

분산전원 PV 인버터의 적절한 입력커패시터 선정 고찰

이경수¹, 정영석, 감기환, 유권중, 최재호²

¹충북대학교 전기공학과, 한국에너지기술연구원 태양광연구센터

The research for appropriate input capacitor selection of PV inverter in Distributed Generation

Kyung-Soo Lee¹, Young-Seck Jung, Gi-Hwan Kang, Gwon-Jong Yu, Jae-Ho, Choi²

¹Chungbuk National University, Korea Institute of Energy Research

Abstract - Generally, there is an input capacitor in front of PV(Photovoltaic) inverter in DG(Distributed Generation). This input capacitor mainly works in order to stabilize the PV output voltage. However, input capacitors, which are being used in domestic market are not well known about their appropriate value and also there is no information for selecting the suitable value of input capacitor. Therefore, the author suggests that the stand-alone PV inverter is considered to analyse appropriate value of input capacitor and then recommends the appropriate value of input capacitor through simulation.

1. 서 론

PV 인버터부에는 PV 출력 직류 전원을 안정하게 유지하기 위해서 일반적으로 입력단에 커패시터가 달려있다. 이 입력 커패시터는 PV 출력 전원의 안정이라는 장점과 더불어 여러 단점을 가지고 있다. 먼저 입력 커패시터는 열에 약하고, 수명이 짧고 그리고 비용이 비싸다는 등을 단점으로 들 수 있다. 그리고 현재 국내에서 제작되어 사용되는 인버터 내부 입력 커패시터의 다양한 크기로 인하여 적절한 용량을 알 수 없고 또한 연구 자료도 불충분하다. 만약 PV 인버터 입력단 커패시터의 적절한 용량을 알 수 있다면 인버터 시스템의 가격을 낮출 수 있다고 생각한다.

1.1 시뮬레이션 용도의 독립형을 가정한 PV 시스템

그림 1의 해석회로는 PV 어레이, PV 인버터 그리고 부하저항으로 구성된 독립형 PV 시스템의 회로도들을 보여주고 있다. 먼저 맨 좌측은 PV 어레이, 다음으로 Cd는 입력 커패시터, T1-4는 IGBT 스위치, L-C필터 그리고 부하에는 저항 R이 결합된 독립형을 가정한 PV 시스템을 보여주고 있다. 스위치는 PWM 제어를 실시하

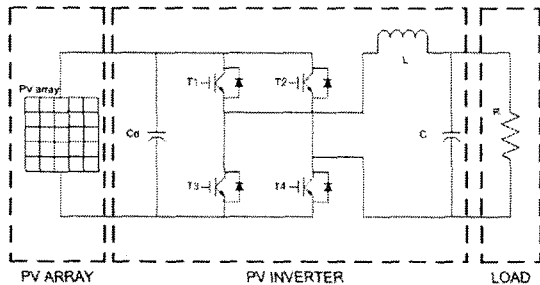


그림 1 독립형 PV 인버터의 기본 회로고, 이때의 삼각파는 10kHz 그리고 정현파는 60Hz 이다.

그림 1의 해석에서 커패시터의 충방전이 일정하게 되므로 PWM 반사이크의 동작 해석에 착안하여 그림 2와 같이 회로를 스위치 2개로 간략화해서 나타낼 수 있다.

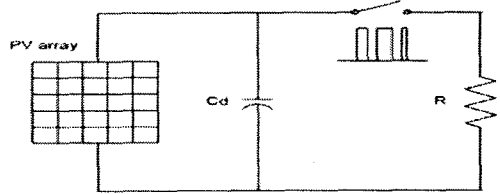


그림 2 독립형을 가정한 PV 반사이크 해석회로

그림 2는 입력 커패시터 선정을 위해 독립형을 가정한 PV 시스템을 등가적으로 표현한 경우이다.

1.2 계산 순서도의 제언

위의 그림 1과 2의 해석 회로는 다음의 해석 프로그램을 통하여 계산된다.

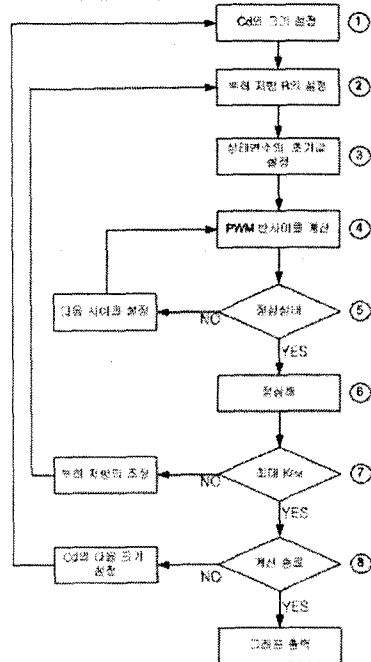


그림 3 계산 순서도

- ① 해석하려는 입력 커패시터 Cd의 값이 얼마인지 설정한다.
- ② 부하저항 R의 용량은 주어진 조건에서 최대의 에너지를 꺼낼 수 있는 구체적인 값으로 설정한다.
- ③ 회로의 초기값 등 계산에 필요한 변수를 설정한다. 또한 커패시터의 초기값은 PV 어레이의 개방전압(Voc)로 한다.
- ④ PWM 운전을 반 사이클 행하고 커패시터와 저항에 걸리는 전압과 전류를 계산해서 각각 충전에너지 그리고 PV로부터 꺼낸 에너지를 계산한다.
- ⑤ 전 사이클로부터 산출한 값(커패시터와 저항에 걸리는 전압과 전류, 충전 에너지, PV로부터 꺼낸 에너지, 순간치, 평균치)과 현재 사이클로 산출한 값이 일치했는지 그렇지 않은지의 정상상태를 알아본다.
- ⑥ 정상상태가 되었다면 정상해를 구한다.
- ⑦ K_{PM} 이 최대가 되었는지 계산한다. 최대가 되어 있지 않은 경우는 부하저항 R을 ΔR 만큼 증감시킨다.
- ⑧ 계산이 종료되었는지 판단한다. 또 다른 Cd를 계산할 경우 처음으로 돌아가서 위와 같은 순서대로 행한다. 그렇지 않을 경우는 위에서 나온 결과를 그래프로 출력한다.

본 해석에서는 태양전지로부터 얻을 수 있는 에너지 1을 K_{PM} 이라고 표기했다. K_{PM} 은 'MPPT 추종효율'을 말한다.

2. 본 론

2.1 커패시터의 변화에 의한 K_{PM} 의 변화

그림 1의 회로에 대하여 입력 커패시터 C_d 의 값을 변화시켰을 때의 PV 전압, 전류 그리고 K_{PM} 을 그림 3의 계산 순서도를 이용하여 산출한 결과를 그림 4에 나타내었다. 여기서 fill factor=0.72이고 개방전압 $V_{oc}=21.75[V]$ 그리고 단락전류 $I_{sc}=3.24[A]$ 인 53W급 모듈을 기본 모델로 삼았다. 입력단 커패시터 C_d 의 값은 1000 μF 으로 하였고, 초기의 부하저항은 $6.7[\Omega](=V_{oc}/I_{sc})$ 로 설정했다. 그림 4에서, PV 전압, 전류 그리고 K_{PM} 은 PWM의 반주기가 끝나는 0.0083초를 넘어서부터 주기적인 함수로써 정상상태가 됨을 알 수 있다.

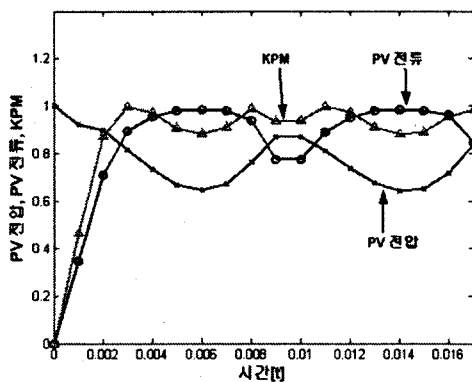


그림 4 커패시터 용량이 1mF시의 PV전압, 전류, K_{PM} 과 시간과의 관계

그림 4의 입력 커패시터 용량을 10배로 한 결과를 그림 5에 나타냈다. 이 경우, PWM의 한주기(0.016s) 동안에는 PV 전압, 전류가 정상상태가 되지 않았고 K_{PM} 도 최대값이 되지 않았다. PWM의 주기가 약 3주기가 넘는 시점부터 위의 3요소가 정상상태가 됨을 알 수 있다.

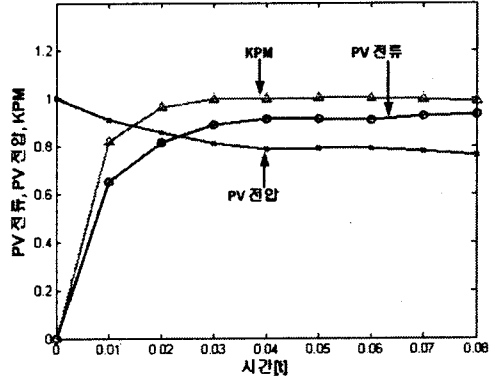


그림 5 커패시터 용량 10mF시의 PV 전압, 전류, K_{PM} 과 시간과의 해석

2.2 최적 입력 커패시터 용량 결정

앞의 시뮬레이션으로 증명된 대로 입력 커패시터 용량이 커짐에 따라 K_{PM} 역시 1에 가까운 값을 갖는다. 하지만 커패시터 용량이 크면 클수록 PV 전압, 전류가 정상상태가 되는데 까지 시간이 더 걸리기 때문에 약 10000 μF 의 커패시터는 입력 용량으로써 적합하지 않음을 알 수 있다. 그래서 K_{PM} 은 1을 유지하면서 입력 커패시터 용량을 줄이기 위한 해석을 행하였다. 먼저 입력 커패시터 용량과 K_{PM} 에 관한 분석을 실시한 결과를 그림 7에 나타냈다. 본 해석에서 이용한 I-V 커브 데이터를 살펴보면, 필팩터 FF=0.72를 이용하여 $V_{oc}=21.75[V]$, $I_{sc}=3.24[A]$ 로 하였다. 시뮬레이션을 통하여 입력 커패시터 용량이 작아짐에 따라서 K_{PM} 도 작아지는 것을 알 수 있었다.

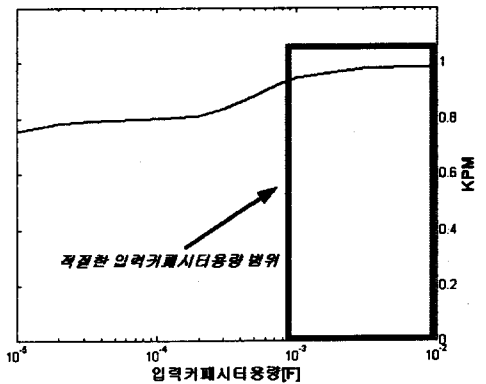


그림 6 입력커패시터용량과 K_{PM} 의 관계

2.3 실규모를 가정한 PV 인버터에서의 해석

본 해석을 행한 그림 2의 계산 순서도에 따라서 실제 이용되는 것 같은 PV 인버터를 가정해서 K_{PM} 의 평가를 수행했다. 주택용 시스템에 적용한 3kW급 태양광발전 시스템에 이용되는 독립형 인버터를 가정해서 해석을 행했다. 본 해석의 I-V 커브 데이터는 필팩터 FF=0.72의 데이터를 이용해 개방전압 $V_{oc}=230[V]$, 단락전류 $I_{sc}=18[A]$ 로 하였다. 그 결과는 그림 7에 나타냈다.

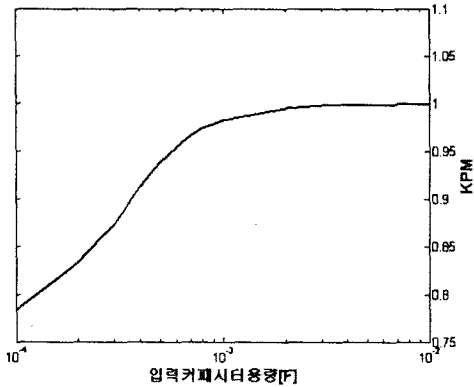


그림 7 3[kW]를 가정한 PV 인버터의
최적 입력 커패시터 용량 평가

2.4 입력 커패시터와 리플에 관한 해석

인버터와 같은 스위칭 소자를 가진 회로에서는 소자의 스위칭 동작에 의해서 직류측에 리플이 발생한다. 입력 커패시터용량을 작게 하면 할수록 리플의 발생에 의한 입력 커패시터의 수명을 짧게 할 우려가 있다. 여기서 그림 7의 3kW를 가정한 PV인버터의 전압 리플율에 대해서 해석해 보았다. 본 해석에서는 위의 3kW급과 같은 I-V커브 데이터, 즉 필팩터 FF=0.72의 데이터를 이용하고 개방전압 Voc=230[V], 단락전류 Isc=18[A]로 하였다.

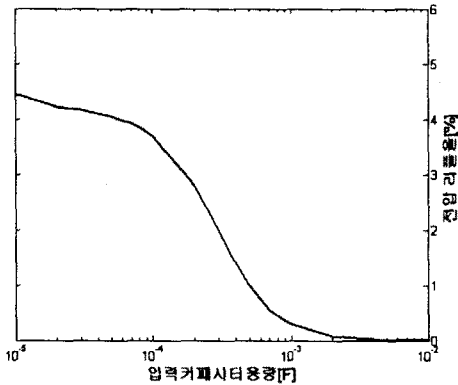


그림 8 3[kW]를 가정한 시스템의
입력커패시터와 리플의 관계

전압 리플율 산출방법은 다음과 같다.

$$V_{r.rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_r^2 d\theta} \quad V_r = V_C - V_{CA}$$

(V_{CA} = 평균값, V_C = 실효값)

3. 결 론

일반적으로 입력커패시터가 높을수록, 최대에너지, 즉 높은 값의 K_{PM} 을 얻기 쉽다는 것을 알 수 있었다. 하지만 높은 용량에 대한 입력커패시터의 값이 비싸다는 단점이 있다. 본 해석에서는, 입력커패시터용량이 수 [mF]

이면 K_{PM} 이 거의 1이 됨을 알 수 있었다. 또한, 커패시터용량이 수백[μF]에서도 K_{PM} 이 0.9이상의 값을 갖는다는 것을 알 수 있었다. 커패시터의 비용 등을 고려하면 되도록이면 수백[μF]의 입력커패시터가 적절하다고 판단되지만, 리플의 측면에서 생각해 본다면 결국 약 1000μF~3000μF의 입력커패시터 선정이 타당하다고 생각된다. 또한 이논문의 독립형을 가정한 PV인버터에서의 적절한 입력커패시터 선정 내용을 토대로 계통연계형 PV인버터에서의 적절한 입력커패시터의 선정도 가능하리라 생각된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Kosuke Kurogowa, "The Automatic Integration of Stiff Differential Equations by the Implicit Trapezoidal Rule", Electric Lab, Vol.39 No.6, 1975
- [2] Kosuke Kurogowa, "Numerical analysis of the performance of a photovoltaic array curve tracer by the capacitive load method", Solar Cells, Vol.31, 1991