

태양광 발전시스템의 MPPT제어의 최대전력추종 실패에 관한 연구

김봉태*, 이재득*, 박민원**, 유인근*
*청원대학교, **오사카대학

A Study on the Tracking Failure of MPPT Control in PV Generation System

Bong-Tae Kim*, Jae-Deuk Lee*, Minwon Park**, In-Keun Yu*
*Changwon National University, **Osaka University

Abstract - Photovoltaic(PV) power generation system has been extensively studied and watched with keen interest as a clean and renewable power source. On the other hand, because the output power of solar cell is not only unstable but uncontrollable, the maximum power point tracking(MPPT) control is still hot issue with the tracking failure left unsolved under the sudden fluctuation of irradiance. Hence, in this paper, we introduce the mechanism of the tracking failure under the fluctuation of irradiance, and show the simulation results using SPRW(simulation method for PV power generation system using real weather conditions).

1. 서 론

태양광발전은 깨끗한 무공해 에너지 그리고, 무제한적으로 이용가능하고 다수의 이점을 지니고 있다. 그런데, 태양광발전을 실제에 적용할 경우, 기상조건 및 접촉된 부하의 상태에 따라 출력전압 및 전류가 큰 폭으로 변화함으로 인해, 부하와의 인터페이스를 연결하는 인버터를 가지게 된다. 또한 인버터는 최대전력추종제어(MPPT) 제어를 통해 항상 고효율로 운용되는 것이 필요하다. MPPT 제어는 그림 1로서 설명가능하며, 블링크교수로 인해 제안[1]되어 현재 가장 일반화된 제어방식으로 보편적으로 사용되고 있다. 그러나, 기준전압의 변화 폭의 결정이 어렵고, 일사강도의 급격한 변화에 의해 전력추종제어의 실패가 발생하는 경우가 있다. 본 논문에서는 전력추종제어의 실패를 상세하게 설명하고 실제 기상조건과 SPRW[2] 방법을 이용하여 가상적인 시뮬레이션 결과를 보고한다.

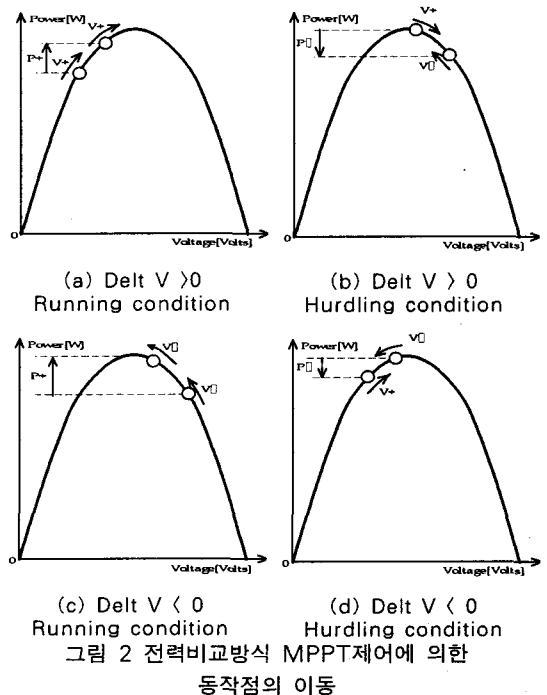


그림 2 전력비교방식 MPPT제어에 의한 동작점의 이동
Fig.2 Movement of operation point by power comparison MPPT control

2. 최대전력추종제어실패의 메카니즘

MPPT 제어에는 4가지 상태가 존재한다. 그림 2에서 기준전압이 상승하고 있을 때, 출력이 상승할 경우(그림 2 (a)), 이 경우에는 기준전압을 계속 상승시킨다. 기준전압이 상승하였을 때, 출력이 하강할 경우(그림 2 (b)), 이 경우에는 기준전압을 하강시킨다. 기준전압을 하강시켰을 때, 출력이 상승할 경우(그림 2 (c)), 이 경우에는 기준전압을 계속 하강시킨다. 마지막으로, 기준전압을 하강시켰을 때, 출력이 하강할 경우(그림 2 (d)), 이 경우에는 기준전압을 상승시킨다. 일사강도가 일정할 경우에는 본 설명에 의해 항상 최대전력점에서 태양전지는 동작하게 된다. 그러나, 기상조건은 항상 일정한 일사강도를 유지해 주지 못한다. 그래서, 표 1에서의 설명과 같이 기준전압이 상승하고 출력이 상승할 시기에 일사강도가 하강하고 있을 때(구름에 가리워질 때)는 출력의 하강으로 오판하므로 최대전력추종제어가 실패하게 된다. 실패의 가능성이 있는 경우를 간략하게 정리하면 아래와 같다.
1) 기준전압이 상승하고 출력이 상승할 시기에 일사강도가 하강할 때

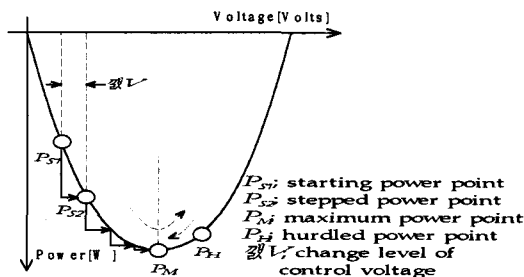


그림 1 전력비교방식 MPPT제어에 의한 동작점의 이동

Fig.1 Movement of operation point by power comparison MPPT control

- 2) 기준전압이 상승하고 출력이 하강할 시기에 일사강도가 상승할 때
- 3) 기준전압이 하강하고 출력이 상승할 시기에 일사강도가 하강할 때
- 4) 기준전압이 하강하고 출력이 하강할 시기에 일사강도가 상승할 때

표 1 전력비교방식 MPPT제어 추종실패의 가능성
Table 1 Possibility of tracking failure by power comparison MPPT control

Change of reference voltage	Operation point condition	Irradiance	Tracking failure
$\Delta V > 0$	Running to maximum power	Stable	x
		Down	○
		Up	x
	Hurdling to maximum power	Stable	x
		Down	x
		Up	⊙
$\Delta V < 0$	Running to maximum power	Stable	x
		Down	○
		Up	x
	Hurdling to maximum power	Stable	x
		Down	x
		Up	⊙

3. SPRW 시뮬레이션법을 이용한 최대전력추종제어실패의 해석

3.1 계통연계시스템과 시뮬레이션조건

본 장에서는 실제기상조건을 이용한 새로운 과도 시뮬레이션 해석법을 이용하여, MPPT 방식을 가진 태양광발전 시스템의 시뮬레이션 해석을 실시한다. 본 논문에서는 여러 가지 해석결과 중에서 최대전력추종제어 실패의 예를 중심으로 최대전력추종제어실패의 메카니즘에 의한 검증을 보고하고자 한다. 본 논문에서 태양광발전 시스템의 해석을 위해 사용된 시뮬레이션 툴은 PSCAD/EMTDC(3)이다. 시뮬레이션에서는 계통연계를 병행한 태양광발전시스템에 대해 전력비교방식 MPPT 방식을 실시하였을 때의 동작을 검토하였다. 그림 3에 시뮬레이션 해석에 사용된 계통연계 태양광발전 시스템의 개념도를 표시하였다. 전력변환장치는 DC-AC트랜스레스컨버터를 사용하였다. 표 2는 시뮬레이션 조건 및 회로정수를 나타내며, 그림 4는 시뮬레이션에서 사용된 기상조건이다.

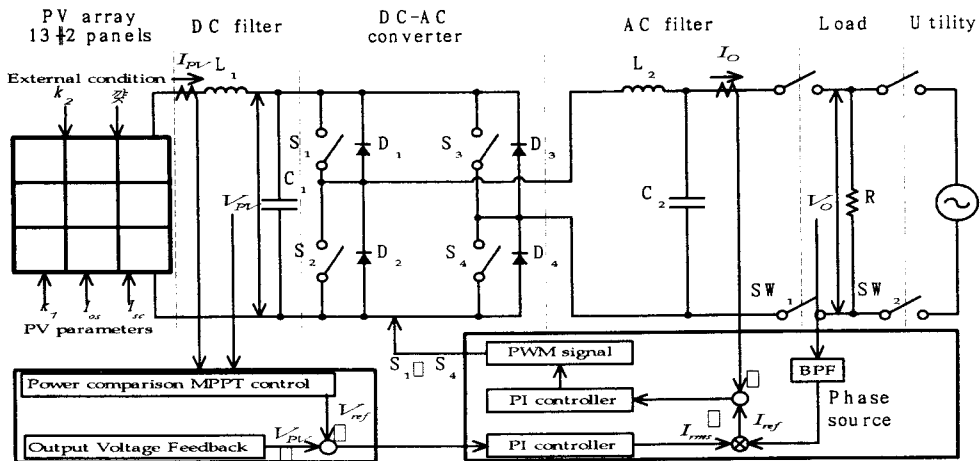


그림 3 태양광발전시스템의 개념도
Fig. 3 Conceptual diagram of PV power generation system

- I_{sc} = 단락전류
- I_{os} = 포화전류
- $k1$ = 전압벨런스
- $k2$ = 일사강도
- β = 태양전지의 표면온도벨런스
- I_{pv} = 태양전지어레이의 출력전류
- V_{pv} = 태양전지어레이의 출력전압
- P_{pv} = 태양전지어레이의 출력전력
- V_{ref} = MPPT 제어의 기준전압
- I_o = 컨버터의 출력전류
- V_o = 컨버터의 출력전압
- I_{rms} = 지령치전류레벨
- I_{ref} = 지령치전류
- SW1 = 분산형전원측스위치
- SW2 = 계통측스위치

표 2 시뮬레이션 조건 및 회로정수
Table 2 Simulation condition and circuit parameters

PV array	13 in shunt and 2 panels in series Rated power (1kW)	$V_{oc-array}$	260[V]	
		$I_{sc-array}$	6[A]	
		R_s	0.01[Ω]	
		R_{ph}	1000[Ω]	
Simulation Parameters	Simulation time period	5[s]	Calculation	0.5[μs]
	Data input cycle	200[Hz]	sampling time	
DC-AC Converter and MPPT	PWM switching frequency	4[kHz]	ΔV	1[V]
	Power comparison MPPT control		ΔT	90[ms]
DC and AC Filter	C_1	10000[μF]	L_1	1[mH]
	C_2	20[μF]	L_2	25[mH]
Load		5[Ω]		
Utility network	Voltage of utility power network	AC 100[V]		
	Frequency of utility power network	60[Hz]		

3.2 시뮬레이션의 해석결과

시뮬레이션의 해석은 표 2에서 나타난 것과 같이 샘플링시간 90ms, 기준전압 변동폭 1Volt로 하여 시뮬레이션을 실시하였다. 그림 5와 그림 6은 태양전지어레이의 출력전압과 전력을 표시한 것이고, 그림 7은 전압-전력특성곡선을 나타낸 것이다. 그림 6에서와 같이 본 시스템의 경우 일사강도가 순간적으로 하강하는 그림 4에서의 1초 후부터 전력추종제어의 실패가 확인된다. 일시적으로 최대전력점에 접근하였으나, 다시 전력추종제어 실패로 인해 최대전력점으로부터 멀어져 가는 것을 확인

할 수 있다. 그림 7을 통하여 시간대 별로 전력점의 변화를 확인할 수 있듯이 기준전압점이 지속적으로 하강함을 확인할 수 있다.

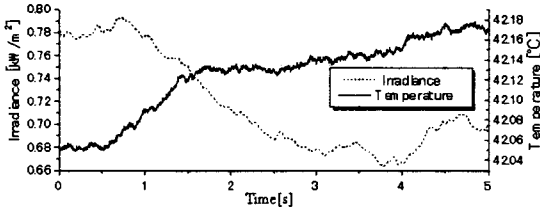


그림 4 시뮬레이션에 사용된 실제기상조건
Fig. 4 Real field weather condition used in the simulation

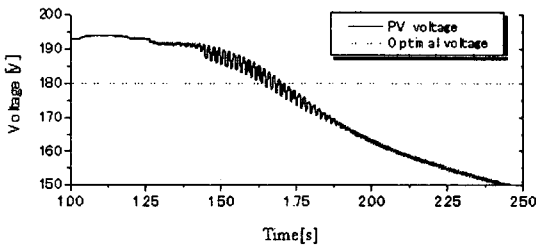


그림 5 MPPT제어에 의한 태양전지어레이의 출력전압곡선
Fig. 5 Output voltage curves of PV array by MPPT control

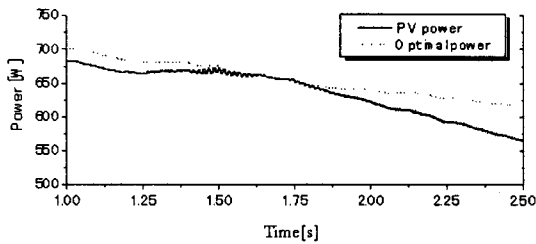


그림 6 MPPT제어에 의한 태양전지어레이의 출력전력곡선
Fig. 6 Output power curves of PV array by MPPT control

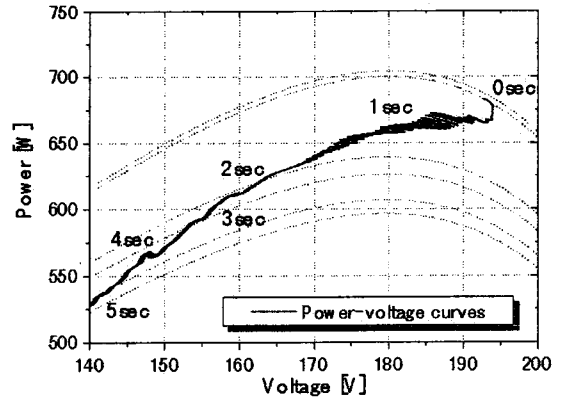


그림 7 MPPT제어에 의한 태양전지어레이의 전압-전력 특성
Fig. 7 Voltage-power characteristics of PV array by MPPT control

4. 결 론

본 논문을 통하여 최대전력추종제어실패의 메카니즘을 알기 쉽게 설명되었다. MPPT 제어의 근본적인 문제는 기준전압의 변화에 의한 출력의 상승 및 하강이 제어에 의한 결과인지, 아니면 일사강도의 변화에 의한 결과인지를 판단할 수 없음이고, 그것이 최대전력추종제어실패의 근본적인 원인을 확인할 수 있었다.

또한, 본 논문에서는 SPRW 시뮬레이션 방법을 통하여 최대전력추종제어실패의 도식적인 예를 제시하였다. 따라서, 최대전력추종제어실패를 근본적으로 방지하는 새로운 제어방법의 연구에 많은 도움이 될 수 있을 것이다.

[참고 문헌]

- [1] A. F. Boehringer, "Self-Adapting dc Converter for Solar Spacecraft Power Supply", T. IEEE on Aerospace & Electron. System, AES-4, 102, 1968
- [2] 김봉태, 이재득, 박민원, 성기철, 유인근, "RTDS를 이용한 단독운전 태양광 발전시스템의 실시간 시뮬레이션", 대한전기학회 전력기술부문회 춘계학술대회논문집, PP. 190-193, 2001.5
- [3] [PSCAD/EMTDC Power System simulation Software Manual] Manitoba HVDC Research Centre, 1995