

## 300kVA계통련결형 및 독립형일체식태양발전 체계에서 MPPT조종에 대한 연구

한명성, 유주명

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《과학연구부문에서는 나라의 경제발전과 인민생활향상에서 전망적으로 풀어야 할 문제들과 현실에서 제기되는 과학기술적문제들을 풀고 첨단을 돌파하여 지식경제건설의 지름길을 열어놓아야 합니다.》

자연에너지에 의한 전력생산에서 중요한 몫을 맡고있는 태양빛에 의한 전력생산은 태양복사세기와 온도와 같은 외부조건에 따라 크게 변하는 특성을 가지고있다. 주어진 조건에서 태양빛전지에서 생산되는 에너지를 최대한 리용하기 위하여서는 최대출력점 추종(MPPT)을 진행하여야 한다.

본문에서는 300kVA급의 대출력태양빛역변환기에서 태양빛전지의 효율을 최대로 높일수 있는 MPPT조종단의 설계방법을 제안하고 실험을 통하여 그 효과성을 검증하였다.

### 1. MPPT조종단설계에서 제기되는 문제

대출력태양발전체계의 MPPT조종단설계에서 나서는 문제는 우선 조종체계형식을 결정하는 문제이다.

대출력태양발전체계인 경우 많은 태양빛전지가 리용되는것으로 하여 발전체계의 출구요구로부터 태양빛전지들을 직렬 및 병렬련결하게 된다. 일반적으로 리용되는 MPPT 체계형태에는 직렬련결된 태양빛전지렬들을 모두 병렬련결하여 하나의 조종기로 MPPT 조종을 진행하는 형식(Central형)과 개별적인 태양빛전지렬들에 대하여 MPPT조종을 진행하는 형식(String형), 여러개씩 병렬련결하여 MPPT조종을 진행하는 형식(Multi-string형)이 있다. Central형은 구조가 간단한 우점은 있지만 개별적인 태양빛전지렬들에 대한 조종을 진행하지 못하기때문에 효율이 떨어지는 결함이 있다. 또한 String형에서는 개별적인 태양빛전지렬에 대하여 MPPT조종을 진행하여야 하는것으로 하여 MPPT효율이 높은 반면에 출력배선과 구조가 복잡해지는 결함이 있다. Multi-string형은 이 두 방법의 우결함을 극복할수 있다.

다음으로 효율이 높고 안정한 MPPT알고리즘을 설계하는 문제이다.

여기서 가장 중요한 문제는 태양빛전지의  $P-V$  곡선에 여러개의 극대가 나타나는것이다. 일반적으로 같은 형의 태양빛전지라고 하여도 구체적인 특성이 차이난기때문에 많은 태양빛전지들을 직렬 및 병렬련결하는 경우 전체적인  $P-V$  곡선이 리론곡선과 차이날수 있다. 중요하게는 많은 태양빛전지들을 설치하는 경우 설치면적이 커지는것으로 하여 부분적으로 그늘이 지는 경우나 일부 면적의 태양빛전지들이 로화, 파괴 등으로 하여 특성이 떨어지는 경우에  $P-V$  곡선에 극대가 여러개 생기면서 모양이 크게 변화된다.[2] 이런 경우에도 효율과 추종안정성, 추종속도를 원만히 보장하자면 MPPT추종알고리즘을 합리적으로 설계하는것이 중요하다.

## 2. MPPT조종체계 및 알고리즘설계

300kVA 독립형 및 계통연결형일체식역변환기체계구성도를 그림 1에 보여주었다.

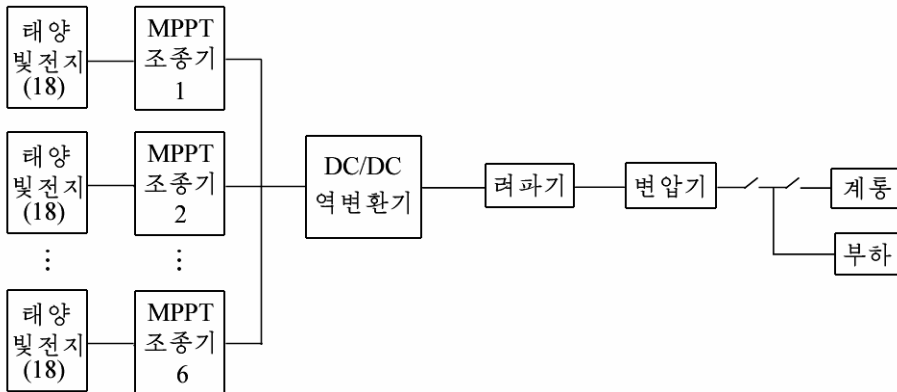


그림 1. 300kVA 독립형 및 계통연결형일체식역변환기체계구성도

출력이 250W인 태양빛전지판 918개를 18개씩 직렬연결하여 51개의 태양빛전지렬을 만들어 총유효출력 230kW를 보장하였다. 그리고 태양빛전지렬들을 3조씩 병렬연결하여 승압형DC/DC변환기로 된 하나의 MPPT모듈로 조종하였다. 이러한 3개의 모듈로 1개의 독립적인 MPPT조종기를 구성하고 MPPT조종기 6개를 병렬로 DC/AC역변환기의 직류모선에 연결하였다.

매 MPPT조종기에서는 1개의 DSP처리소자를 기본조종소자로 리용하여 3개의 승압형DC/DC변환모듈을 독립적으로 조종한다. MPPT조종기의 입출구맥동을 줄이기 위하여 3개의 모듈을 한 조종주기의 서로 다른 시간에 조종하는 사이넵기방식을 리용하였다.

MPPT조종알고리즘은 널리 리용되고있는 섭동관찰법[1]을 리용하였다.

이 방법에서는  $P-V$  곡선이 여러개의 극대를 가지는 형태로 되기때문에 섭동의 크기를 합리적으로 설정하는 방법으로 이 문제를 해결하였는데 구체적인 실현알고리즘은 그림 2와 같다.

그림 2에서  $I_n$  과  $V_n$  은  $n$ 시각에 측정한 태양빛전지의 전류와 전압값이고  $I_{n-1}$  과  $V_{n-1}$  은 각각  $n-1$  시각에 측정한 전류와 전압값이다. 이 두 값을 곱하여 출력  $P_n$  을 얻고 이전 시각  $n-1$  에서의 출력과 전압과의 차  $\Delta P$ ,  $\Delta V$  를 얻는다. 다음  $\Delta P \geq 0.01P_n$  인 경우  $\Delta P > 0$ ,  $\Delta V > 0$  일 때와  $\Delta P < 0$ ,  $\Delta V < 0$  일 때에는 전압기준값  $V^*$  을 걸음값  $\Delta V^*$  만큼 작게 하며  $\Delta P > 0$ ,  $\Delta V < 0$  일 때와  $\Delta P < 0$ ,  $\Delta V > 0$  일 때에는 전압기준값  $V^*$  을 걸음값  $\Delta V^*$  만큼 크게 설정한다. 여기서  $\Delta P < 0.01P_n$  일 때에는 전압기준값  $V^*$  을 변화시키지 않는다. 여기서  $\Delta P$  를 리력값  $0.01P_n$  과 비교함으로써  $P-V$  곡선에 여러개의 극대가 나타날 때에도 출력이 최대인 점을 정확히 추종하도록 하였다. 전압기준값  $V^*$  이 결정되면 그에 따르는 PWM충만비를 계산하여 조종신호를 내보낸다.

한편 역변환기가 독립형으로 동작하는 경우 모든 MPPT조종기들이 모션전압을 620V

로 맞추도록 조종을 진행하며 부하가 커지는데 따라 모션전압이 620V아래로 떨어지면 MPPT조종상태에 들어가게 하였다. 따라서 독립형인 경우 태양빛전지의 효율을 최대한 높일수 없다.

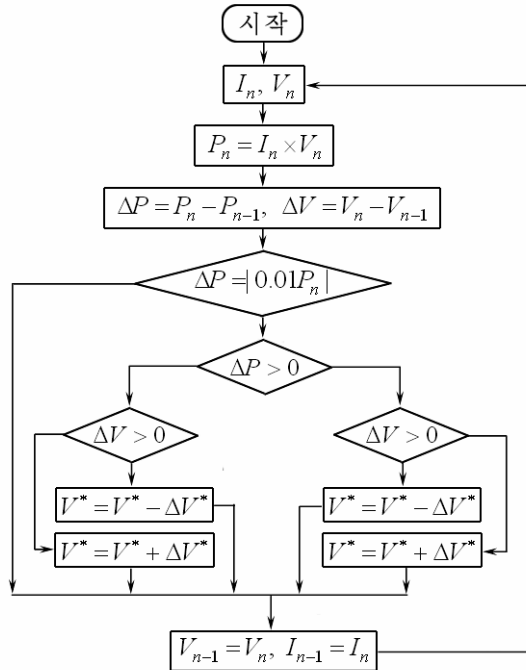


그림 2. 조종알고리즘

그러나 역변환기가 계통연결형으로 동작하는 경우 DC/AC역변환기가 모션전압을 590V로 유지하도록 조종되기에때문에 모든 MPPT조종기들이 MPPT조종상태에 들어가며 태양빛전지의 효율이 최대로 된다.

### 3. 실험결과 및 분석

우선 MPPT조종기의 효율에 대한 실험을 진행하였다.

첫번째 장치에서는 MOSFET소자를 주절환소자로 하여 30kHz의 동작주파수로 매개의 MPPT모듈을 독립적으로 조종하였다.

두번째 장치에서는 3개의 MPPT모듈을 병렬로 연결하고 하나의 IGBT소자를 통하여 15kHz의 동작주파수로 MPPT조종을 진행하였다. 실험을 위하여 45kVA독립형역변환기를 모션전압이 600V에서 유지되도록 조종하고 여기에 50kW의 부하를 연결하였다. 두 실험장치에서 출력에 따르는 효율측정자료들을 표 1에 주었다.

표 1. MOSFET와 IGBT를 리용한 경우 효율측정자료

	효율/%			
	10kW	20kW	30kW	40kW
MOSFET	92.1	96.1	96.9	97.3
IGBT	89.3	92.3	92.9	93.1

실험결과로부터 알 수 있는 것처럼 MOSFET를 리용하고 사이닝기방식으로 조종한 경우 장치의 효율이 IGBT를 리용한 경우보다 현저히 높다는 것을 알 수 있다.

다음으로 제안된 Multi-String형의 MPPT조종체계와 Central형조종체계에서의 출력비교 실험을 진행하였다.

실험을 위하여 제안된 MPPT조종단을 통하여 MPPT조종을 진행한 경우와 MPPT조종단이 없이 DC/AC역변환기만을 리용하여 전체 태양빛전지렬에 대한 Central형조종을 진행한 경우에 출력자료들을 측정하였다. MPPT조종을 진행할 때와 진행하지 않을 때의 실험값들을 표 2와 3에 주었다.

표 2. MPPT조종을 진행할 때의 실험값

	시간/h									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
전압/V	522	526	533	538	540	545	543	537	533	522
전류/A	81.4	95.6	142.2	265.6	280.4	374.6	320.4	109.7	70.9	49.6
출력/kW	42.5	50.3	75.8	142.9	151.4	204.5	174.1	58.9	37.8	25.9

표 3. MPPT조종을 진행하지 않을 때의 실험값

	시간/h									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
전압/V	595	595	595	595	595	595	595	595	595	595
전류/A	29.4	37.1	70.6	132.8	156.3	215.7	115.1	53.8	36.9	16.8
출력/kW	17.5	22.1	42.2	78.9	93.8	128.3	68.5	31.8	22.2	10.2

표 2, 3으로부터 MPPT조종을 진행하는 경우 진행하지 않을 때보다 출력이 1.73배에 달한다는 것을 알 수 있다.

## 맺 는 말

300kVA일체식태양빛역변환기에서 효율이 높고 태양복사세기와 온도가 수시로 변하는 조건에서도 안정하게 동작하는 MPPT설계방법을 제안하고 실험을 통하여 효율이 97% 이상이고 안정하게 동작한다는 것을 확증하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] R. Sridhar et al.; IEEE Int. Conf. Commun. Control and Comput. Technol., 191, 2010.
- [2] B. Veerasamy; IEEE 5<sup>th</sup> International Conference on Renewable Energy Research and Applications, 358, 2016.

주체108(2019)년 11월 5일 원고접수

## **Research of MPPT Control in 300kVA Grid Connect and Stand-alone Monolithic Solar Power Generation System**

*Han Myong Song, Yu Ju Myong*

We describes the MPPT design method, which has good efficiency and stable performance in bad situation that the intensity of solar radiation and temperature changes at all times in 300kVA monolithic solar power inverter. It is verified that the suggested MPPT control unit has a good efficiency more than 97% and sufficient stability of performance.

Keyword: MPPT