

신재생에너지 시장의 고효율 소형화 스택구성 Topology

성낙규*, 원종훈, 이재영

세미크론

A stack topology for High-efficiency & Miniaturization at Renewable energy market

Nak-Gyu Sung, Jong-Hoon Won, DavidJ Lee

SEMIKRON KOREA

Abstract

태양광발전과 ESS와 같은 신재생에너지를 응용분야로 하는 전력전자 시장에서 전력변환장치의 품질, 크기와 원가 중요성이 더욱더 크게 인식되고 있으며, 또한 시스템의 효율과 소형화에 대한 관심도 지속적으로 증가하고 있는 실정이다.

따라서, 본 논문에서 최고의 효율과 시스템 최적화를 만족하도록 최종 고객에게 만족할 만한 가격으로 공급할 수 있는 전력변환장치를 구성하는 방법 및 종류와 각각의 특징에 대해서 소개하고자 한다. 고효율화의 방법으로 2레벨 구성에서 3레벨 구성으로 변경하게 되면 낮은 스위칭 주파수에서 고주파를 실현하여 최적화 시스템을 구성하여 소형화와 제품의 원가절감을 통하여 고객만족을 실현할 수 있는 정보를 제공하여 시스템 설계에 도움을 드리고자 한다.

1. 서론

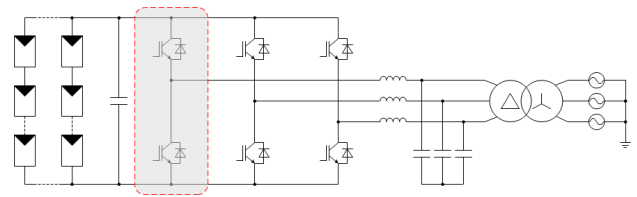
신규 스택 제품개발과 설계변경의 목표중 하나는 원가 절감인데, 이것을 실현하는데 품질이나 제품의 크기에 대해서 부족함을 감수하면서까지 추진하지는 않는다. 제품의 성능중 효율 향상은 아직까지는 중요한 설계시 검토요소이다. 태양광발전시스템에서 고전압 설계는 대전력에서 시스템 전류를 낮게 설계가 가능하여 부품의 단가를 인하할 수 있는 요인이 많다. 또한 스택의 스위칭 주파수를 높이는 방법으로 3레벨 제어방식과 고속 스위칭시 손실이 적은 SiC 제품을 사용함으로써 주변부품의 크기를 줄임으로써 소형화와 원가절감을 실현할 수 있다.

따라서, 이러한 스택 구성 Topology에 대해서 검토하고 각각의 방식에 대한 특징을 검토하고자 한다.

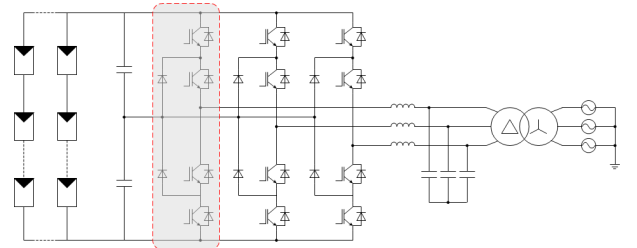
2. 스택구성 Topology

2.1 스택의 구성방식

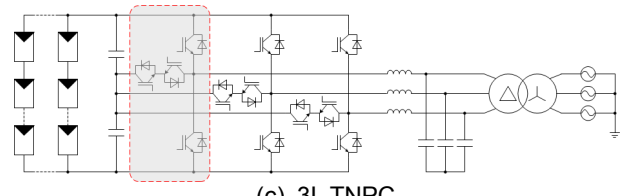
그림 1은 신재생에너지원(태양광)을 전원으로 스택을 구성하는 경우의 Topology에 대해서 검토한 것이다. (a)는 Si IGBT를 이용한 전통적인 2레벨로 구성된 경우이고, (b)와 (c)는 3레벨 구성 방식(NPC, TNPC)이며, (d)는 2레벨을 SiC 소자로 구성방법이다.



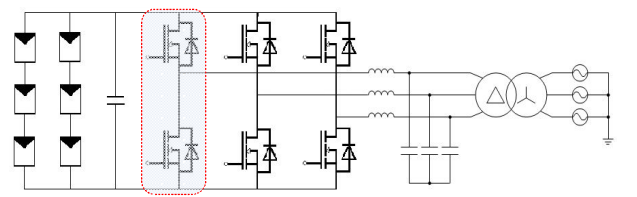
(a) 2L



(b) 3L NPC



(c) 3L TNPC



(d) 2L SiC

그림 1. 스택의 구성

표 1은 스택의 구성방식을 변경하지 않고, 시스템 입력 전압만을 높게 하는 경우 검토될 수 있는 사양을 나타내고 있다.

표 1. 입력전압 1000V와 1500V 시스템 사양비교

	1000V System	1500V System
Open Loop Voltage	1000V	1500V
MPPT Voltage	550~800V	900~1250V
Output AC Voltage	270V, 310V, 370V	550V, 630V, 690V
Rated IGBT Voltage	1200V 2L 650V 3L	1700V 2L 1200V 3L

그림 2는(참조:SMA) 태양광발전시스템의 시스템 전압을 1000V로 구성한 것과 1500V로 구성하였을 경우, 주요 구성품의 재료비 비율을 나타낸 것으로 1500V 시스템으로 구성한 경우가 약 10%의 절감효과가 있음을 확인할 수 있다.

시스템전압을 1000V에서 1500V로 높이는 경우 스택 설계시 반드시 검토되어야 하는 것은 각각의 부품에 대한 사용전압이 높은 것을 선정하여야 하며, 절연거리와 내전압에 대해서도 검토가 반드시 되어야 한다.

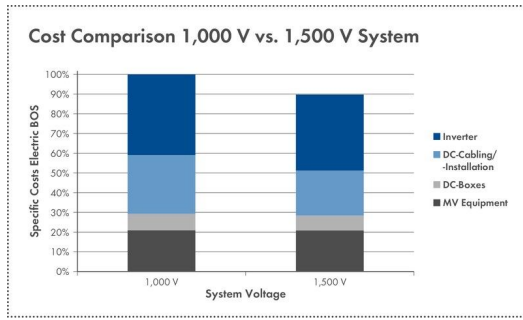
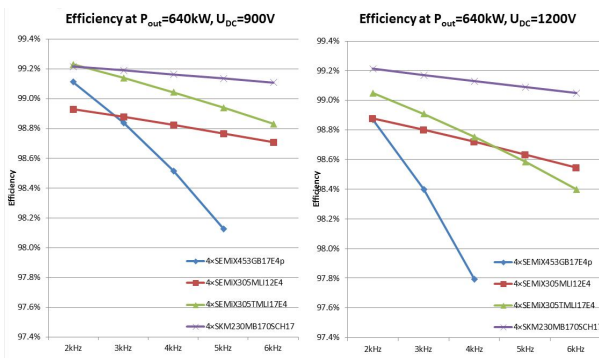


그림 2. 입력전압 1000V와 1500V 시스템 가격비교

그림 3은 스택의 동작 입력전압을 900V와 1200V로 한 경우에 대해서 Topology별로 스위칭 주파수에 변화에 따른 효율변화를 검토한 결과이다.



(a) 입력전압 900V (b) 입력전압 1200V
그림 3. 입력전압에 따른 효율비교

표 2는 2레벨과 3레벨로 솔루션을 설계 검토될 경우 각각의 특성을 검토한 결과를 작성한 것이다. SiC로 스택을 구성하는 경우에는 아직까지는 소자 가격이 Si로 2레벨과 3레벨을 구성하는 것에 비해서 높아 단순 스택 가격이 높을 수 있으나, 전체 시스템의 효율과 재료비를 산출하게 되면 충분히 경쟁력이 있어 채택할 수 있다고 사료된다.

표 2. Topology별 특징

Solutions	Pro.	Con.	Performance ranking	Semiconductor Cost Estimation
2L	Most Simple construction Lowest Cost of gate driver and semiconductors	Only low switching frequency High filter cost Low IGBT BV margin with 1700V Higher cosmic ray failure rate	Preferred solution for low fsw and low operation voltages	100%
3L NPC	High efficiency at high fsw High IGBT BV	Low efficiency at low fsw Complex inverter	Preferred solution for very high	135%

	margin Cosmic ray failure rate can be neglected	design-critical paralleling of modules Critical turn off sequence	operation voltages	
3L TNPC	Best efficiency at lower voltages Simple and proven Inverter design for solar Acceptable cosmic ray failure rate	Low IGBT BV margin with 1700V	Preferred solution for medium operation voltage Over all best Performance	135%
2L SiC	Most Simple construction Highest efficiency at high fsw	Very high cost of SiC devices	Only applicable for ultra high performance applications	>500%

그림 4는 스택 Topology를 2레벨과 3레벨(NPC, TNPC)로 검토될 때의 스위칭 주파수에 따라 손실을 비교한 것으로 5kHz 이하에서는 2레벨, 17kHz 이하에서는 TNPC가 유리하며, 그 이상에서는 NPC를 검토하는 것이 시스템 효율을 높인데 유리하다.

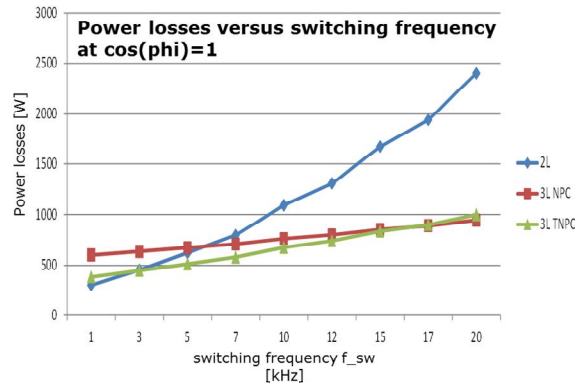


그림 4. 온도 측정 위치 및 온도 그래프

그림 5는 SiC와 Si 칩을 적용한 소자에 대해서 정격전류와 스위칭 주파수 변경에 따라 소자내부의 칩별 손실을 비교 검토하였다.

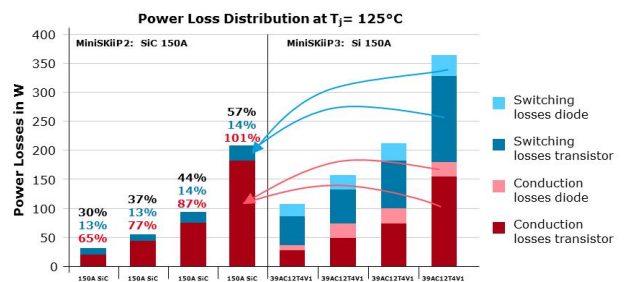


그림 5. 소자의 각 칩별 손실

3. 결론

신재생에너지원을 사용하는 분야에서 스택을 구성하는 경우 효율, 크기와 가격에 대해서 전기적 사양과 사용조건을 충분히 검토하여 최적의 솔루션을 선정하여야 한다. 또한, DC link 전압을 소자의 최대 설계사양까지인 1500V로 하게 되면 효율과 가격을 낮출 수 있다. 2레벨 보다는 3레벨 소자를 적용하므로 시스템의 재료비 절감과 효율을 극대화하는 방법을 추천하며, 고주파 스위칭에서도 손실이 적은 SiC 소자를 검토하는 고객들도 많이 문의하고 있으며, 실제 적용하여 효과를 확인하고 있다.