

새로운 대용량 인버터의 개발을 위한 최적 모듈 매칭 방법에 관한 연구

차민영

카코 뉴에너지(deborah.cha@kaco-newenergy.kr)

Research of Optimal PV Module Matching Method for New Large Scale Inverter Development

Min young Cha

Dept. of R&D Center, KACO new energy Inc.(deborah.cha@kaco-newenergy.kr)

ABSTRACT

본 논문에서는 일사량 및 표면온도에 따라 변화하는 태양전지의 출력 특성을 고려하여 설치되는 태양광 발전 인버터의 운전 허용 범위에 대해 살펴본다. 또한 대용량 발전 시 직렬 모듈 수를 높이는 구성과 기존 센트럴 인버터의 최소 MPP 전압의 증가에 대한 효율성을 검증하기 위해 (주)카코 뉴에너지에서 제공하는 PV Array Sizing Tool과 Matlab Simulink를 통해 태양전지 어레이의 동작 범위를 파악하고, 새로운 대용량 인버터 개발 원리의 타당성을 제시한다.

1. 서 론

국내외적으로 태양광 발전시장은 다양한 지원 정책에 의해 지속적으로 증가하고 있다. 특히 대규모 태양광 발전단지 형태의 수요가 급증할 것으로 예상됨에 따라 안정성 및 신뢰성이 우수하고 경제적인 대용량 인버터의 개발이 요구되고 있다.

일반적으로 태양광 발전 인버터는 일사량 및 표면온도 등 주변 환경에 따라 동작 전압 및 전류가 변하는 태양전지의 특성을 고려하여 설치한다. 특히 온도에 따라 크게 변화하는 태양전지의 최대 전력점(MPP : Maximum Power Point)과 개방 전압(V_{OC} : Open Circuit Voltage)은 태양광 발전 인버터의 DC 전압 허용 범위 내에서 동작하도록 시스템을 운영한다. 본 논문에서는 PV Array Sizing Tool을 이용하여 온도에 따른 태양전지 어레이의 출력을 살펴보고, 이를 Matlab Simulink로 검증하여 새로운 대용량 인버터의 개발 원리의 타당성을 제시한다.

2. 새로운 대용량 인버터의 개발

2.1 태양 전지의 출력 특성

태양전지의 출력은 주로 일사량과 동작온도에 따라 좌우된다. 이 때 태양전지의 출력이 최대가 되는 점을 최대 전력점이라 하고, 그림 1과 같이 주변 환경에 따라 계속 변하게 된다.^[1]

특히 온도에 의해 크게 좌우되는 태양전지의 열적 특성은 온도계수를 통해 나타내는데, 여기서 온도계수는 온도의 변화에 따른 출력 전압 및 전류의 변화량을 말한다. 즉, 온도계수가 클수록 온도에 의한 영향을 많이 받게 된다.^[2] 그림 1을 통해 온도가 증가할수록 태양전지의 출력 전류는 증가하고, 출력 전압은 감소하는 것을 알 수 있다.

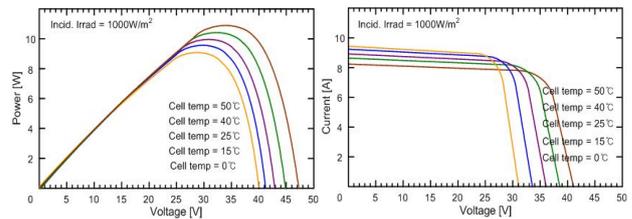


그림 1 태양 전지 모듈의 특성 곡선

Fig. 1 PV Module Characteristic Curve

2.2 태양광 발전 인버터의 DC 전압 허용 범위

그림 2는 태양전지 어레이의 온도의 변화에 따른 출력 특성과 인버터의 DC 전압 허용 범위에 대해 나타낸 것이다.^[3] 실제로 태양광 발전 인버터 설치 시에는 태양전지 어레이의 최대 전력점 동작 범위($V_{MPPmin} \sim V_{MPPmax}$)가 인버터의 MPPT 제어 범위($V_{MPPmin} \sim V_{MPPmax}$) 내에 있고, 태양전지 어레이의 개방 전압($V_{OCA TC min}$)이 인버터의 최대 동작 전압(V_{DCmax}) 내에서 동작하는지 고려해야 한다. 표 1과 2는 온도에 따른 태양전지 어레이의 동작 전압과 인버터의 DC 전압 허용 범위에 대한 변수를 나타낸 것이다.

표 1 태양전지 어레이의 동작 전압에 대한 변수

Table 1 Variables of Operating Voltage in PV Array

V_{MPPmin}	최대 온도에서 MPP 전압
$V_{MPP STC}$	STC 조건에서 MPP 전압
V_{MPPmax}	최소 온도에서 MPP 전압
$V_{MPPmax STC}$	STC 조건에서의 최대 MPP 전압
$V_{OCAmin STC}$	STC 조건에서의 최소 개방 전압
$V_{OCA STC}$	STC 조건에서의 개방 전압
$V_{OCAmax STC}$	STC 조건에서의 최대 개방 전압
$V_{OCA TC min}$	최소 온도에서의 MPP 전압

표 2 태양광 발전 인버터의 허용 전압에 대한 변수

Table 2 Variables of Acceptable Voltage in PV Inverter

V_{Omin}	최소 개방 전압
V_{MPPmin}	최소 MPP 전압
V_{on}	기동 전압
V_{MPPmax}	최대 MPP 전압
V_{DCmax}	최대 개방 전압

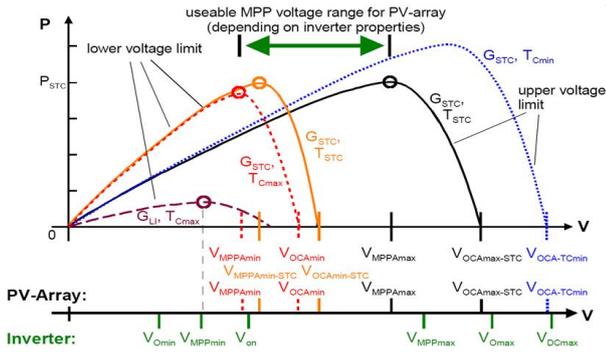


그림 2 태양광 발전 인버터의 DC 전압 허용 범위
Fig. 2 Acceptable Range of DC Voltage in PV Inverter

2.3 새로운 대용량 인버터의 개발 원리

기존의 센트럴 인버터는 450~830[V]의 넓은 MPPT 제어 범위와 930[V]의 최대 동작 전압을 갖기 때문에 다수의 모듈과 적용이 가능하다. 그러나 실제로 인버터는 설치된 태양전지 어레이의 전압 범위 내에서만 일정하게 동작하기 때문에 이러한 경우 불필요하게 전류 용량을 증가시킨 결과를 초래한다.

일반적으로 인버터는 직류 단의 최소 동작 전압의 크기에 따라 출력 전압 및 전체 전류 용량의 크기가 결정되고, 기동 전압이 높아지게 된다. 즉, 높은 온도에서 최소 MPP 전압이 높아질수록 기동 전압은 증가하고, 비교적 높은 전압 영역에서 인버터가 동작하여 시스템의 전체 용량 및 효율이 증가한다. 태양광 발전 사업자는 대용량 발전 시 모듈의 직렬 수를 높이는 구성 방식을 통해 발전 설비의 효율이 증대되고, 초기 비용을 감소시킬 수 있다. 이에 따라 새로운 대용량 인버터는 MPPT 제어 범위는 550~830[V], 최대 동작 전압은 1000[V]로 선정하여 시스템의 동작 전압 영역을 넓혀 운영한다.

2.4 PV Array Sizing Tool을 이용한 모듈 매칭 방법

(주)카코 뉴에너지는 PV Array Sizing Tool을 이용하여 현장에 설치된 모듈과 인버터에 대한 정보를 제공하고 있다. 그림 3은 Sunpower사의 SPR 215WHT와 XP100 HV의 PV 모듈 매칭 결과로 높은 온도($T=70^{\circ}\text{C}$)와 낮은 온도($T=10^{\circ}\text{C}$)에서의 출력 전압을 알 수 있고, 그림 4는 Matlab Simulink를 이용하여 태양전지 어레이의 출력 특성을 구현한 것으로 각 온도에서의 최대 전력점이 그림 3과 동일함을 알 수 있다.



그림 3 PV Array Sizing Tool을 이용한 모듈 매칭 결과
Fig. 3 Module Matching Result using PV Array Sizing Tool

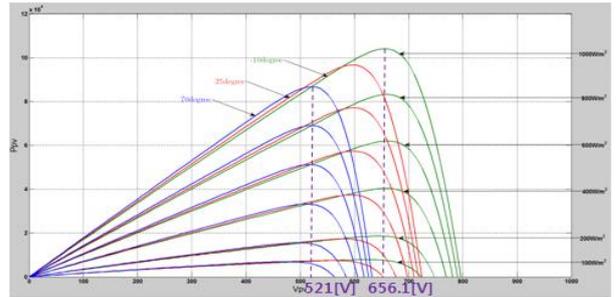


그림 4 Matlab Simulink를 이용한 시뮬레이션 결과
Fig. 4 Simulation Result using Matlab Simulink

또한 PV Array Sizing Tool을 이용하여 다양한 모듈의 온도 변화에 따른 최대 전력점 동작 범위를 확인함으로써 새로운 대용량 인버터의 최소 MPP 전압을 선정할 수 있다. 표 3은 수많은 모듈 매칭 결과 중 Sunpower사와 Yingli사의 모듈 매칭 결과를 나타낸 것으로, 태양전지 어레이의 최소 동작 전압이 기존 인버터의 최소 MPP 전압인 450[V]보다 높은 것을 알 수 있다. 이 결과를 바탕으로 대용량 발전 시 직렬 모듈 수를 증가시키는 어레이 구성에 따라 인버터의 최소 MPP 전압을 550[V], 최대 동작 전압을 1000[V]로 높여 보다 효과적이고 경제적인 시스템을 개발할 것으로 기대된다.

표 3 최소 동작 전압 선정을 위한 모듈 매칭 결과
Table 3 Photovoltaic Module Matching Results for Selection of Minimum Operation Voltage

Module	Sunpower			Yingli	
	SPR 225	WHT		YL225(156)	
$V_{OCA\ TC\ min}$	849.3	902.4	955.5	948.2	989.4
$V_{MPPAmax}$	718	762.9	807.7	766.4	799.7
$V_{MPPAmin}$	576.3	612.3	648.3	565.5	590.1
P_{DCAmax}	532.8	533.3	534.2	549.8	549.8
N_s	16	17	18	23	24
N_p	138	130	123	96	92

3. 결론

본 논문에서는 PV Array Sizing Tool과 Matlab Simulink를 이용하여 온도에 따른 태양전지 어레이의 전압 범위를 살펴보고, 그 출력 특성을 구현하였다. 또한 대용량 발전 시 어레이의 직렬 모듈 수의 증가와 인버터의 동작 전압의 변화에 의해 시스템의 용량이 증가하는 방법의 타당성을 제시하고, 이는 향후 새로운 대용량 인버터의 개발에 적용될 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] R. F. Coelho, F. M. Concer, D. C. Martins, "A MPPT Approach Based on Temperature Measurements Applied in PV Systems", 9th IEEE/IAS, 2010, Dec.
- [2] C. M. Whitaker, et al., "Effects of Irradiance and Other Factors on PV Temperature Coefficients", 22nd IEEE PVSC, pp. 608-613, 1991, Oct.
- [3] H. Haerberlin, "Operating Voltage for Grid connected PV Plants", 20th EPSEC, 2005, June.