

# 태양광발전시스템과 계통간의 전력 전송 효율 개선을 위한 최대효율점 추적 제어 알고리즘

## Maximum Efficiency Point Tracking Control Algorithm for Improving Electric Power Transmission Efficiency between Photovoltaic Power Generating system and the Grid

권철순\* · 김광수\* · 도태용\* · 박성준\*\* · 강필순†

(Cheol-Soon Kwon · Kwang Soo Kim · Tae Young Do · Sung-Jun Park · Feel-Soon Kang)

**Abstract** - It proposes an efficient control algorithm to increase electric power transmission efficiency between photovoltaic power generating system and the grid. The main controller finds a maximum efficiency condition by considering the quantity of power generated from PV arrays, the number of inverters, and efficiency of PV inverter. According to the condition, a relay board arranges a point of contract of PV arrays. By the disposition of PV arrays, it assigns the optimized power on each PV inverter. Operational principle of the proposed maximum efficiency point tracking algorithm is given in detail. To verify the validity of the proposed approach, computer-aided simulation and experiment carried out.

**Key Words** : Efficiency, Electric power transmission, Grid-connected, inverter, Maximum efficiency point tracking (MEPT), Maximum power point tracking (MPPT), Photovoltaic (PV) power generating system

### 1. 서론

태양광 발전은 충분한 안전성이 확보되어 있어 대용량 발전이 가능한 대단위의 발전소가 다수 설립되고 있는 추세이다. 하지만 높은 설치비용, 넓은 설치면적, 낮은 발전효율은 태양광 발전설비의 활발한 보급을 위해서 반드시 해결되어야 할 문제이다. 계통연계형 (Grid connected) 태양광발전시스템은 PV 인버터와 계통의 연계 방법에 따라 그림 1과 같이 Module Inverter, String Inverter, Central Inverter 방식으로 구분된다[1]-[4]. String Inverter 방식은 PV 어레이에 직렬로 연결되는 하나의 인버터를 통하여 계통에 연계되는 방식이며, PV 어레이를 증가시킴으로써 직류 전원의 크기를 쉽게 늘릴 수 있다. 또한 MPPT(Maximum Power Point Tracking) 제어를 통해 최대 출력 점에서의 전력 공급이 가능하다. 하지만 직렬 결합된 PV 어레이에 문제가 발생할 경우, 발전이 정지되는 단점과 대용량, 고효율 인버터 사용에 따른 인버터 가격 상승의 문제가 발생한다. Central Inverter 방식은 String Inverter 방식의 확장형으로서 PV 어레이 여러 개가 병렬로 연결되어 있고 그 병렬로 연결된 출력부분에 인버터를 설치하여 계통과 연계하는 방식으로 발전 용량을 증가시키기에 용이하지만 MPPT 제어가 불가능하다는

단점이 있다. Module Inverter 방식은 각 PV 모듈 당 하나의 인버터가 연결되어있는 구조로써 분산, 소용량 발전 전력을 계통에 연계시키기에 적합한 구조이다. 또한 PV 모듈을 추가하여 직렬 또는 병렬 결합시켜 각 인버터에 연계하여 계통에 투입함으로써 발전 전력량을 늘림과 동시에 MPPT 제어가 가능하도록 구성할 수 있어 대용량 태양광 발전 설비에 적용 가능하다[3],[4].

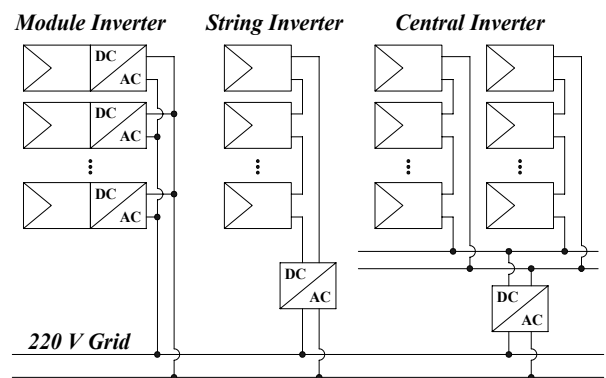


그림 1 계통연계형 PV 인버터의 일반적인 분류  
 Fig. 1 General classification of grid-connected PV inverter

본 논문에서는 Module Inverter 방식으로 구성되는 대용량 태양광 발전 설비에서 전력 전송 효율을 개선시키기 위한 방안으로 최대효율점 추적 제어 알고리즘 (MEPT: Maximum Efficiency Point Tracking)을 제안한다. 기존의 병렬운전 방법은 모든 전력변환장치인 인버터들이 동일한 용량의 발전 전력을 병렬 구조로 계통으로 투입하는 방법이며, 제안하는 방법은 인버터 자체의 효율 특성을 미리 파악

\* Dept. of Electronics and Control Engineering, Hanbat National University, Korea

\*\* Dept. of Electrical Engineering, Chonnam National University, Korea

† Corresponding Author : Dept. of Electronics and Control Engineering, Hanbat National University, Korea

E-mail : feelsoon@hanbat.ac.kr

Received : November 12, 2012; Accepted : February 6, 2013

하여 발전량에 따른 동작 인버터 개수, 각 인버터 당 전력 할당량을 조절하여 최적의 효율 조건을 찾아 계통으로 발전 전력을 공급하는 방법이다[5].

제안된 방식의 타당성 검증을 위해 LabVIEW를 이용한 MEPT 알고리즘 시뮬레이션과 시작품을 이용한 실험을 수행하며, 기존 병렬운전 방식과 비교하여 제안된 MEPT 알고리즘의 우수성을 검증한다.

## 2. 제안하는 최대 효율점 추적 제어 알고리즘

Module Inverter 방식의 계통연계 태양광 발전시스템은 모듈 특성을 이용한 병렬 운전 기술을 통해 계통 연계 전력 용량을 증대시키고 있다. 이 경우 전력 전송 용량을 증가시키기 위해 동일한 정격 용량의 인버터를 병렬 구성한 방식이 일반적으로 적용되며 각 인버터는 동일한 전력을 분담하여 계통에 연계된다.

본 논문에서는 병렬운전 인버터의 실시간 최대 효율점 계산 알고리즘을 태양광 인버터에 적용하여 제어함으로써 병렬운전 태양광 발전시스템의 전력 전송 효율을 개선하고자 한다. 예를 들어 동일한 10[kW] 발전 용량의 인버터 2대가 병렬로 운용되고 있다고 가정한다면, 각 인버터는 설계시 최대 효율을 가지는 부하용량이 정해진다. 만약 이 인버터가 8[kW]에서 최대효율을 가지고 전력 전송 요구량은 12[kW]라고 한다면 기존 병렬운전 방식에서는 두 인버터가 각각 6[kW]씩 전력 전송을 담당하게 되지만 제안하는 방식의 경우 한 대의 인버터는 최대효율을 가지는 8[kW]를 담당하고 나머지 인버터는 4[kW]를 담당하는 방식을 적용하여 평균 효율을 개선하고자 한다.

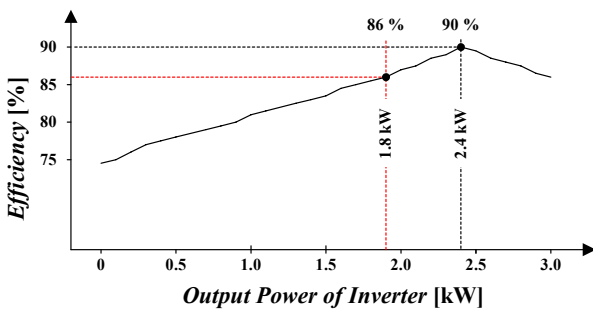


그림 2 임의의 PV 인버터의 효율 곡선  
Fig. 2 Efficiency of an arbitrary PV inverter

일반적으로 태양광발전시스템에서 사용되는 인버터는 출력용량과 태양 입사각등의 상태에 따라 전압과 부하 전류량이 변화한다. 전압과 부하 전류량이 변화하면 이에 따라 효율 특성이 변화한다. 그림 2는 최대 출력이 3[kW]로 가정된 임의의 태양광 인버터의 효율 곡선이다. 이 그래프에서 인버터는 2.4[kW] 출력에서 90[%]의 최대 효율 동작점을 가짐을 알 수 있다. 만약 동일한 효율특성을 가지는 인버터 다섯 대가 Module Inverter 방식으로 결합되어 있고 총 발전 전력량이 9[kW] 상태라면 다섯 대의 인버터는 모두 1.8[kW]의 동일한 출력을 계통으로 전달하게 된다. 이 경우 그림 2의 효율곡선에서 각 인버터는 86[%]의 동일한 효율점

에서 동작하게 되고, 다섯 대의 인버터 평균 효율은 86[%]가 된다. 동일한 조건에서 제안하는 MEPT 알고리즘은 최대 효율점에서 동작할 수 있는 세 대의 인버터에 2.4[kW]의 전력을 연계시키고 한 대의 인버터에 1.8[kW]를 연계하여 총 9[kW]의 출력을 담당하게 하며, 나머지 한 대의 인버터는 동작을 중지시킨다. 이 경우 최대 효율점에서 동작하는 세 대의 인버터의 평균 효율은 90[%]가 되고, 나머지 한 대는 86[%]가 되어 최종 효율은 89[%]로 3[%]가 상승하게 된다. 비록 3[%]의 작은 값의 효율 상승으로 보이지만 1[MW]급의 태양광발전설비라고 할 경우 30[kW]의 효율 상승을 기대할 수 있는 큰 값을 알 수 있다.

### 2.1 MEPT 알고리즘 적용을 위한 메인 플로차트

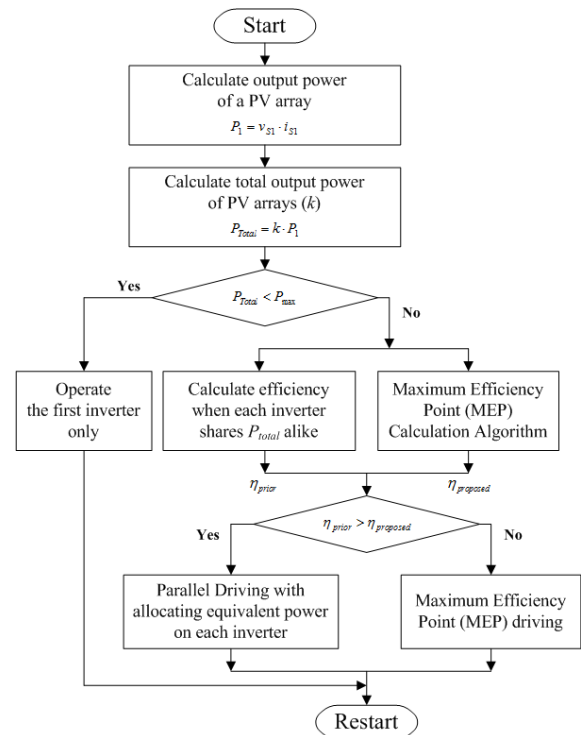


그림 3 메인 플로차트  
Fig. 3 Main flowchart

그림 3은 제안하는 MEPT 알고리즘의 메인 플로 차트이다. 제안하는 알고리즘을 적용하기 위해서는 태양광 인버터의 효율 특성에 대한 데이터를 사전에 확보해야 한다는 전제 조건을 가진다. 그림 3의 메인 플로차트는 먼저 하나의 PV 어레이의 전압과 전류로부터 출력전력을 계산한다.

$$P_1 = v_{s1} \cdot i_{s1} \tag{1}$$

여기서 P1은 PV 어레이의 출력 전력, vs1은 PV 어레이 전압, is1은 전류를 나타낸다. PV 어레이의 개수가 k개인 경우 식 (2)에 의해 전체 PV 어레이의 출력을 계산한다.

$$P_{total} = k \cdot P_1 \tag{2}$$

다음으로 전체 PV 출력 전력을 PV 인버터의 최대 출력 (Pmax)과 비교한다. PV 어레이의 출력이 PV 인버터의 최대 출력보다 작을 경우 하나의 인버터만으로 PV 발전 전력을 계통에 연계할 수 있기 때문에 첫 번째 인버터만 동작시킨다. 반대로 PV 어레이의 최종 출력이 하나의 PV 인버터의 최대 출력보다 클 경우에는 기존의 병렬 운전과 제안된 최대효율점 동작 알고리즘을 통해 평균 효율을 계산한다. 기존의 병렬 운전 방법은 식 (3)과 같이 전체 출력(Ptotal)을 인버터의 대수(N)로 나눈 동일한 값(PN)을 각 인버터가 계통으로 투입할 경우의 인버터 효율을 구하게 된다.

$$P_N = \frac{P_{total}}{N} \quad (3)$$

기존의 병렬 운전 방법의 효율이 계산되면 다음으로 제안된 최대효율점 추적 알고리즘의 평균 효율을 계산한다. 제안된 최대효율점 추적 알고리즘은 서브루틴으로 다음 절에서 설명한다. 이렇게 기존 병렬운전 방법의 효율과 최대효율점 추적 방법의 효율이 계산이 끝나면 기존방법과 제안된 방법의 효율을 비교를 한다. 만약 기존방법이 효율이 더 높을 경우 기존방법으로 PV 어레이의 인버터들을 운전하고 제안된 방법의 효율이 더 높을 경우 제안된 방법으로 운전한다.

### 2.2 MEPT 알고리즘 적용을 위한 서브루틴

그림 4는 최대 효율점 추적 알고리즘의 서브루틴의 플로 차트를 보여준다. 제안하는 MEPT 알고리즘은 전체 PV 어레이의 출력을 인버터의 개수만큼 나누어 동일한 전력을 인버터에 분배하지 않고 인버터가 최대 효율로 동작할 수 있는 동작점을 찾아 인버터의 출력과 동작 대수를 결정한다. 이를 위해 먼저 첫 번째 인버터에 인버터의 최대 효율점에 해당하는 전력을 할당하고 PV 어레이의 발전전력과 동일한 경우 서브루틴을 종료하고 메인루틴으로 돌아간다. 만약 첫 번째 인버터가 최대 효율점에서 동작하도록 설정하고 남은 전력이 있다면 다음 인버터에 최대 효율점에서 동작하도록 설정한다. 그래도 남은 전력이 있다면 또 다음 인버터에 최대 효율점에서 동작하도록 설정 후 마지막 인버터까지 모든 출력 할당이 끝나면 최종 평균 효율을 계산한 후 서브루틴을 종료한다. 이 관계식은 식 (4)에 의해 정의 될 수 있으며, n은 최대효율점으로 운전되는 인버터의 대 수를 의미한다.

$$P_{total} - \sum_{i=1}^n P_n \leq P_1 \quad (4)$$

각각의 루틴에 의해 계산된 평균 효율을 비교하여 우수한 효율 상태를 선택하여 PV 어레이의 결합 조건을 변경하고 해당 인버터를 동작시킨다. 이때 계통 연계 전력을 할당받지 못한 인버터는 off 상태로 전환한다.

### 2.3 병렬제어와 MEPT 알고리즘의 평균 효율 비교

현재 계통에 연계되어 있는 모든 인버터의 종류가 동일한

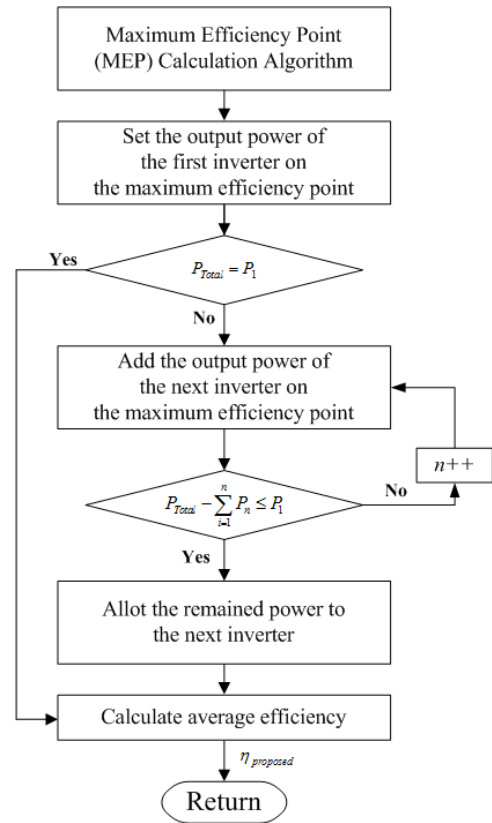


그림 4 MEPT 알고리즘을 위한 서브루틴

Fig. 4 Sub-routine for MEPT algorithm

효율 곡선을 갖는 인버터인 경우, 기존의 병렬운전 방식의 출력과 효율의 관계식은 식 (5)에 의해 정의 될 수 있다.

$$P_{total} = m \cdot \eta(P_{CO})P_{CI} \quad (5)$$

여기서  $P_{CO}$ 는 기존 병렬운전 방식으로 동작하는 인버터의 출력전력이고  $P_{CI}$ 는 인버터의 입력 전력이다.  $m$ 은 사용되는 인버터의 대수이다. 식 (5)를 토대로 기존의 병렬운전 방식의 전체 인버터의 효율  $\eta P_{CO}$ 는 식 (6)으로 나타낼 수 있다.

$$\eta(P_{CO}) = \frac{P_{total}}{m \cdot P_{CI}} \quad (6)$$

위와 동일한 조건에서의 제안하는 MEPT 알고리즘의 출력과 효율의 관계식은 식 (7)로 정의될 수 있다.

$$P_{total} = (m-1) \cdot \eta(P_{NO})P_{NI} + \eta(P_{MO})P_{MI} \quad (7)$$

여기서  $P_{NO}$ 는 최대효율점으로 동작하는 인버터의 출력전력,  $P_{NI}$ 는 최대효율점으로 동작하는 인버터의 입력 전력이다.  $P_{MO}$ 는 최대 효율로 동작을 시킨 후 남은 출력이 할당되는 인버터의 입력전력이며  $P_{MI}$ 는 남은 출력이 할당되는 인버터의 입력전력을 의미한다. 식 (7)을 정리하여 제안하는 MEPT 알고리즘의 전체 인버터의 효율  $\eta^*$ 는 식 (8)로 나타

낼 수 있다.

$$\eta^* = \frac{(m-1) \cdot \eta(P_{NO})P_{NI} + \eta(P_{MO})P_{MI}}{(m-1) \cdot P_{NI} + P_{MI}} \quad (8)$$

식 (6)과 식 (8)의 결과값을 토대로 식 (8)의 결과값이 크면 MEPT 운전을 하고 식 (6)의 결과값이 크거나 같으면 기존의 병렬운전을 수행한다.

if  $\eta^* > \eta(P_{CO})$  then MEPT (9)

if  $\eta^* \leq \eta(P_{CO})$  then Conventional (10)

### 3. 시뮬레이션 결과

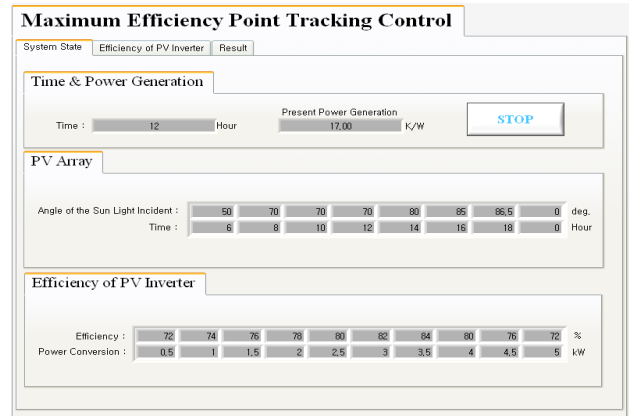
제안된 MEPT 제어 알고리즘의 타당성 검증을 위해 LabVIEW를 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 5는 발전전력, 태양 입사각, 인버터 효율 등을 모니터링 하고 설정할 수 있는 프론트 패널을 보여준다. 그림 5(a)의 태양 입사각은 50°에서 86.5°로 6시부터 18시까지 2시간마다 변화하도록 설정하고 각각의 값들 사이는 보간법(Interpolation)을 적용하여 선형적으로 처리하였다. 그림 5(b)의 인버터 자체 효율 특성 그래프는 인버터 효율에 따른 출력전력을 500[W] 단위로 설정하고 각각의 값들 사이 역시 보간법을 통하여 선형적으로 처리하였다. 인버터 효율은 최소 72[%]에서 최대 84[%]이다.

그림 6은 제안된 MEPT 방식의 효율을 계산하기 위한 블록 다이어그램이다. 인버터의 효율과 태양광의 입사각 데이터를 받아 PV 인버터가 최대 효율에서 동작할 수 있는 조건을 찾고 순차적으로 최대 효율점에서 동작하는 전력을 할당한 후 남은 전력은 마지막 인버터에 할당하는 프로그램이다.

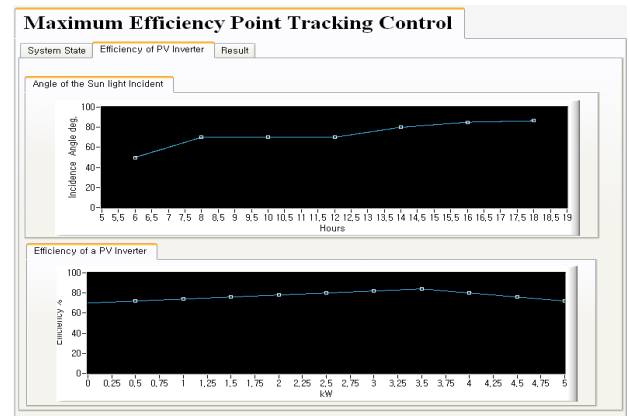
그림 7은 시스템 효율에 대한 시뮬레이션 결과로 그림 7(a)는 제안하는 MEPT 방식이 우수한 효율 특성을 보이는 경우이고, 그림 7(b)는 기존의 병렬운전 방식과 동일한 효율 특성을 갖는 경우를 나타낸다. 그림 7(a)의 시뮬레이션은 6대의 PV 인버터가 병렬로 연결되어 있고 태양전지에서 인버터를 통해 계통으로 공급되는 전력이 17[kW]인 상태이다. 이 경우 그림 7(a)의 기존 병렬운전 방식은 6대의 인버터가 모두 2.8[kW]의 전력 전송을 담당하게 되고 이때의 각 인버터 효율은 81.32[%]로 전체 평균 효율도 81.32[%]가 된다. 제안된 MEPT 방식은 4대의 인버터에 3.5[kW]의 전력을 배당하여 인버터의 최대 효율인 84[%]로 동작하도록 하고, 한대에 남은 전력 3[kW]를 할당하여 17[kW]를 모두 분배하며 연계 전력이 할당되지 않은 인버터는 off 상태로 둔다. 이때 전력 전송 효율은 입력과 출력을 식 (8)에 대입하여 계산하면 83.60[%]의 평균 효율을 얻는다. 제안된 MEPT 제어 알고리즘이 적용될 경우 기존 병렬 운전 방식보다 2.28[%] 개선된 효율을 얻을 수 있다.

그림 7(b)는 기존의 병렬운전 방식과 제안된 MEPT 방식의 효율이 같은 경우의 시뮬레이션 결과를 보여준다. 6대의 PV 인버터가 병렬로 연결되어 있고, 태양전지에서 PV 인버터를 통해 계통에 투입되는 전력은 21[kW] 이다. 이 경우 기존 병렬운전 방식은 6대의 인버터에 3.5[kW]의 전력을 균

등하게 할당하여 동작하므로 84[%]의 평균 효율을 보이게 된다. 제안된 MEPT 방식에 따라 전력 전송량을 배정하다 보면 3.5[kW]의 동일한 전력이 각 인버터에 할당되므로 평균 효율이 84[%]로 기존의 병렬운전 방식과 동일한 결과를 얻게 됨을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 5 MEPT 시뮬레이션을 위한 프론트 패널, (a) 시스템 상태, (b) 태양 입사각 변화와 부하 전력에 따른 PV 인버터 효율

Fig. 5 Front panel for simulation of MEPT, (a) state of system, (b) variation of an incident angle of the sun and efficiency of a PV inverter according to load power

### 4. 실험 결과

시뮬레이션 결과를 바탕으로 제안하는 MEPT 제어 알고리즘에 대한 시작품 기반의 모의실험을 수행하였다. 시작품의 실험 셋업은 그림 8과 같이 입력전원으로는 DC 12.5[V]의 출력을 갖는 8개의 배터리를 대용하며 최대 효율 조건의 PV 어레이 조합을 생성시키는 릴레이 보드, 4대의 PV 인버터, DSP28335 기반의 제어기로 구성된다.

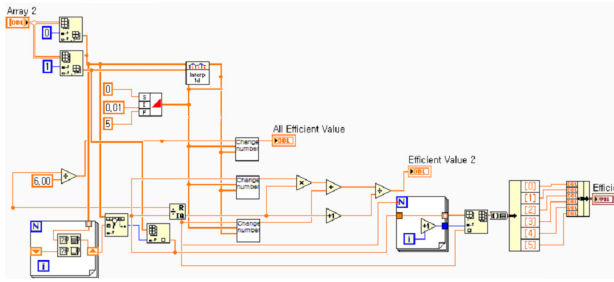
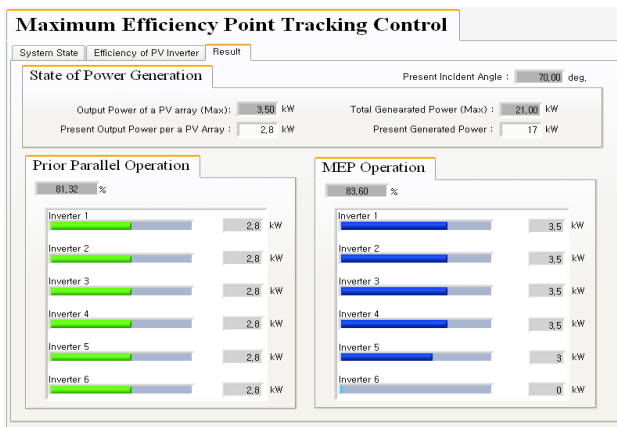
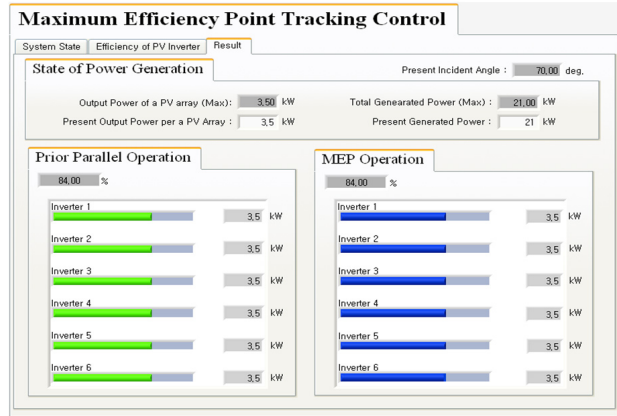


그림 6 MEPT 효율 계산을 위한 블록다이아그램  
Fig. 6 Block diagram for efficiency calculation of MEPT



(a)



(b)

그림 7 효율 비교, (a) MEPT 방식이 기존 병렬방식 보다 우수한 경우, (b) 동일한 경우

Fig. 7 Efficiency comparison, (a) MEPT is better than conventional parallel driving, (b) the same case

표 1은 실험에 사용된 릴레이 제어보드의 회로 정수를 나타낸다. PV 어레이에서 출력되는 DC 입력 전원을 인버터에 분배하기 위해 사용된 Relay는 ATMEL사의 Atmega128을 사용하여 제어하며, 릴레이 제어, PV 어레이에서 출력되고 있는 전류 측정, Islanding detection, PLC(Power Line Communication) 기능을 담당한다. 현재 출력되고 있는 PV 어레이의 출력 용량을 계산하고 기존 병렬운전 방식의 효율

이 더 우수한지, 제안된 MEPT 방식이 더 우수한 효율 상태인지에 맞추어 릴레이를 제어하게 된다. 제어된 릴레이에 의해 PV 어레이의 출력이 각각의 인버터에 할당이 되면 현재 사용 중이지 않은 인버터를 off 상태로 제어하기 위해 PLC 모듈을 이용하여 인버터 제어 프로세서에 off 신호를 전송한다. 만일, off 상태인 인버터가 제어불량이나 인버터의 고장으로 할당하지 않은 출력을 하게 되면, 측정된 전류 데이터와 현재 off상태 데이터를 비교하여 Islanding detection을 수행하고 해당하는 인버터를 계통에서 단락시킨다.

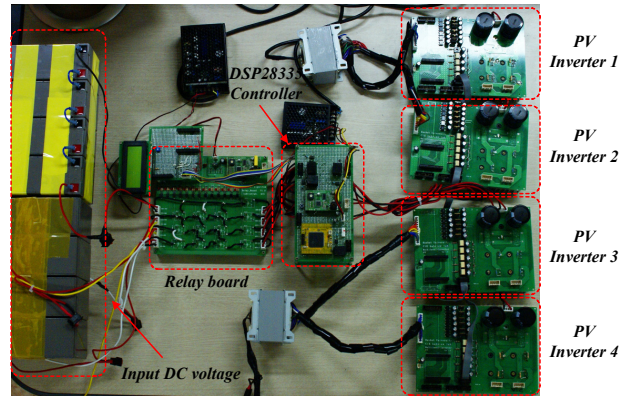


그림 8 실험 셋팅  
Fig. 8 Experiment setup

표 1 릴레이 제어 보드 사양

Table 1 Specification for a relay control board

| Component                | Specification     | Feature                       |
|--------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Relay                    | HR702NH-DC12V     | 24[V] / 10[A]<br>HANKUK RELAY |
| Relay Controller         | ATMEGA 128 (1 EA) | ATMEL                         |
| Photocoupler             | PC817 (13 EA)     | Photocoupler                  |
| Power Line Communication | NC-PLCD (1 EA)    | PLC Module<br>NEOTICS         |
| Input Voltage            | ES 7-12 (40 EA)   | 12[V] / 7[A]<br>ROKET Battery |

실험에서 사용된 PV 인버터의 주요 회로 정수는 표 2에 나타난다. Full-bridge 타입으로 IRF360 스위칭 소자를 사용하여 최대 400[V], 25[A], 10[kW]까지 사용 가능한 인버터로 설계되었다. 인버터의 스위칭 펄스 생성과 Islanding detection 기능의 수행, 릴레이 제어보드와의 통신을 위하여 TI사의 TMS320F28335 DSP를 사용하여 CCS 4.2.1 버전으로 프로그램을 코딩하였다.

릴레이 제어 보드의 Atmega128과 인버터 제어 보드의 DSP28335 간에 전송되는 데이터 정보는 Islanding detection, 인버터 off 지령 데이터이며, 전력선통신모듈을 사용하여 연결되고 첫 번째 인버터의 입력 전원선을 이용하여 전력선 통신이 가능하도록 설계하였다.

각 PV 인버터가 담당하는 계통 연계 전력은 릴레이 제어보드에서 릴레이 접점 제어를 통하여 결정되며 인버터의 출

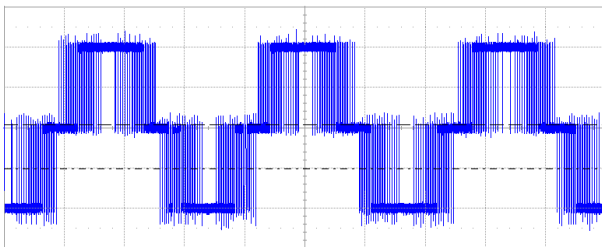


력 전압은 그림 9와 같이 총 3레벨로  $-V_{dc}$ , 0,  $V_{dc}$ 의 출력을 내며 PWM 교류 파형을 생성한다.

**표 2** PV 인버터 사양

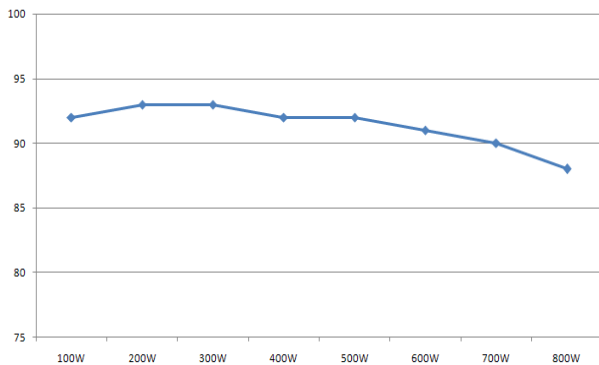
**Table 2** Specification for a PV inverter

| Component      | Specification                 | Feature                                   |
|----------------|-------------------------------|---|
| Switch         | IRF360PBF<br>(4 EA)           | 400[V] / 25[A]<br>International Rectifier |
| Controller     | DSP<br>TMS320F28335<br>(1 EA) | Texas Instruments                         |
| Gate-amp       | TLP250<br>(4 EA)              | Photocoupler<br>TOSHIBA                   |
| Input Voltage  | ES 7-12<br>(32 EA)            | 12[V] / 7[A]<br>ROKET Battery             |
| Output Voltage | PWM inverter                  | AC 220[V]<br>60[Hz]                       |



**그림 9** PV 인버터의 PWM 출력전압

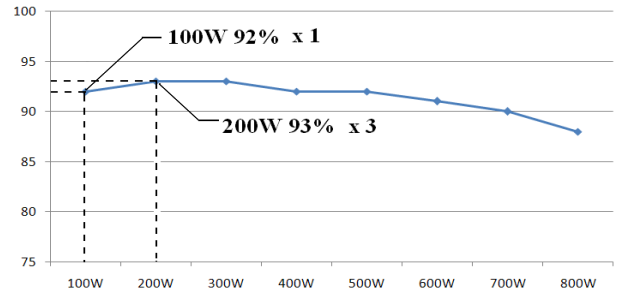
**Fig. 9** Output voltage of a PV inverter with PWM



**그림 10** 실험에 사용된 PV 인버터의 효율

**Fig. 10** Efficiency of a PV inverter in experiment

제안하는 MEPT 알고리즘을 수행하기 위해서는 인버터의 효율 곡선 그래프가 필수적이다. 그림 10은 실험에 사용된 인버터의 효율 측정 그래프를 보여준다. 100[W]에서 인버터 효율은 92[%], 200[W]에서 93[%], 300[W]에서 93[%], 400[W]에서 92[%], 500[W]에서 92[%], 600[W]에서 91[%], 700[W]에서 90[%], 800[W]에서는 88[%]의 효율 특성을 나타낸다. 계측 포인트 사이의 인버터 효율은 보간법을 이용해 선형화 시킨다.



**그림 11** MEPT 제어 알고리즘에서의 평균 효율

**Fig. 11** Average efficiency in MEPT control algorithm

PV 인버터를 통해 계통으로 700[W]의 전력이 전송되는 경우라면 그림 11과 같이 제안하는 MEPT 알고리즘에 의해 3대의 인버터는 최대 효율 93[%]인 200[W]로 동작하고 한 대의 인버터는 나머지 100[W]의 전력을 담당하게 되므로 92[%]의 효율 상태에서 동작하게 된다. 따라서 식 (8)에 의해 93.5[%]의 평균효율을 갖게 된다. 반면 기존의 병렬운전 방식은 700[W]의 전력을 4대의 인버터 대수로 나눈 175[W]씩을 담당하여 평균 효율은 92.75[%]가 된다. 따라서 제안하는 MEPT 방식이 기존의 병렬운전 방식보다 약 0.75[%]의 우수한 효율을 보이므로 MEPT 제어 알고리즘에 의해 발전 전력이 계통으로 연계된다. 비록 기존 병렬운전 방식보다 0.75[%]의 미비한 효율 상승이지만 제안된 MEPT 방식의 응용이 10[MW]급의 대용량 태양광발전 설비라고 한다면 약 75[kW]의 큰 효율 상승을 기대 할 수 있다.

제안하는 MEPT 제어 알고리즘은 최대 효율점에서 동작하는 인버터의 대수가 가장 많고 상대적으로 낮은 효율점에서는 작은 양의 전력이 인버터 한 대에 할당되므로 전체 전력전송 분담비를 고려할 경우 MEPT 제어방식이 기존 병렬 제어 방식에 비해 거의 모든 조건에서 우수한 효율 특성을 보이게 된다. 하지만 그림 3의 메인 플로차트와 같이 기존 병렬 방식이 우수할 수 있는 경우를 대비해 기존 방식과 제안하는 MEPT 알고리즘 방식을 병렬로 구성하여 항상 우수한 조건에서 계통연계 운전이 가능하도록 구성하였다.

**5. 결 론**

본 논문에서는 대용량 태양광 발전설비의 전력전송효율을 증가시키기 위한 방안으로 최대 효율점 추적 제어 알고리즘 (MEPT: Maximum Efficiency Point Tracking)을 제안하였다. 동일한 용량의 PV 발전 전력을 계통으로 투입하는 기존 병렬운전 방법과 달리 제안하는 MEPT 알고리즘은 인버터 자체의 효율 특성을 미리 파악하여 PV 발전량에 따른 동작 인버터 대수, 각 인버터 당 계통 연계 전력 할당량을 조절하여 최적의 효율 조건을 찾아 계통과 연계시키는 방법이다. 하지만 제안된 알고리즘을 운영하기 위해서는 시스템 설치 시 설치되는 인버터가 동일한 효율 조건을 가지고 있어야 한다는 전제 조건이 필요하다. 만일 태양 입사각 및 주위 온도 변화로 인하여 인버터의 효율 특성이 변하거나 최대효율점 전력 할당이 불가능 할 경우를 대비하여 기존의 병렬운전 방법과 병렬로 운전되도록 알고리즘을 구성하였다.

LabVIEW를 이용한 알고리즘 시뮬레이션과 시작품 기반

의 모의실험을 통해 제안된 MEPT 알고리즘이 전력 전송 효율 개선에 효과가 있음을 증명하였다.

**감사의 글**

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(No.2010-0009504)

**References**

- [1] Dr. F. Lasnier, Tony Gan Ang, Solar Photovoltaic Handbook, Energy Technology Division Asian Institute of Technology, vol. 1, pp. 10-50, 1998.
- [2] R. J. Wai, and W. H. Wang, "Grid-Connected Photovoltaic Generation System," IEEE Trans. Circuits and Systems I, vol. 55, no. 3, pp. 953-964, 2008.
- [3] T. Esumi and P. L. Chapman, "Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques," IEEE Trans. Energy Conversion, vol. 22, no. 2, pp. 439-449, 2007.
- [4] B. M. T. Ho, and Henry Shu-Hung Chung, "An integrated inverter with maximum power tracking for grid-connected PV systems," IEEE Trans. Power Electronics, vol. 20, no. 4, pp. 953-962, 2005.
- [5] C. S. Kwon, and F. S. Kang, "Efficiency improvement of photovoltaic power generating system by using maximum power point tracking algorithm," Proc. of KIEE Conf. July 2011, pp. 1165-1166.

**저 자 소 개**



**권철순 (權哲淳)**

1985년 11월 16일생. 2010년 한밭대 제어계측공학과 졸업, 2012년 동 대학원 제어계측공학과 졸업(석사), 2012년 4월~현재 (주)PNE Solution PE팀 대리  
Tel : 010-4340-5004  
E-mail : k10216@nate.com



**김광수 (金光洙)**

1972년 2월 19일생. 1996년 서울대 전기공학부 졸업, 1998년 동 대학원 전기공학부 졸업(석사), 2004년 동 대학원 전기컴퓨터공학부 졸업(박사), 2004년 1월~2007년 3월 삼성전자 통신연구소 책임연구원, 2007년 4월~2008년 2월 현대자동차 차량정보기획팀 과장, 2008년 3월~현재 한밭대 전자제어공학과 조교수  
Tel. : 042-821-1171  
E-mail : kskim@hanbat.ac.kr



**도태웅 (都台鎔)**

1969년 2월 18일생. 1992년 경북대 전자공학과 졸업, 1994년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사), 1999년 동 대학원 전기 및 전자공학과 졸업(박사), 1997년~2001년 삼성전자 디지털 미디어연구소 책임연구원, 2002년 3월~현재 한밭대 전자제어공학과 부교수  
Tel. : 042-821-1174  
E-mail : dolerite@hanbat.ac.kr



**박성준 (朴晟濬)**

1965년 3월 20일생. 1991년 부산대 전기공학과 졸업, 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사), 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사), 2002년 동 대학원 지능기계공학과 졸업(박사), 1996년~2000년 거제대학 전기과 조교수, 2000년~2003년 동명대학 전기과 조교수, 2003년 8월~현재 전남대학교 전기공학과 교수  
Tel. : 062-530-1741  
E-mail : sjpark1@chonnam.ac.kr



**강필순 (姜弼淳)**

1973년 9월 5일생. 1998년 경상대 전기공학과 졸업, 2000년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(석사), 2003년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사), 2003년 3월~2004년 8월 일본 오사카대학 전기공학과 박사후과정, 2012년 1월~2013년 1월 미국 콜로라도주립대 전기컴퓨터공학과 방문연구교수, 2004년 9월~현재 한밭대 전자제어공학과 부교수  
Tel : 042-821-1172  
E-mail : feelsoon@hanbat.ac.kr