

PV 시스템을 이용한 단상유도전동기의 벡터제어

(Vector Control of Single Phase Induction Motor using PV System)

최정식* · 고재섭 · 정동화

(Jung-Sik Choi · Jae-Sub Ko · Dong-Hwa Jung)

요 약

본 논문은 최대전력점추적을 하는 PV 시스템을 이용한 펌핑시스템 구동을 위한 단상유도전동기의 벡터제어를 제시한다. 펌핑시스템은 벡터제어에 의한 원심 펌프를 구동하는 가변속 단상유도전동기를 사용한다. DC-DC 컨버터를 이용한 MPPT는 다양한 일사량에 따라 최대 전력을 추적하기 위해 듀티 사이클을 제어한다. 듀티 사이클은 자속을 발생시키는 전류(i_{ds})와 직접적인 관계가 있다. 벡터제어 인버터는 CC-VSI를 사용한다. 시뮬레이션 결과는 일사량 변화에 따른 전압(V_{dq}), 전류(I_{dq}), 전동기 속도, 토크 등의 성능 및 특성을 나타낸다.

Abstract

This paper presents the vector control of single phase induction motor(SPIM) to operate water pumping system using PV system with a maximum power point tracking(MPPT). The water pumping system uses a variable speed SPIM driven a centrifugal pump by field oriented control(FOC) inverter. The MPPT using a DC-DC converter controlled the duty cycle to track maximum power from PV under different insolation conditions. The duty cycle directly relate with a flux producing current control(i_{ds}). The FOC inverter uses a current control voltage source inverter(CC-VSI). The simulation results are shown that the characteristics and performance of drive system, which varies as each conditions of light by expresses in voltage(V_{dq}), current(I_{dq}), speed of motor and torque.

Key Words : PV System, SPIM, MPPT, DC-DC Converter, Field Oriented Control(FOC)

1. 서 론

단상 유도전동기는 간단하고 견고하며 신뢰성이 높은 전동기이므로 3상 유도전동기를 적용할 수 없는 가정용이나 공업용으로 널리 사용되고 있다. 단상 유도전동기는 상용화된 전원을 변환장치 없이 직접 사용할 수 있다는 장점이 있다. 현재 국내외 세계

* 주저자 : 순천대 공대 전기공학과
Tel : 061-750-3540, Fax : 061-752-1103
E-mail : cjs1108@scnu.ac.kr
접수일자 : 2008년 7월 8일
1차심사 : 2008년 7월 15일
심사완료 : 2008년 7월 30일

적 시장에 나와 있는 단상 유도전동기는 콘덴서를 포함하는 것과 포함하지 않는 권선의 배열을 이용하는 것이 주요 사용되고 있다[1-3].

단상 전동기는 구조가 간단하고 단상으로 운전되지만 그 구조상 기동토크가 영이므로 별도의 기동장치가 필요하다. 기동장치의 종류에 따라 분상 기동형, 세이딩 코일형, 반발기동형 및 콘덴서 기동형 전동기로 분류한다. 콘덴서 기동전동기는 분상 기동형의 일종으로 보조권선과 직렬로 콘덴서를 접속하여 분상하는 것이다. 그리고 기동이 완료되면 원심력 스위치에 의해 보조권선은 회로에서 분리된다[4-5].

태양광 발전시스템은 각 모듈의 출력 특성이 일사량, 온도, 부하변동 등에 의해 그 동작점이 변화하게 된다. 따라서 이러한 요소로 인한 변동에 대하여 태양전지는 항상 최대출력을 낼 수 있는 최대출력점 추경(Maximum Power Point Tracking) 제어기법을 적용해야 한다[7]. MPPT 제어기법은 여러 가지 알고리즘이 연구되었으며, 크게 아날로그 방식과 디지털 방식이 있다. 다시 제어대상으로서 정전압 제어 방식의 MPPT 알고리즘과 이것을 개선한 P&O (Perturbation and Observation Method) 알고리즘, IncCond(Incremental Conductance) MPPT 알고리즘, 전류 제한 알고리즘으로 나뉘어진다. 일정전압 제어법은 태양전지 어레이의 동작전압이나 전력에 상관없이 일정하게 제어하는 기법으로 센서를 줄이는 기법 등으로 비용절감을 할 수 있으나 많은 문제점을 가지고 있다. P&O 제어법은 태양전지의 최적동작전압이 일사량에 대해서 크게 변하지 않음에 착안한 방법으로 주기적으로 태양전지 전압과 전류를 측정하여 전력을 계산한 후 전력값을 도대로 가장 큰 출력동작점을 추적하는 방법이다. 마지막으로 IncCond 제어법은 P&O 제어법이 빠른 일사량 변동에 대응하지 못함과 최대 전력점 부근에서 왜란되는 것을 개선하기 위한 방법으로 태양전지 전압, 전류를 측정하여 어레이의 단자전압 동작점의 변화에 대해 전력의 변화율이 0이 되도록 제어하는 방법이다. 그러나 이 방법은 계산량이 많아진다는 단점을 가지고 있다[6-8]. 태양전지 최대 출력법은 가능한 한 간단한 회로로 구성하는 것이 바람직하며 효율측면에서도 더 좋다.

본 논문에서는 PV 시스템을 이용한 단상 유도전동기의 구동을 제시한다. 태양광 발전시스템에 MPPT 제어를 적용하여 단상 유도전동기의 전압원으로 사용하며, 단상 유도전동기는 벡터제어를 이용하여 구동하며 응답특성을 통해 본 논문의 타당성을 입증한다.

2. PV 시스템의 구성

2.1 태양전지 특성

그림 1은 태양전지의 등가회로를 보여주며 단락전류 I_{sc} 는 이상적으로 광전류 I_o 과 일치하고, 다이오드 포화전류 I_o 에 의해서 결정되는 태양전지의 개방전압은 다음 식과 같다[13-14].

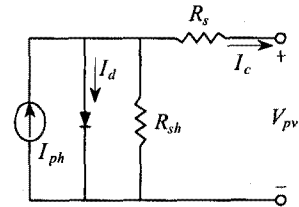


그림 1. 태양전지 등가회로
Fig. 1. Equivalent circuit of solar cell

$$V_{oc} = \frac{kT}{q} \ln \left[\frac{I_c}{I_o} + 1 \right] \quad (1)$$

여기서, V_{oc} 는 개방전압, k 는 볼츠만 상수, q 는 전하, I_o 는 포화전류, T 는 태양전지 동작온도[K]를 나타낸다. 또한, 온도의 변화에 따른 단락전류와 개방전압의 관계식은 다음 식과 같다.

$$I_{sc} = I_o \left[e^{\left(\frac{qV_{oc}}{kT} \right)} \right] \quad (2)$$

태양전지 모듈은 원하는 전압과 전류를 얻기 위하여 다수의 태양전지 셀을 직·병렬로 연결하여 구성하고, 또한 태양전지 어레이는 이러한 모듈을 다시 직·병렬로 연결하여 제작한다. 태양전지의 전류-전

압 특성곡선을 얻기 위한 수식은 다음 식과 같이 표현된다.

$$I_{ph} = I_{sc} S_N + I_t (T_c - T_r) \quad (3)$$

$$I_d = I_o \left[e^{\frac{q(V_{pv} + I_c R_s)}{AKT}} - 1 \right] \quad (4)$$

$$I_o = I_{or} \left[\frac{T_c}{T_r} \right]^3 e^{\frac{qE_g}{BK} \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_c} \right)} \quad (5)$$

$$I_c = I_{ph} - I_d - \frac{V_{pv} + I_c R_s}{R_{sh}} \quad (6)$$

여기서, I_{ph} 는 광전류, S_N 은 단위 일사량, I_t 는 단락전류 온도계수[A/K], I_d 는 다이오드 전류, R_s 는 직렬저항, R_{sh} 는 병렬저항, T_c 는 태양전지 온도[K], T_r 은 태양전지 기준온도[K], A, B 는 제조상수, I_{or} 은 역포화 전류, E_g 는 에너지 밴드갭을 의미한다. 그림 2는 태양전지 어레이의 PSIM 모델을 나타내고 있으며, 그림 3은 PSIM으로 구현한 태양전지 어레이의 모의실험 결과로서 전류-전압 및 전력-전압 특성곡선을 나타낸다.

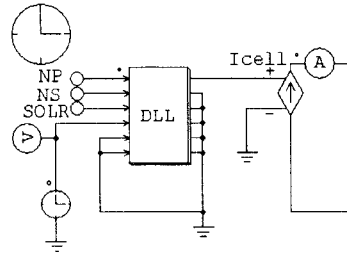


그림 2. 태양전지 어레이의 PSIM 모델
Fig. 2. PSIM model of solar cell array

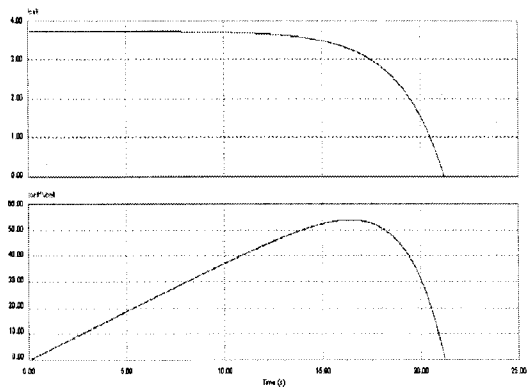


그림 3. 태양전지 어레이의 I-V, P-V 특성곡선
Fig. 3. I-V, P-V characteristic waveform of solar cell array

2.2 P&O MPPT알고리즘

P&O MPPT 제어방법은 간단한 피드백 구조로 되어 있고 소수의 측정 파라미터를 갖기 때문에 널리 사용된다. 이는 태양전지전압을 주기적으로 증가, 감소시킴으로써 동작하며, 이전의 교란주기동안의 태양전지 어레이 출력 전력과 함께 현재 어레이 출력 전력 비교에 의해 최대전력의 상태를 연속적으로 추적하며 찾는다. 이 방법은 그림 4와 같은 순서도에 의해 동작한다.

만약 전력이 증가하면 교란은 다음 주기 동안 계속해서 같은 방향으로 증가할 것이며 그렇지 않으면 교란의 방향은 반대가 될 것이다. 이것은 어레이 단자전압이 모든 MPPT 주기 동안 교란된다는 것을 의미한다. 그러므로 MPP(Maximum Power Point)

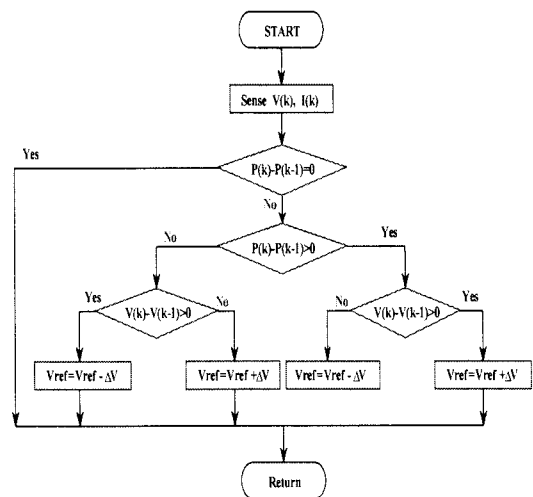


그림 4. P&O MPPT 알고리즘 순서도
Fig. 4. Flow chart of the P&O MPPT Algorithm

PV 시스템을 이용한 단상유도전동기의 벡터제어

에 이르렀을 때 P&O 알고리즘은 일정 혹은 천천히 변하는 환경조건에서 자력진동 할 것이며 그 결과 태양전지 어레이의 손실이 발생하게 된다. 이 문제는 MPP에 도달했을 때를 검출하기 위해 바로 앞의 주기동안의 두 개의 파라미터 비교와 교란부를 바이패스하기 위해 P&O알고리즘의 개선에 의해 해결할 수 있다. 전력손실을 줄이기 위한 다른 방법으로는 교란 스텝의 감소가 있다. 그러나 이 방법은 환경조건이 급하게 변할 경우 MPP 추적속도가 늦어지게 되므로 스텝의 결정이 중요하게 되며 급변하는 일사량에서는 적용하기가 힘들게 된다. 그러므로 이 알고리즘은 환경조건이 급하게 변할 경우 P&O MPPT 알고리즘은 MPOP(Maximum Power Operating Point)에서 벗어나게 된다.

그림 5는 P&O 알고리즘을 위한 PSIM 회로도를 나타내고 있다. 이 회로도에서는 기본적으로 태양전지 어레이에 평활 캐패시터와 부스터 컨버터, 부하로 구성하였으며, MPPT 알고리즘을 수행하기 위해 DLL을 구성하여 수행하도록 하였다. DLL은 모두 3부분으로 이루어져 있으며, 각각 파라미터 입력을 위한 태양전지 어레이 부분과 일사량 변동, 그리고 MPPT 수행부분으로 이루어져 있다.

3. 단상 유도전동기의 모델링

농형 단상 유도전동기의 d-q 모델을 통하여 고찰하면 다음과 같다. 농형 단상 유도전동기는 기동시 한 상으로만 기동토크를 만들 수 없으므로 기동 토크를 만들기 위해서는 단상권선 외에 기동권선을 가지고 있어야 한다. 단상 유도전동기는 주권선과 자기적으로 보통 전기각으로 90도 떨어져 있는 위치에 보조권선이 주권선과 병렬로 접속되어 있다. 단상 유도전동기는 기동시 2상 운전으로 해석될 수 있다. 그림 6은 단상 유도전동기의 T형 등가 회로도를 나타낸다.

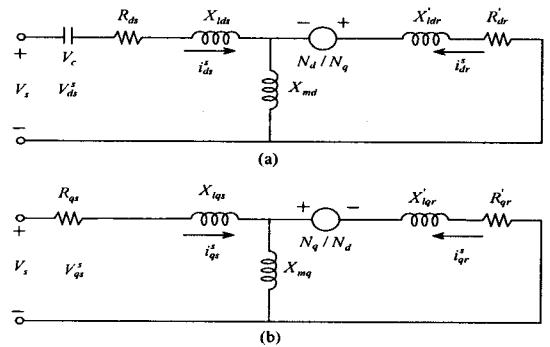


그림 6. T형 등가회로
Fig. 6. T type equivalent circuit

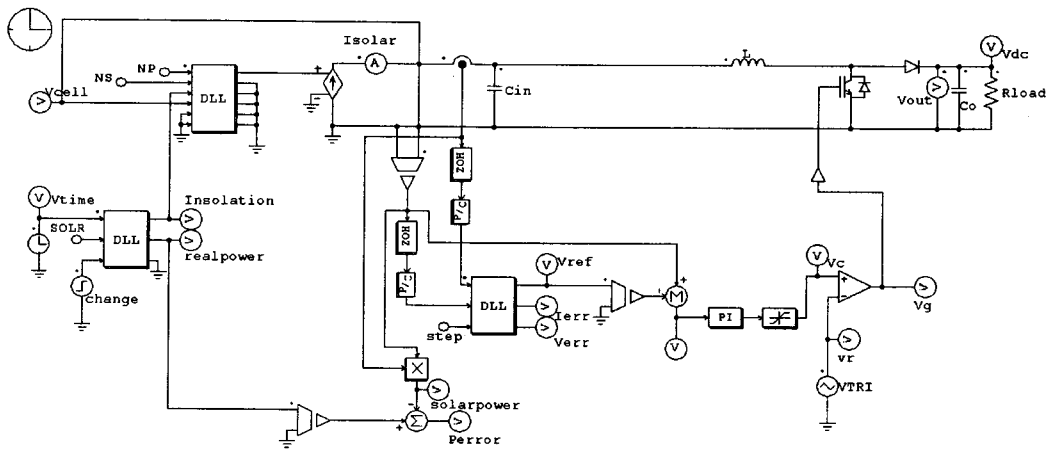


그림 5. PSIM 회로도
Fig. 5. Circuit of PSIM

주권선 전압은 다음 식과 같다.

$$V_{qb}^s = V_s \quad (7)$$

보조 권선 전압은 다음 식과 같이 나타낸다.

$$V_{ds}^s = V_s - \frac{1}{c} \int i_{ds}^s dt \quad (8)$$

위의 T 형 능가회로도의 전류의 방향을 화살표 방향으로 하여 전압 방정식을 세우면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} V_{qs}^s &= (R_{qs} + \frac{p}{\omega_b} X_{qs}) \cdot i_{qs}^s + (\frac{p}{\omega_b} X_{mq}) \cdot i_{gr}^s \\ V_{ds}^s &= (R_{ds} + \frac{p}{\omega_b} X_{ds}) \cdot i_{ds}^s + (\frac{p}{\omega_b} X_{md}) \cdot i_{dr}^s \\ 0 &= (\frac{p}{\omega_b} X_{mq}) \cdot i_{qs}^s - (\frac{N_q}{N_d} \cdot \frac{\omega_r}{\omega_b} X_{dr}) \cdot i_{ds}^s \\ &\quad + (\frac{R_{qr} + p}{\omega_b} X_{qr}) \cdot i_{qr}^s - (\frac{N_q}{N_d} \cdot \frac{\omega_r}{\omega_b} X_{dr}) \cdot i_{dr}^s \\ 0 &= (\frac{N_d}{N_q} \cdot \frac{\omega_r}{\omega_b} X_{mq}) \cdot i_{qs}^s + (\frac{p}{\omega_b} X_{md}) \cdot i_{ds}^s \\ &\quad + (\frac{N_d}{N_q} \cdot \frac{\omega_r}{\omega_b} X_{qr}) \cdot i_{qr}^s + (R_{dr} + \frac{p}{\omega_b} X_{dr}') \cdot i_{dr}^s \end{aligned} \quad (9)$$

q축의 파라미터 정의는 다음과 같다.

- R_{qs} : 주권선 1차측 저항
- R_{qr} : 주권선 2차측 (회전자) 저항을 1차측으로 환산한 저항
- X_{lqs} : 주권선 1차측 누설리액턴스
- X_{mq} : 주권선 자화리액턴스 $= (\frac{N_q}{N_r}) \cdot X_{mr}$
- X_{lqr} : 주권선 2차측 자기리액턴스를 1차측으로 환산한 리액턴스
- $X_{qs} = X_{lqs} + X_{mq}$: 주권선 1차측 자기리액턴스
- $X_{qr} = X_{lqr} + X_{mq}$: 주권선 2차측 자기리액턴스를 1차측으로 환산한 리액턴스
- N_q : 주권선 1차측 권선비
- N_r : 2차측 (회전자) 권선에 대한 유효 권수비
- X_{mr} : 주권선 1차측 2차측 상호리액턴스

d축의 파라미터 정의는 다음과 같다.

- R_{ds} : 보조권선 1차측 저항
- R_{dr}' : 보조권선 2차측 저항을 1차측으로 환산한 저항
- X_{lds} : 보조권선 1차측 누설리액턴스
- $X_{md} = (\frac{N_d}{N_r}) \cdot X_{ar}$: 보조권선 자화리액턴스
- X_{ldr} : 보조권선 2차측 누설리액턴스를 1차측으로 환산한 리액턴스
- $X_{ds} = X_{lds} + X_{md}$: 보조권선 1차측 자기리액턴스
- $X_{dr} = X_{ldr} + X_{md}$: 보조권선 2차측 자기리액턴스를 1차측으로 환산한 리액턴스
- N_d : 보조권선의 권선비
- X_{ar} : 보조권선과 회전자 권선과의 상호 리액턴스
그 외의 파라미터는
- V_s : 전원 전압
- p : 미분 연산자
- i_{qs} : 주권선 전류
- i_{qr}' : 주권선 전류로 환산한 회전자측 전류
- i_{ds} : 보조권선 전류
- i_{dr}' : 보조권선 전류로 환산한 회전자측 전류
- ω_b : 동기각속도, ω_r : 회전자 각속도

각각의 전류는 다음식으로 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} i_{ds}^s &= (\lambda_{ds} - \lambda_{dm}) / L_{lds} \\ i_{qs}^s &= (\lambda_{qs} - \lambda_{qm}) / L_{lqs} \\ i_{dr}' &= (\lambda_{dr} - \lambda_{dm}) / L_{ldr} \\ i_{qr}' &= (\lambda_{qr} - \lambda_{qm}) / L_{lqr} \end{aligned} \quad (10)$$

여기서 λ_{qm} 과 λ_{dm} 은 전동기의 공극 자속으로 다음식과 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} \lambda_{qm} &= \lambda_{qs} - L_{lqs} \cdot i_{qs}^s \\ \lambda_{dm} &= \lambda_{ds} - L_{lds} \cdot i_{ds}^s \end{aligned} \quad (11)$$

위 전류의 값에 의해서 토크의 식을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

PV 시스템을 이용한 단상유도전동기의 벡터제어

$$T = \frac{P N_d X_{mq}}{2 N_q \omega_b} (i_{qs}^s \cdot i_{dr}^s - i_{ds}^s \cdot i_{qr}^s) \quad (12)$$

P : 전동기의 극수 (pole)

4. 시스템 설계

단상 유도전동기의 벡터제어 원리는 일사량 변동에 대한 고효율 드라이브와 양호한 동적응답을 위해 i_{qs} , i_{ds} 를 직접 제어한다. 시스템의 최대 효율 운전을 위해 위의 두 전류는 최적으로 설정된다. 태양광 발전 전력과 유도전동기의 출력 및 속도특성은 다음과 같다.

$$P_{pv} = V_{pv} I_{pv} \quad (13)$$

$$P_{pv} = P_{out} = K \omega^3 \quad (14)$$

유도전동기의 전기적인 토크는 다음 식에 의해 결정된다.

$$T_e^* = K \omega_r^2 + \frac{J}{P} \frac{d\omega_r}{dt} \quad (15)$$

벡터제어 시스템에서는 $i_{dr}^s = 0$, $i_{qr}^s = n i_{qs}^*$ 이므로 식 (15)는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} T_e^* &= \frac{P}{2} L_{mq} |i_{dr}^s i_{qs}^* - i_{qr}^s i_{ds}^*| \\ &= \frac{P}{2} n L_{mq} i_{ds}^* i_{qs}^* \end{aligned} \quad (16)$$

n : 주권선과 보조권선의 턴수 비

유도전동기의 q 축 전류는 식 (16)으로부터 구할 수 있으며, 이 전류는 q 축 지령 전류가 된다.

$$i_{qs}^* = \frac{T_e^*}{\frac{P}{2} n L_{mq} i_{ds}^*} \quad (17)$$

또한, 자속을 만드는 i_{ds} 는 자화전류(i_{mr})에 해당되며, 이는 태양광 발전의 최대전력 추적 시스템으로부터 얻은 전압에 의한 유도전동기 개방회로 시험에 의해 결정된다.

$$i_{mr}^* = \frac{1}{(1-D)} \cdot \frac{V_{pv}}{(L_{js} + L_m)} \quad (18)$$

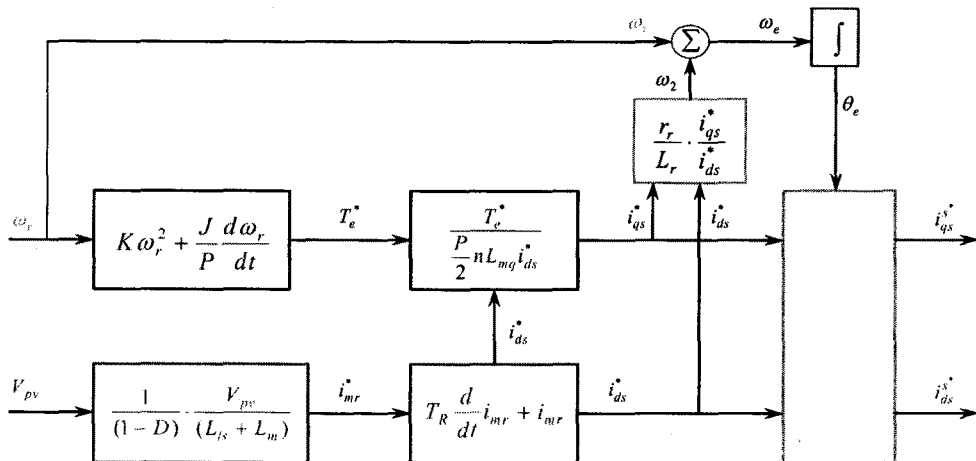


그림 7. 제시한 제어 시스템 블록도
Fig. 7. Proposed control system block diagram

식 (18)에 의해 구해진 자화 전류로부터 d 축 지령 전류인 i_{ds}^* 를 구할 수 있으며 유도전동기의 슬립 주파수는 식 (20)과 같이 쓸 수 있다.

$$i_{ds}^* = T_R \frac{d}{dt} i_{mr} + i_{mr} \quad (19)$$

$$\omega_2 = \frac{r_r}{L_r} \cdot \frac{i_{qs}^*}{i_{ds}^*} \quad (20)$$

그림 7은 본 논문에서 제시한 제어시스템의 블록도를 나타내고 있다.

5. 시스템 성능 및 결과

본 논문에서는 드라이브 시스템의 특성과 성능을 평가하기 위해 PSIM을 사용하였다. 시뮬레이션은 시스템의 기동과 일사량 변동 및 스텝 부하 인가시의 성능을 나타낸다.

그림 8은 P&O 알고리즘의 응답특성으로 그림 5의 회로도들 구현한 결과이며 실제 일사량과 부하에

따라 어레이에서 나올 수 있는 최대전력과 MPPT 수행 후 전력을 비교하여 나타내었으며, 전력오차가 0으로 수렴되고 있으므로, MPPT 양호하게 추정되고 있음을 알 수 있다.

그림 9는 태양광 발전의 시점 즉, 드라이브 시스템의 기동 시 성능 결과이다. d, q 축 전류가 제어됨으로서 벡터제어가 수행됨을 알 수 있으며, $v_d - v_q$ 의 90° 의 위상차가 나타나게 되어 전동기가 회전함을 알 수 있다.

그림 10은 태양광 발전의 일사량 변동에 대한 성능 결과이며, 일사량 변동에 따라 태양광 발전의 전압과 전류를 변화시켜 최대 전력점이 변화하게 된다. 이는 시스템 전압의 진폭과 주파수를 변화시키게 되고 일사량이 증가할수록 시스템은 점점 더 많은 전력을 받게 되어 전동기의 속도가 증가하게 된다.

그림 11은 스텝 부하의 변화에 대한 성능결과로서 부하가 증가함에 따라 i_{dqs} 도 마찬가지로 증가함을 알 수 있다.

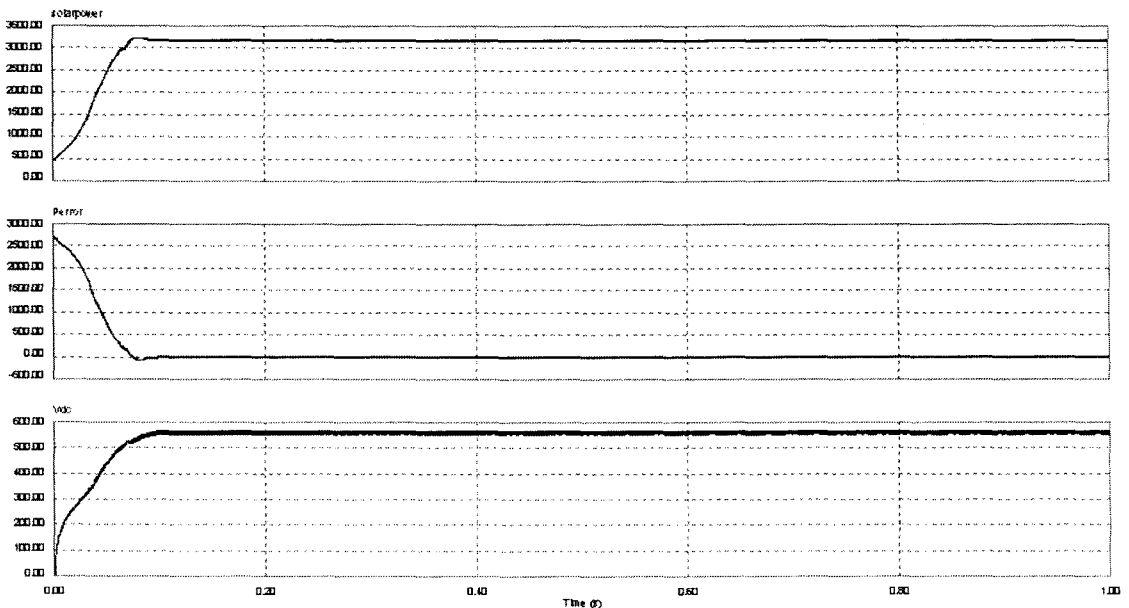


그림 8. P&O 알고리즘의 응답특성
Fig. 8. Response characteristics of P&O algorithm

PV 시스템을 이용한 단상유도전동기의 벡터제어

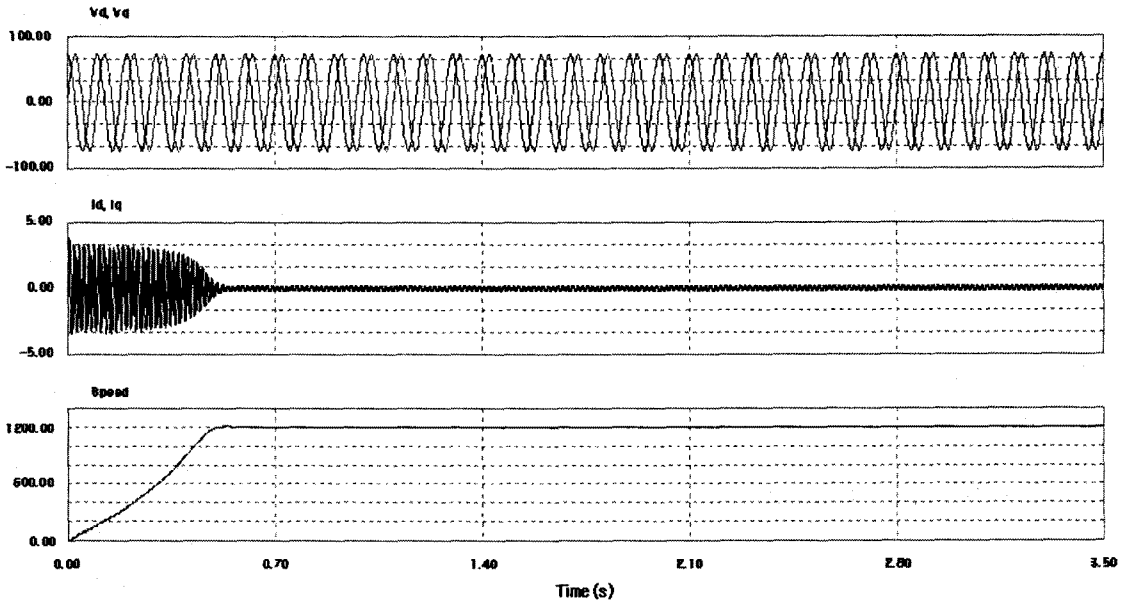


그림 9. 태양광 발전의 기동 시 응답특성
Fig. 9. Response characteristics of PV during starting

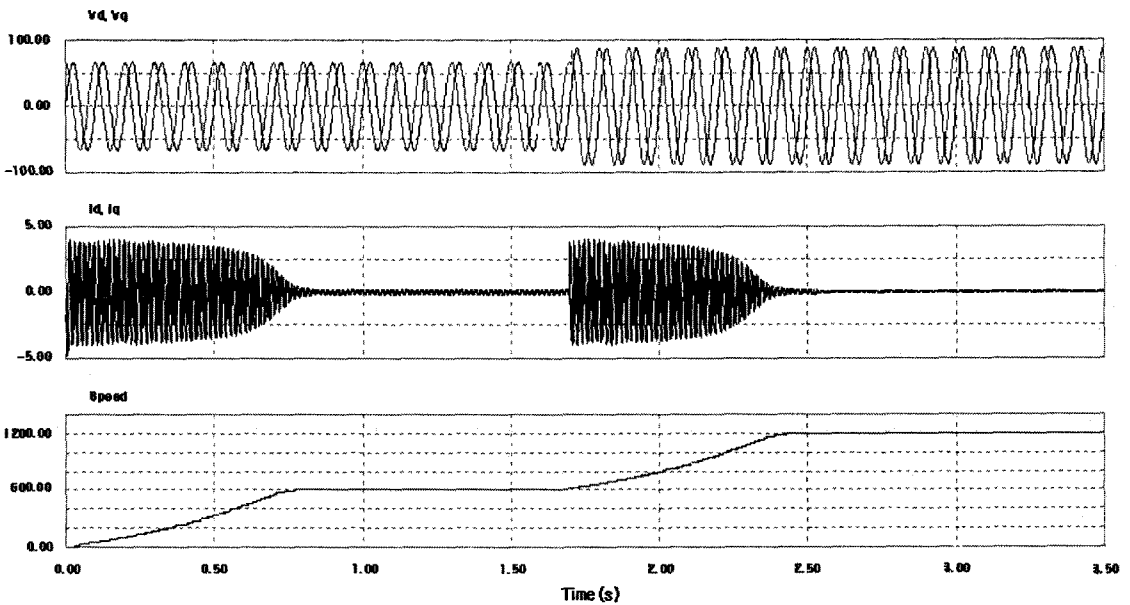


그림 10. 태양광 발전의 일사량 변동에 대한 응답특성
Fig. 10. Response characteristics of PV with changing insolation

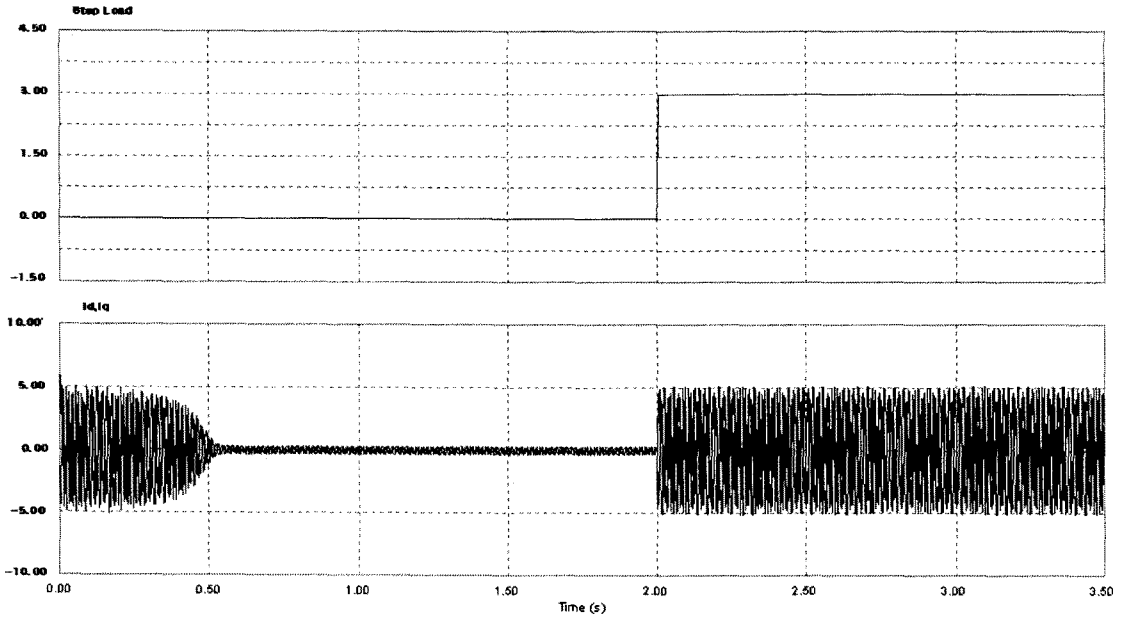


그림 11. 스텝 부하 인가에 대한 응답특성
 Fig. 11. Response characteristics with step load

6. 결 론

본 논문에서는 PV 시스템을 이용한 단상 유도전동기의 벡터제어를 제시하였다.

PV 시스템은 MPPT 제어를 통해 단상 유도전동기의 전압원으로 사용하였다. 일사량 변동에 따라 태양광 발전의 MPPT 제어를 통해 단상 유도전동기의 전압 및 속도 역시 변화하였으며, 벡터제어를 통해 제어하였다.

본 논문에서 제시한 PV 시스템을 이용한 단상 유도전동기의 벡터제어 시스템은 상용전원을 사용할 수 없는 곳에서도 태양광 발전을 이용하여 단상 유도전동기를 구동할 수 있었다. 그리고 펌핑 시스템, 태양열 온수 및 태양열 자동차 등 다양한 분야에 적용될 수 있을 것으로 전망된다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 교육인적자원부 · 산업자원부의 출연금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 연구 결과입니다.

References

- [1] S. D. Umans, "Steady-state lumped parameter model for capacitor-ren single-phase induction motors," IEEE Trans. Ind. Application, vol. 32, pp. 169-179, Jan/Feb. 1996.
- [2] N. N. Hancock, Matrix Analysis of Electrical Machinery, 2nd ed. New York : Pergamon. 1974.
- [3] S. Williamson and K. Mirzoian, "Analysis of cage induction motors with stator winding faults," IEEE Trans. Power APP. Syst, vol. PAS-104, pp. 1838-1842, July 1985.
- [4] S. Williamson and E. R. Laithwaite, "Generalized harmonic analysis for the steady-state performance of sinusoidal-excited cage induction motors," Proc. Inst. Elect. Eng., vol 132, pt.B, pp. 157-163, May 1985.
- [5] S. williamson, T. J. Flack, and A. F. volschenk, "Representation of skew in time-stepping two-dimensional finite-element models of electrical machines," IEEE Trans. Ind. Application, vol. 31, pp.

PV 시스템을 이용한 단상유도전동기의 벡터제어

1009-1016, Sept/Oct 1995.

- [6] F Lasnier and TG Ang, "Photovoltaic Engineering Handbook", Adam Hilger.
- [7] Katsumi Ohniwa, Tadao Fujimaki, Yoshihiko Yoda "A New Maximum Power control Method of Photovoltaic Power System", JIEE, vol. B111, no.10, 1991.
- [8] 박창엽, "에너지 변환공학", 김영사, pp. 2-50.
- [9] E.Koutroulis, K.Kalaitzakis and N.C.Voulgaris., "Development of a microcontroller-base, photovoltaic maximum powerpoint tracking control system", IEEE Trans. Power Electronics, vol.16, pp.46-54, Jan. 2001.
- [10] Yeong-Chau Kuo, Tsong-Juu Liang and Jiann-Fuh Chen., "Novel Maximum-power-point-tracking controller for photovoltaic energy conversion system", IEEE Trans. Ind. Electronics, vol. 48, pp.594-601, June. 2001.
- [11] 김형석, 박정민, 외 3인, "마이크로콘트롤러를 이용한 태양광발전용 승압초퍼용 MPPT 제어기에 관한 연구".
- [12] Geoff Walker, "Evaluating MPPT converter Topologies using a Matlab PV model", IEAust, vol. 21, pp. 49-56, 2001.
- [13] 유권중, 정영석, 최주엽 "고주파 절연변압기를 사용한 태양광용 인버터 개발".

◇ 저자소개 ◇

최정식(崔正植)

2005년 순천대학교 공대 전기제어공학과 졸업. 2007년 2월 순천대학교 대학원 전기공학과 석사과정 졸업. 2007년 3월~동 대학원 전기공학과 박사과정.
Tel : (061)750-3540
Fax : (061)752-1103
E-mail : cjs1108@scnu.ac.kr

고재섭(高在涉)

2005년 순천대학교 공대 전기제어공학과 졸업. 2007년 2월 순천대학교 대학원 전기공학과 석사과정 졸업. 2007년 3월~동 대학원 전기공학과 박사과정.
Tel : (061)750-3540
Fax : (061)752-1103
E-mail : kojs2501@gmail.com

정동화(鄭東和)

1979년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 현대중전기(주) 기술연구소 책임연구원. 1989년~현재 순천대학교 정보통신공학부 교수.
Tel : (061)750-3543
Fax : (061)752-9841
E-mail : hwa777@sunchon.ac.kr
WebPage: <http://pelab.sunchon.ac.kr/~hwa777>