 이는 오류 시 드라이버가 스위치 오프 되나 드라이버 보드의 두 번째 단계는 아닙니다.

그림 11: 드라이버 보드 배열 SEMIKRON SEMIX5 SEMIX5 TNPC 및 NPC 애플리케이션 샘플

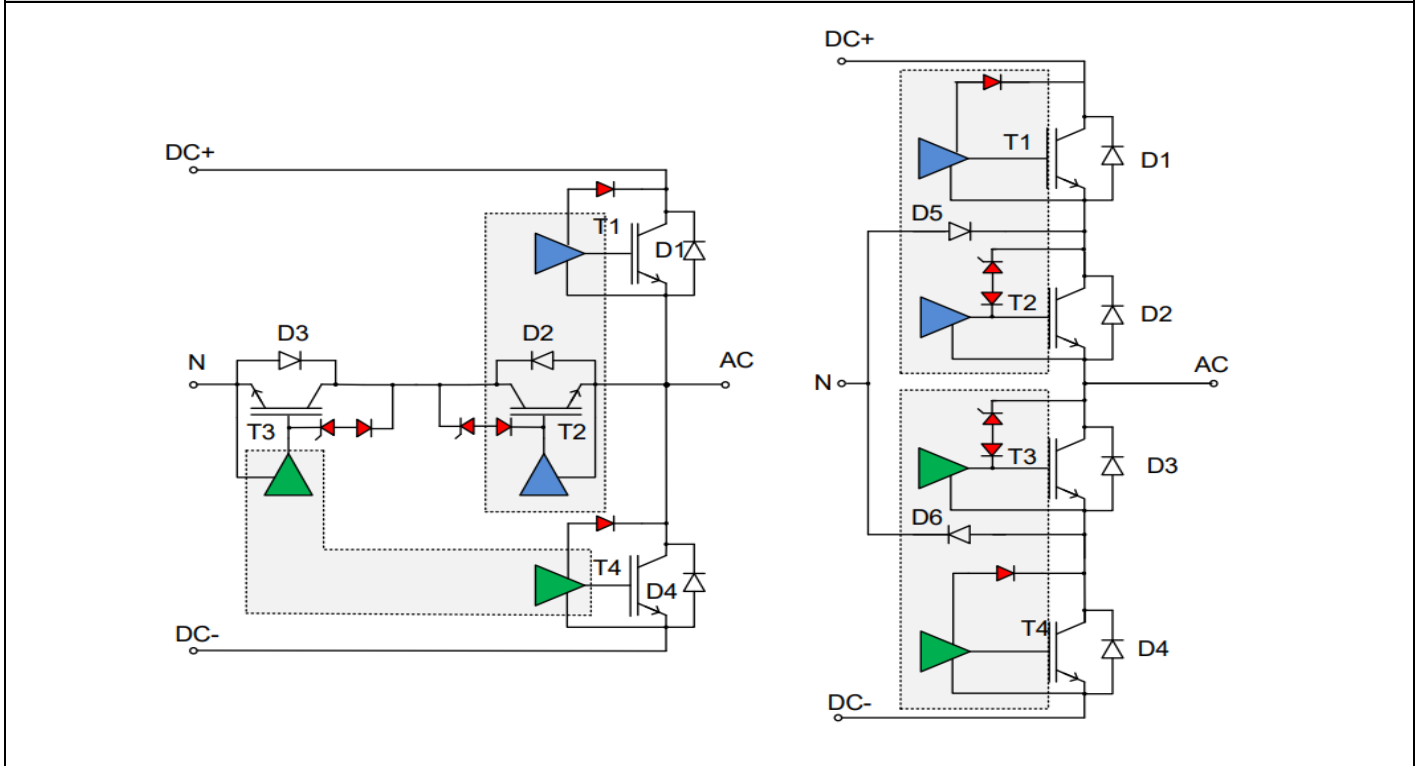
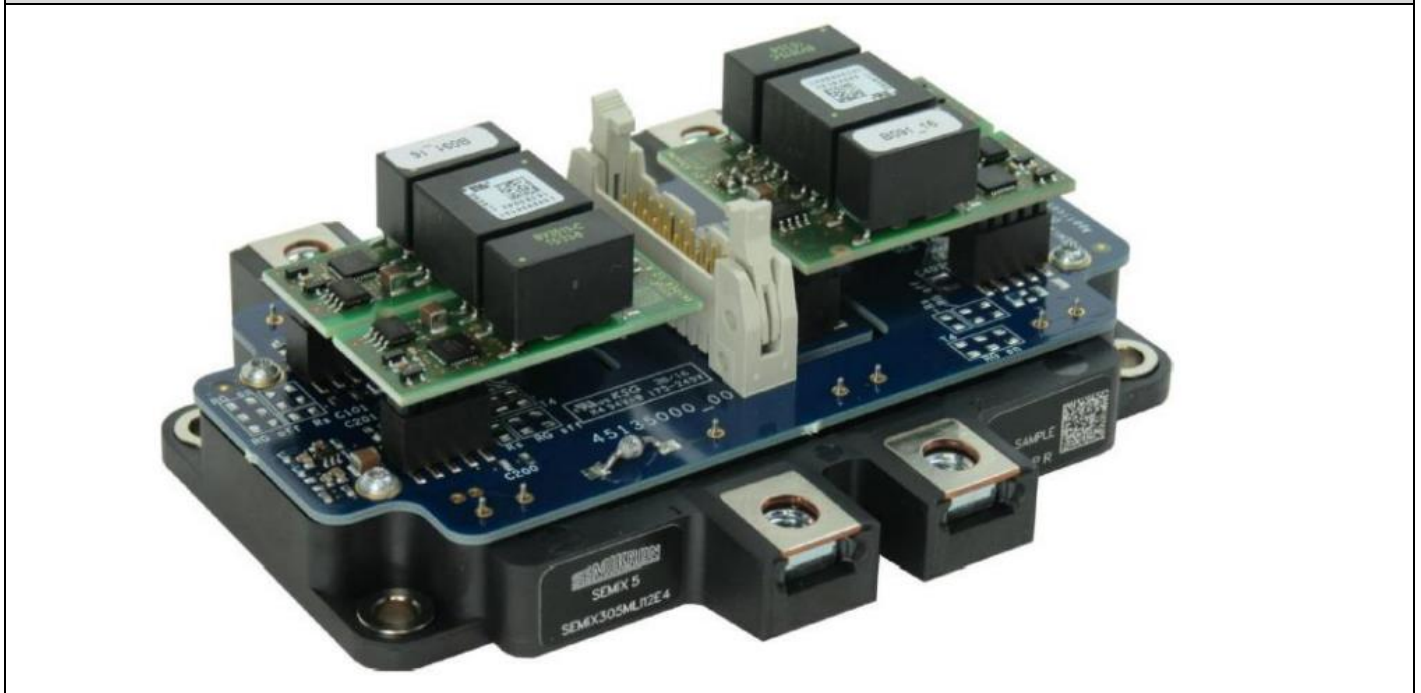


그림 12: SEMIKRON SEMIX5 TNPC 및 NPC 애플리케이션 샘플



[7] "TE - SEMIX5 1200V MLI SKYPER12 Driver Board" 및 [8] "TE - SEMIX5 TMLI SKYPER12 Driver Board" 참조.

## 6.2 위상-위상 및 위상-DC 단락 방지

이를 위해 외부 및 내부 IGBT 에 대한 단락 감지를 구현해야 합니다. 이 경우 위상-위상, 위상-DC 및 위상-접지 단락을 모두 스위치 오프 할 수 있습니다.

외부 IGBT 가 단락을 감지하면 6.1 에 설명된 대로 셋다운이 실시됩니다.

내부 IGBT 가 단락을 감지하면 내부 IGBT 가 스위치 오프 되지 않습니다. 드라이버가 오류 메시지를 보냅니다. 그러면 사용자 측의 컨트롤러가 스위치 온 상태인 외부 IGBT 를 턴오프 합니다. IGBT 에서 나오는 전류가 다이오드 D5/D6 로 정류되면 내부 IGBT 가 스위치 오프 됩니다. 스위치 오프 순서는 컨트롤 보드에서 관리해야 합니다. 이러한 단락 스위치는  $t_{psc}$  내에서 일어나야 합니다. 외부 스위치는 표준  $R_{goff}$  로 턴오프 됩니다. 그림 13 은 양의 전류에 대한 시간 다이어그램을 나타낸 것입니다.

이러한 스위치 오프 순서는 NPC 모듈의 SKYPER42LJ 드라이버로 보장할 수 있습니다. 이 모드에서는 단락이 감지될 때 IGBT 가 스위치 오프 되지 않고 오류만 전송됩니다. 이렇게 저장된 오류로 인해 IGBT 는 그 다음 일반 스위치 오프 펄스 시 소프트 오프 저항기로 스위치 오프 되므로 과전압에서 보호할 수 있습니다.

이러한 보호 기능은 2//SEMIX5 TNPC 및 NPC 애플리케이션 샘플로 구현됩니다. 2 개의 SEMIX5 모듈이 병렬로 연결되어 약 250kW 의 출력 전류를 제공합니다. 2 개의 SKYPER42LJ 가 사용됩니다. 핀으로 드라이버를 2 레벨 또는 MLI 모드로 설정할 수 있습니다. MLI 애플리케이션 샘플은 충분한 전압 차이 때문에 액티브 클램핑 다이오드가 필요하지 않으며 TMLI 는 내부 IGBT 에 액티브 클램핑 다이오드를 제공합니다.

내부 IGBT 용 드라이버는 NPC 모드로, 외부 IGBT 는 2 레벨 모드로 작동합니다. 단락 상황에서 IGBT 는 소프트 오프 저항을 통해 턴오프 됩니다.

그림 13: 내부 IGBT 의 단락 감지 시간 다이어그램

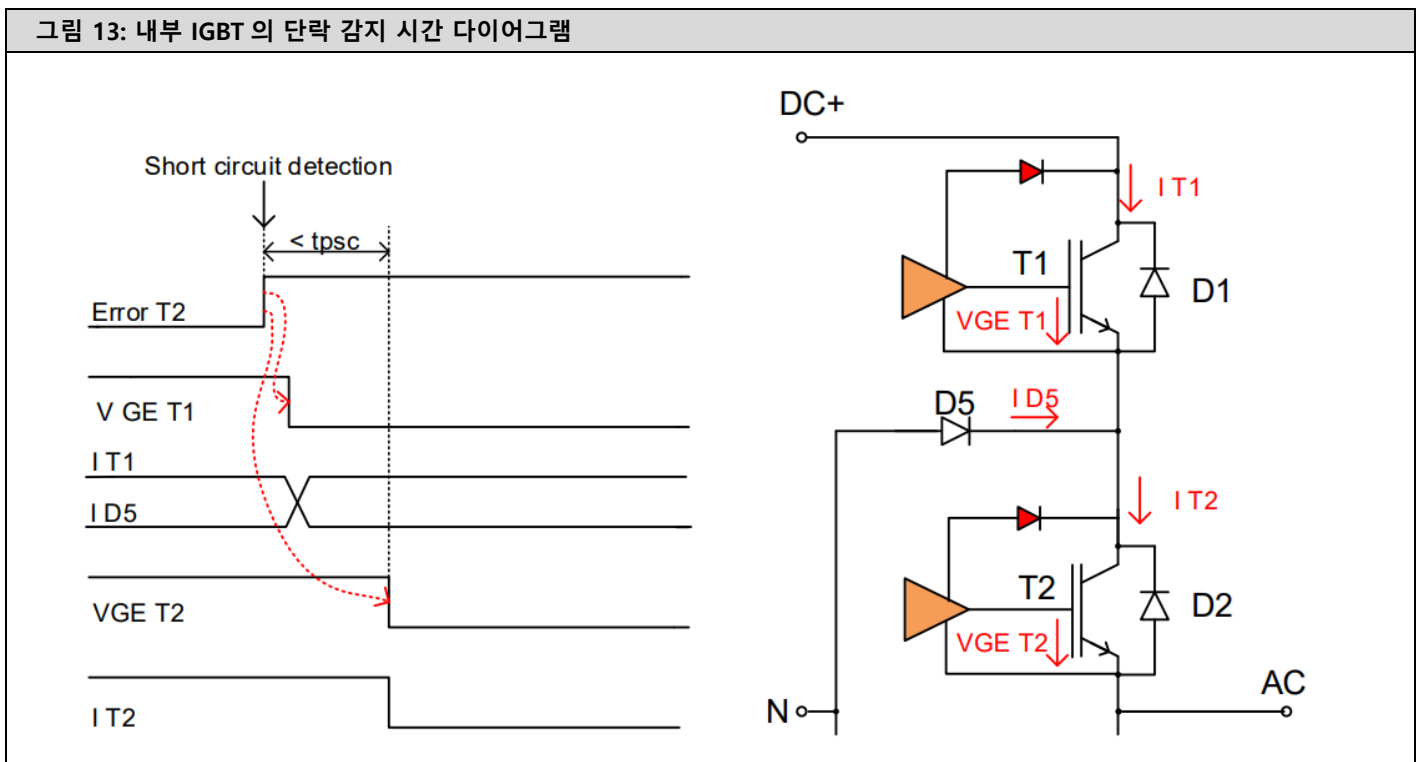
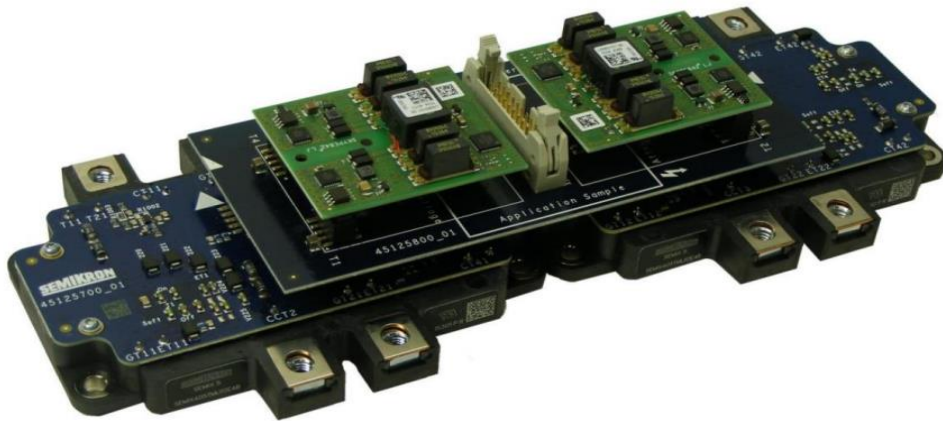
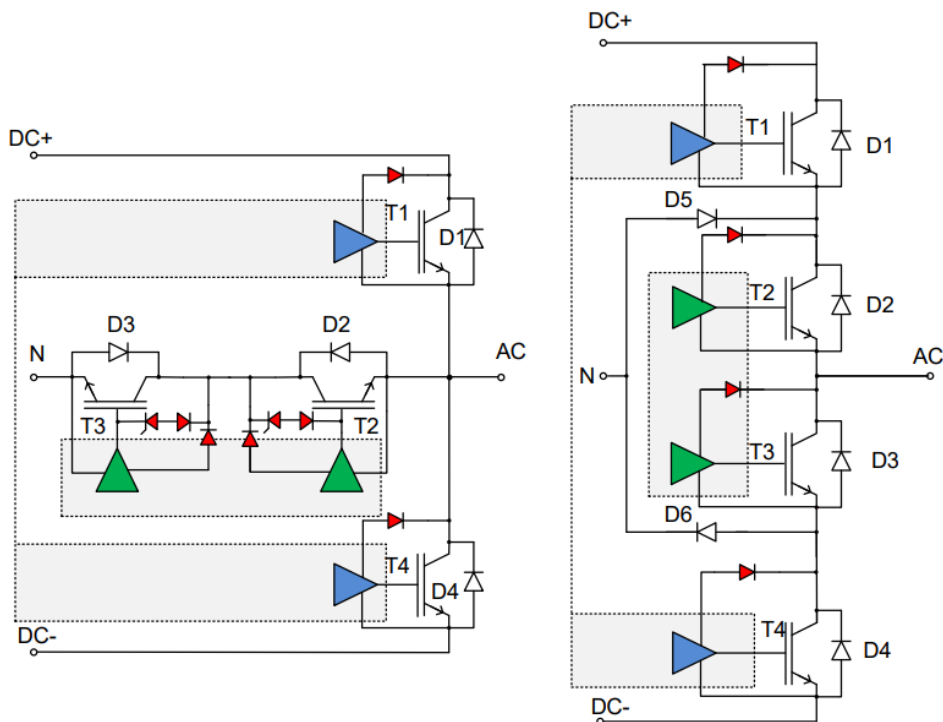


그림 14: SEMİKRON 2//SEMIX5 TNPC 및 NPC 애플리케이션 샘플



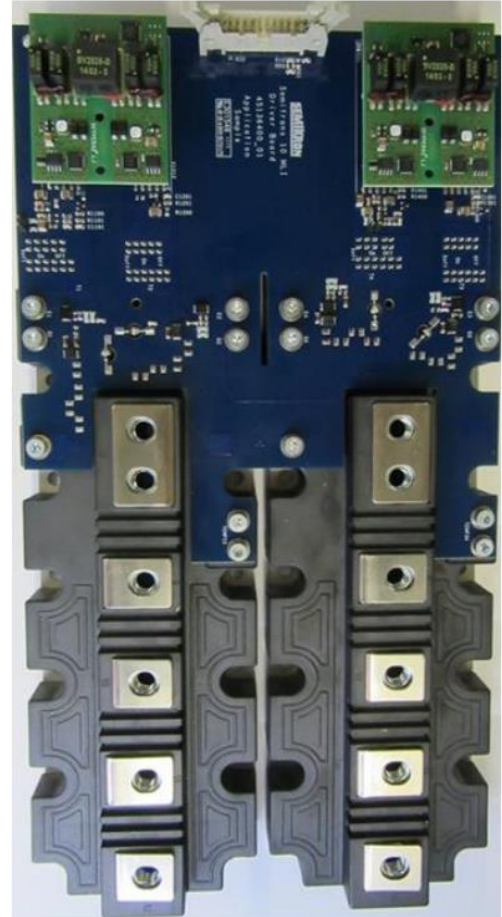
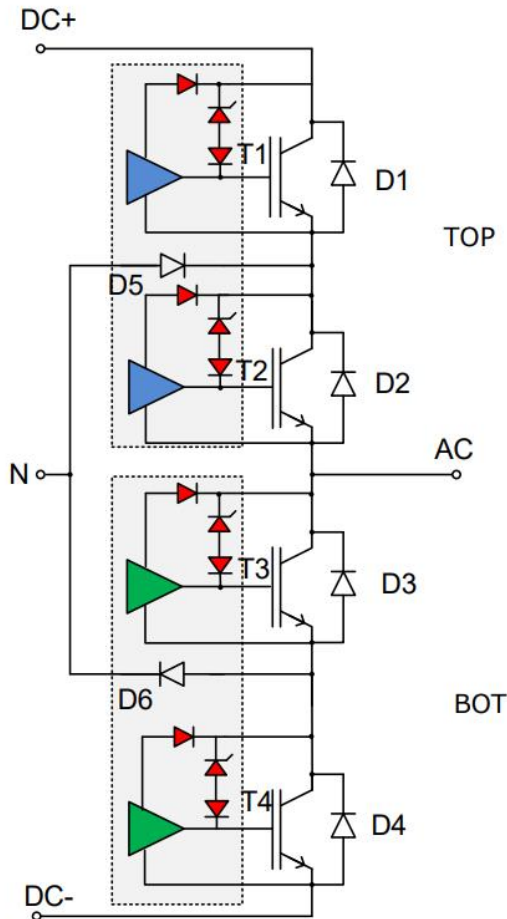
[9] "TE - SEMiX5 1200V TMLI Parallel Driver Kit" 및 [10] "TE - SEMiX5 1200V MLI Parallel Driver Kit" 참조.

그림 15: 드라이버 보드 배열 2//SEMIX5 TNPC 및 NPC 애플리케이션 샘플



모든 IGBT 가 단락 감지 및 액티브 클램핑 전압 제한 기능이 있는 경우 최상의 보호 기능이 보장됩니다. 이 경우 특정 스위칭 시퀀스에 신경 쓸 필요 없이 단락 발생 시 각 IGBT 를 바로 스위치 오프 할 수 있습니다. 하나의 IGBT 에 오류 메시지가 표시되는 경우 다른 IGBT 가 모두 즉시 스위치 오프 됩니다. 2 레벨 드라이버를 사용할 수 있습니다. 이 회로의 단점은 제너(Zener) 다이오드의 수가 높아 비용이 증가하고 드라이버 PCB 에 공간이 필요하다는 점입니다. 이러한 보호 기능은 SEMITRANS 10 NPC 애플리케이션 샘플로 구현됩니다.

그림 16: SEMITRANS10 NPC 애플리케이션 샘플



[11] "TE - ST10 MLI Driver Board - 11.04.2019\_rev04.pdf"참조.

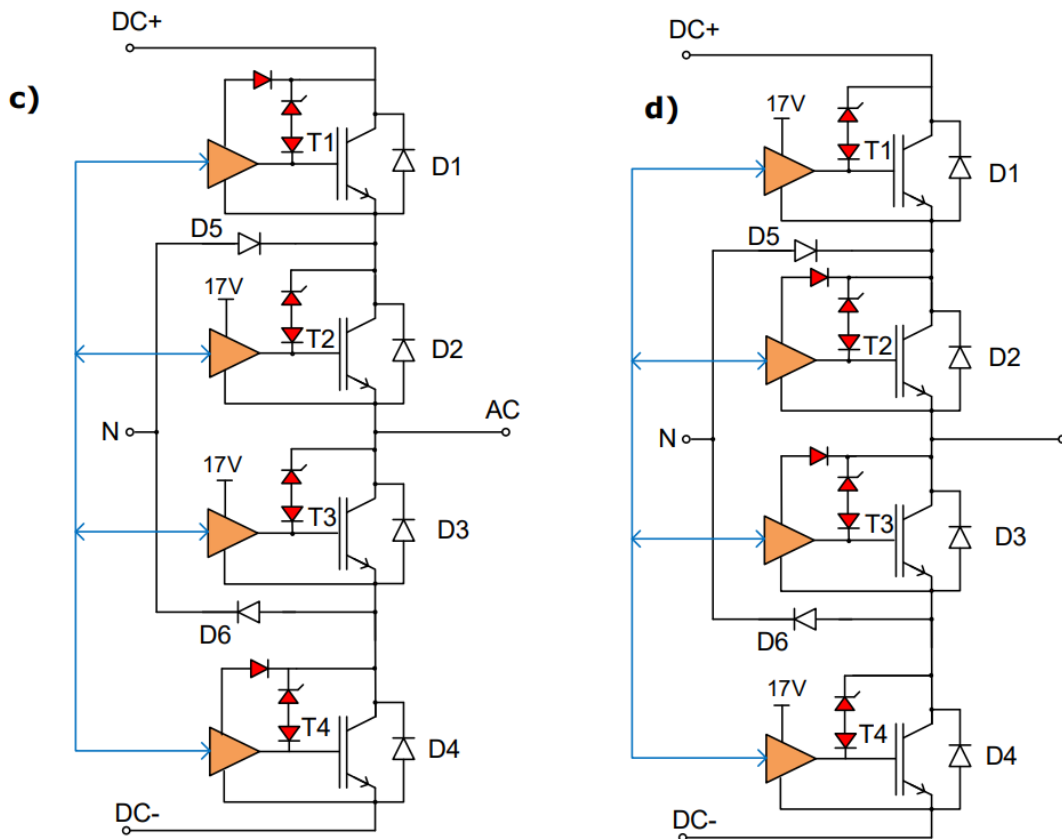
## 7. 3 레벨 특수 드라이버 보드 설정

NPC 에서 단락 회로 감지 및 단락 회로 턴오프는 TNPC 보다 더 어렵습니다. TNPC 에서는 단락 회로 시 단 하나의 IGBT 만 전류 전도 모드에 있는 반면 NPC 에서는 직렬로 연결된 두 개의 IGBT 가 활성화될 수 있습니다. 동일한 유형의 IGBT 를 사용하면 두 IGBT 가 동시에 포화 상태에 빠질 수 있습니다. 이 조건은 바람직하지 않습니다. 포화 상태의 IGBT 는 이득이 높기 때문에(게이트 전압 변화가 작더라도 전류 변화가 크기 때문에) 발전하기 쉽고 이로 인해 파괴될 수 있습니다. 이를 방지하기 위한 옵션은 다음과 같습니다.

- a. 5.1에 설명된 대로 인버터 출력에서만 단락 회로를 허용하여 포화 사례를 제외합니다
- b. 4개의 모든 IGBT에 능동 클램핑 및 단락 회로 감지가 있습니다. 단락 회로가 감지되면 IGBT가 즉시 꺼집니다. 0장, 그림 16 참조
- c. 4개의 IGBT는 모두 액티브 클램핑 기능을 갖고 있으며, 외부 스위치의 경우만 단락 감지 기능이 있습니다. 그림 17c를 참조하십시오. 또한 **내부** IGBT에는 외부 IGBT(예: 17V)에 비해 더 높은 게이트 전압이 공급됩니다. 이는 외부 IGBT가 항상 먼저 탈포화되도록 하기 위한 것입니다. 한가지 단점은 외부 스위치가 관여되지 않는 AC-DC 단락의 경우, 게이트 전압이 높아지면 내부 IGBT의 단락 전류가 매우 상승한다는 점입니다. 열 파괴가 발생하지 않도록 하려면 지정된 단락 시간  $t_{psc}$  이전에 IGBT를 스위치 오프 해야 합니다.
- d. 4개의 IGBT는 모두 액티브 클램핑 기능을 갖고 있지만 내부 스위치의 경우만 단락 감지 기능이 있습니다. 그림 17d를 참조하십시오. 또한 **외부** IGBT에는 내부 IGBT(예: 17V)에 비해 더 높은 게이트 전압이 공급됩니다. 이는 내부 IGBT가 항상 먼저 탈포화되도록 하기 위한 것입니다. 따라서 모든 단락 사례를 감지할 수 있습니다. 단락이 감지되면 IGBT가 즉시 턴오프 되고 오류 메시지가 생성됩니다. 그러면 외부 IGBT가 즉시 턴오프 됩니다. 액티브 클램핑 회로는 내부 IGBT가 외부 IGBT 보다 먼저 턴오프 되더라도 IGBT를 과전압으로부터 보호합니다.

때로는 스위치 오프 순서를 보장하기 위해 내부 및 외부 IGBT 에 대해 상이한  $V_{ce}$  단락 감지 수준과 블랭킹 시간이 구현됩니다. 실제로, 구성 요소 허용 오차가 조정이 가능한  $V_{ce}$  감지 수준 및 블랭킹 시간의 차이보다 더 큰 영향을 미치기 때문에 이러한 조치는 보통 효과가 없습니다.

그림 17: 더 높은 게이트 전압이 공급되는 NPC 토폴로지에 대한 단락 감지 가능성



## 8. 요약

지금까지 NPC 및 TNPC 토폴로지에 대한 피크 전압 제한 및 단락(SC) 보호를 위한 드라이버 보드 구성에 대해 설명했습니다. 외부 IGBT 는 모두 피크 전압을 제한하기 위해 내부 IGBT 보다 먼저 스위치 오프 해야 합니다.

SC 고려 사항 외에도, 내부 IGBT 의 액티브 클램핑에 의한 피크 전압 제한은 낮은 전압 한계로 인해 TNPC 회로에, 그리고 긴 전류 루프의 높은 인덕턴스로 인해 NPC 회로에 필요할 수 있습니다.

TNPC 토폴로지의 SC 는 하나의 IGBT 만 전도하므로 처리하기가 더 쉽습니다. NPC 토폴로지가 처리하기가 더 어려운 이유는 2 개의 IGBT 가 직렬로 연결되어 있어 두 장치의 탈포화 상태가 동시에 발생할 수 있기 때문입니다.

외부 IGBT 에서만 포화 감지 기능이 있는 경우, 위상 간 SC 는 감지되나 위상에서 접지의 경우에는 감지되지 않습니다. 그러나 이 솔루션은 노력과 구성 요소 수가 상대적으로 적고 3 레벨의 안전한 턴오프 시퀀스가 보장되므로 매력적입니다. 여전히 내부 IGBT 의 액티브 클램핑은 필요할 수 있습니다.

접지 및 위상 간 SC 보호의 경우 모든 IGBT 에 대한 포화 탐지가 구현되어야 합니다. NPC 회로의 내부 및 외부 IGBT 에 대한 게이트 전압이 서로 다른 경우, 포화 시퀀스가 정의되므로 2 개의 IGBT 만의 포화 감지로 충분합니다.

모든 IGBT 에 액티브 클램핑 다이오드가 있는 경우 SC 가 감지되는 즉시 IGBT 를 턴오프 할 수 있습니다. 이 경우 스위치 오프 방식을 구현할 필요가 없으며 표준 2 레벨 드라이버를 사용할 수 있다는 장점이 있습니다. 하지만 다수의 구성 요소, 특히 제너 다이오드가 필요하며, 이는 시스템의 신뢰성을 떨어뜨립니다. 또한 다이오드 허용 오차로 인해 액티브 클램핑 설계가 까다롭습니다. IGBT 가 포화하기 전에 AC 측 전류 센서가 SC 전류를 감지하면 IGBT 에 대한 포화 감지는 불필요합니다. 이는 일반적으로 전류 기울기가 AC 측 초크에 의해 제한되는 경우에 해당합니다. 따라서 AC 초크 앞의 단락 견고성이 없다는 단점으로(분리 결함 또는 제조 시 조립 하자 등으로 인한) 드라이버 노력을 상당히 줄여 줍니다. 애플리케이션에 따라 어떠한 보호 수준이 충분한지는 시스템 설계자가 결정합니다.

## 기호 및 용어

문자 기호	용어
DC+, DC-, N, AC	IGBT 모듈 전원 연결부
G, E	IGBT 모듈 게이트, 이미터 연결부
V <sub>DC</sub>	DC 링크 전압
V <sub>CE</sub>	IGBT 컬렉터-이미터 전압
V <sub>GE</sub>	IGBT 게이트-이미터 전압
R <sub>g</sub>	드라이버 보드 게이트 저항기
V <sub>Zener</sub>	제너 다이오드의 트리거 전압
V <sub>p</sub>	양극 게이트 전압
V <sub>N</sub>	음극 게이트 전압
t <sub>psc</sub>	최대 단락 지속 시간
PE	보호 접지
오류 T1, 오류 T2	IGBT T1 드라이버 단계, IGBT T2 드라이버 단계의 오류 신호
I <sub>T1</sub> , I <sub>T2</sub> , I <sub>D5</sub>	IGBT T1, T2 및 다이오드 D5의 전류
TOP	상부 단계
BOT	하부 단계
NPC 인버터	중성점 클램프드(Neutral Point Clamped) 인버터
MLI	멀티레벨 인버터(NPC 인버터와 동일)
TNPC 인버터	T형 중성점 클램프드(Neutral Point Clamped) 인버터
TMLI	T형 멀티레벨 인버터(TNPC 인버터와 동일)

용어 및 기호에 대한 자세한 설명은 "애플리케이션 매뉴얼 전력 반도체"[2] 참고.



## 참고자료

- [1] [www.SEMİKRON.com](http://www.SEMİKRON.com)
- [2] A. Wintrich, U. Nicolai, W. Tursky, T. Reimann, "Application Manual Power Semiconductors", 2nd edition, ISLE Verlag 2015, ISBN 978-3-938843-83-3
- [3] I. Staudt, "3L NPC & TNPC Topology", AN 11-001, Rev. 04, SEMİKRON INTERNATIONAL GmbH 2011
- [4] A. Wintrich "IGBT4 and free wheeling diode CAL4 in IGBT modules", AN-9001, Rev. 02, SEMİKRON INTERNATIONAL GmbH 2009
- [5] J. Krapp "Technical Explanation SKYPER® 12", Rev. 05, SEMİKRON INTERNATIONAL GmbH 2017
- [6] J. Krapp "Technical Explanations SKYPER® 42 LJ", Rev. 11, SEMİKRON INTERNATIONAL GmbH 2017
- [7] I. Rabel "TE - SEMiX5 1200V MLI SKYPER12 Driver Board", Rev. 04, SEMİKRON INTERNATIONAL GmbH 2019
- [8] I. Rabel "TE - SEMiX5 TMLI SKYPER12 Driver Board", Rev 06, SEMİKRON INTERNATIONAL GmbH 2019
- [9] I. Rabel "TE - SEMiX5 1200V TMLI Parallel Driver Kit", Rev 04, SEMİKRON INTERNATIONAL GmbH 2019
- [10] I. Rabel "TE - SEMiX5 1200V MLI Parallel Driver Kit ", Rev. 06, SEMİKRON INTERNATIONAL GmbH 2019
- [11] J. Lamp "TE - ST10 MLI Driver Board", Rev. 04, SEMİKRON INTERNATIONAL GmbH 2019

## 중요 정보 및 주의 사항

이 문서의 정보는 제품 특성에 대한 보증 또는 보장으로 간주되지 않을 수 있습니다("품질 보증"). 이 문서는 특정 애플리케이션에 따라 달라질 수 있는 일반적인 애플리케이션에서 예상되는 제품의 통상적인 특성만을 설명합니다. 따라서 사전에 각 애플리케이션에 대해 제품을 테스트해야 합니다. 애플리케이션 조정이 필요할 수 있습니다. SEMİKRON DANFOSS 제품의 사용자는 SEMİKRON DANFOSS 제품을 포함하는 애플리케이션의 안전에 대한 책임을 지며 특정 SEMİKRON DANFOSS 제품의 결함으로 인해 애플리케이션이 신체적 상해, 화재 또는 기타 문제를 초래하지 않도록 적절한 안전 조치를 취해야 합니다. 사용자는 애플리케이션 설계가 모든 관련 법률, 규정, 규범 및 표준을 준수하는지 확인할 책임이 있습니다. SEMİKRON DANFOSS 의 공인 대리인이 서명한 서면 문서를 통해 SEMİKRON DANFOSS 가 달리 명시적으로 승인한 경우를 제외하고, SEMİKRON DANFOSS 제품은 당해 제품의 고장 또는 그 제품 사용의 결과로 인해 인명 피해가 초래될 수 있음을 합리적으로 예상할 수 있는 애플리케이션에 사용할 수 없습니다. 제3자의 지적 재산권 미침해에 대한 보증을 포함하되 이에 국한되지 않는 이 문서에 제공된 정보의 정확성, 완전성 및/또는 그 이용과 관련하여 어떠한 확약이나 보증도 제공되지 않으며 어떠한 책임도 지지 않습니다. SEMİKRON DANFOSS 은 애플리케이션 또는 제품의 사용으로 인해 발생하는 어떠한 책임도 지지 않으며 특허권, 저작권, 영업 비밀 또는 여타 지적 재산권이나 타인의 권리에 따른 라이선스를 양도하지 않습니다. SEMİKRON DANFOSS 은 애플리케이션으로 인해 발생할 수 있는 제3자의 지적 재산권 미침해 또는 주장된 미침해에 대해 어떠한 확약이나 보증도 하지 않습니다. 이 문서는 이전에 제공된 모든 정보를 대체 및 대신하며 업데이트로 대체될 수 있습니다. SEMİKRON DANFOSS 은 변경할 권리가 있습니다.

SEMİKRON-DANFOSS KOR

경기도 광명시 새빛공원로 67 광명역자이타워 A 동 1207~1212 호

• Tel: +82-2-6370-4799 • Fax: +49 911-65 59-262

[sales.skkor@semikron-danfoss.com](mailto:sales.skkor@semikron-danfoss.com)