

계통연계형 태양광 발전시스템에서 역충전방지 알고리즘 설계

*고재석 김홍성 최규하 김한성 **이유진 ***유권중 송진수
* 건국대학교 전기공학과 ** 삼성전지 태양광 사업부 *** 한국 에너지 기술연구소

Design of Anti-Islanding Algorithm for Utility interactive Photovoltaic System

* J. S. Gho H. S. Kim G. H. Choe H. S. Kim **Y. J. Lee ***G. J. You J.S. Song
* Kon Kuk Univ. Elec. Dept. ** Sam Sung Elec. PV Business Team
*** Korea Institute of Energy Research

Abstract

In a recently as renewable energy source photovoltaic(PV) system using solar energy has been very widely researched because of its pollution-free and infinity. Especially many researches are intensively focused on small scale utility interactive PV system which can use dead space and easily make power stabilized from unstable natural energy source. In this system one of the most important matters is islanding protection. Islanding phenomenon appears when power failure occurs. For the safety of utility interactive PV system must has the function of not only system protection but also detection of islanding. This paper describes parallel operating algorithm using reactive power variation method and twin peak band pass filter. This algorithm is verified useful by simulation.

에 쌍봉형 대역통과 필터를 삽입한 방식 등이 있다.[3][4] 이중 수동적인 방식은 전원이상시 전압에 나타나는 현상들 만 이용한 방식으로서 오동작의 가능성이 높다. 그리고 능동적인 방식으로서 순시적으로 인버터 출력 전류의 주파수를 변화 시켜 이때의 전압의 변동 상태를 감출하는 방식이 많이 적용되는데 이방식은 수파수분 수사로 변화 시키기 때문에 부조파(Subharmonics)가 발생하고 역률이 나빠진다. 그리고 쌍봉필터 방식은 부조파(Subharmonics)문제는 없으나 능동적인 방식에 비해 다소 검출시간이 늦다.

그러므로 본 논문에서는 능동적인 방법으로 무효전력 반동방식과 쌍봉형대역통과필터(Twin peak band pass filter: Tpbpf)방식의 병렬운전 알고리즘을 제안한다. 그리고 시뮬레이션을 통하여 알고리즘의 유용성을 입증한다.

1. 서 언

최근 화석에너지의 고갈과 더불어 대체에너지로서 그리고 환경 문제와 더불어 무공해 에너지로서 태양에너지에 대한 관심의 증가로 태양광발전시스템에 대한 연구는 각 국에서 많이 진행되고 있다. 이러한 태양광발전시스템은 전원과의 연계 유무에 따라 계통연계형시스템(Utility interactive system:UIS), 독립형시스템(Stand alone system)으로 크게 분류된다. 이중 계통연계형시스템은 전원과의 병렬운전을 통해서 전력 분담의 용도로서 이용된다. 최근 가정용 부하의 대형화로 인해 가정의 전력 소비가 매년 증가하고 있고 월별로는 냉방부하의 증가 등으로 기인되는 7,8월의 전력수요의 급상승 등으로 인해 소용량 계통연계시스템에 대한 연구의 필요성이 증대하고 있다. [1][2]

계통연계시스템의 개발에서 요구되는 사항들로서 발전 전력의 고품질화, 배전계통의 안정성확보를 들 수 있다. UIS는 발전 전력의 고품질화를 위해서는 전류제어형 DC-AC 인버터를 이용하여 인버터 출력 전류를 단위역율, 심한파우 제어 허미 배전 계통의 안정성 확보를 위해서 계통이 정지되었을 경우 시스템 보호기능 외에 이를 검지하여 시스템으로 배전계통으로의 역충전(Islanding)을 방지하는 대책을 필요로 한다. 이러한 역충전을 방지하는 방식은 일반적인 방식으로서 능동적인 방식, 수동적인 방식, 그리고 전류 제어기의 제어 계통

2. 계통연계형 태양광발전 시스템의 구성

계통연계형 태양광발전시스템은 태양전지, PWM 인버터, 전원측 차단 변압기 및 시스템 제어부로 구성된다. 시스템 제어부는 전류제어기능, 역충전현상감출 및 시스템 보호기능을 가진다.

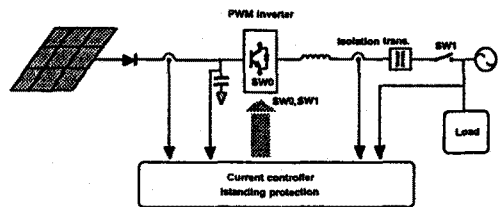


그림1 태양광 발전 시스템 전체 구성도
Fig.1 Overall configuration of uipv system

2.1 전류 제어기의 구성

계통연계시스템의 제어기는 최대 전력점 추적기(Maximum power point tracker) 그리고 전류 제어기로 구성되는데 본 논문에서는 최대 전력점 추적 제어기로서 일정 전압 제어기를 사용하였으며 전류 제어기로서 예측전류제어기를 사용하였다.

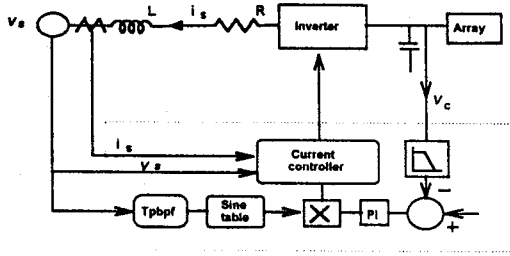


그림2 전류 제어기의 구성
Fig. 2 The structure of Current controller

3. 역충전 검출 알고리즘

3.1 무효전력 변동방식

무효전력변동방식은 인버터 출력 전류의 주파수를 미세하게 변동시켜 부하전압의 주파수 변화를 검출하는 방식이다. 그림3과 같이 전원이 정상일 경우에는 전류의 주파수가 변화하더라도 전원전압의 주파수가 일정하나 만약 전원이상이 발생하면 전류와 같은 주파수로 부하전압이 변동하게 된다. 이때 변동하는 주파수를 검출하여 역충전 현상을 검출할 수 있다.

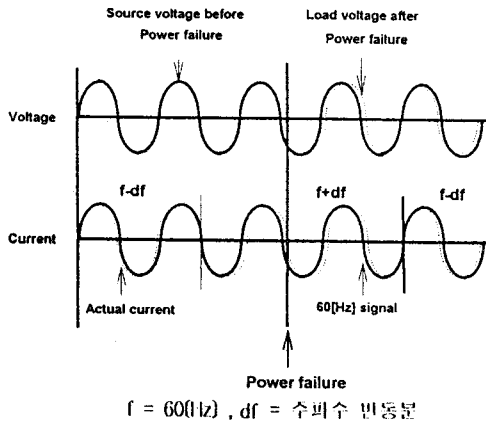


그림3 무효전력 변동방식의 원리
Fig. 3 The principle of reactive power variation method.

3.2 쌍봉형 내역통과필터(Twin peak band pass filter)를 이용한 방식

이 방식은 전원이 정상일 경우에는 전압에 대해 전류는 동상으로 제어가 되나 전원이상시 부하가 순저항 부하일지라도 변압기의 누설성분 등으로 인해 약간의 지상 특성을 보이며 전류가, 부하전압에 대해 뒤지게 된다. 그러나 전류 제어부는 전압 신호를 기준으로 하여 단위 역률제어를 시도함에 따라 전류의 주파수는 점점 감소하게 되고 전압 주파수도 이에 따라 상대적으로 감소한다. 그러므로 이 주파수를 검출함으로써 역충전 현상의 검출이 가능하다. 그림 4는 쌍봉형내역통과필터의 구성이다. 그림 5는 입력이 60[Hz] 신호일 경우의 쌍봉 대역필터의 각부 파형이다. 이때 각 필터의 첨예도(Quality factor)는 25이다. 60[Hz]신호에 대해 ①의 파형은 앞서 있으며 ②의 파형은 뒤져 있음을 알 수 있다. 그리고 출력파형 ③은 60[Hz]신호와 동위상임을 알 수 있다.

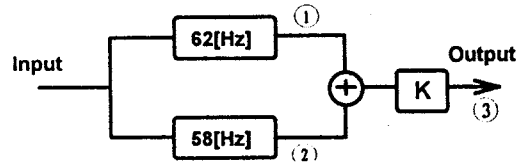


그림4 쌍봉형 내역통과 필터
Fig. 4 Twin peak band pass filter.

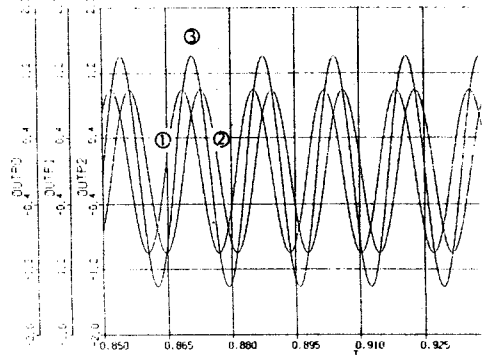


그림5 정상상태에서의 쌍봉필터 각 부 파형
Fig. 5 Waveforms of each parts of twin peak bandpass filter at steady state.

3.3 병렬운전 알고리즘

그림6은 무효전력 변동방식과 쌍봉형 내역통과필터 이용 방식의 병렬운전 흐름도이다. 그리고 정전 검출 방법은 다음과 같다.

- ① 그림 4의 쌍봉필터의 58[Hz]출력 ②와 62[Hz]출력 ①의 피크치의 차를 검출한다.
- ② 이 피크치의 차이는 정현파 발생부의 출력 주파수를 감상하고, 부호검출기(Sign detector) 및 절대값 검출부의 입력이 된다.
- ③ 부호검출기의 출력은 제어기의 출력과 곱하여 지는 정현파기 정현파 테이블(Sine table)의 출력과 쌍봉필터의 출력을 선택하는 기준이된다. 그리고 정현파 테이블의 출력은 전원전압의 역검출 신호를 바탕으로 전압 주파수보다 낮거나 높은 주파수의 정현파를 출력한다. 그리고 이 주파수의 높,낮이는 부호검출기의 출력에 따라 결정된다.
- ④ 만약 이 차이가 영(Zero)보다 크면 정현파 발생부는 주파수를 60[Hz]보다 df 만큼 크게 반대의 경우는 작게 출력한다. 그러나 실제 피크치의 차이는 정상상태에서 다소하게 변동하는 전원전압의 특성으로 인해 완벽하게 영(Zero)이 되지 않으므로 약간의 상,하 리미터를 두게 된다.부호 검출기는 상단 리미터보다 크게 되면 1을 하단 리미터 보다 작으면 -1을 검출한다.
- ⑤ 그리고 절대값검출부의 출력은 비교기(Comparator)에서 오차기준신호(Error reference)와 비교되며 이 차이가 기준치 보다 크면 비교기는 1을 서오면 0을 출력한다. 이 비교기의 출력이 1보다 크면 상,하한의 한계 주파수 보다 크거나 작은 경우로 정현파출력은 정지되고 인버터는 정지된다.

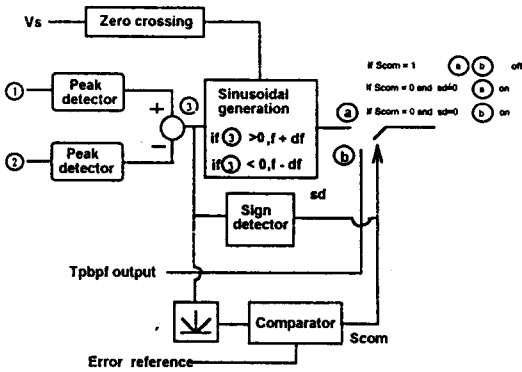


그림6 병렬운전 흐름도
Fig. 6 Parallel operation flow chart.

4. 시뮬레이션

제한된 알고리즘의 타당성을 검증하기 위하여 시뮬레이션을 하였으며 그 결과를 제시한다. 시뮬레이션 인어로는 ACSL을 이용하였으며 스위칭신호의 데드타임은 무시하였다. 그리고 전원정상시 전원전압은 600V를 가정하였다. 흐름도에서의 df 는 2Hz, Error Reference는 0.49로 설정하였다.

그림 7은 전원이 이상이 없는 정상상태에서의 연계전압 및 입력전류의 파형이다. 전압과 전류는 동상으로 재이되고 있음을 알 수 있다. 그러므로 기존의 무효전력방식에서 전류의 주파수를 변화시키므로서 전압과 전류간의 위상차기 생기는 단점을 보완할 수 있다.

그림8(a)(b)는 그림6에서 오차기준수가 동일 하고 0.3초에서 정전되었을 경우 쌍봉필터방식만 이용할 경우의 인버터 출력 전류, 전원전압 및 정지신호 파형과 제안된 방식에서의 파형이다. 이는 쌍봉필터방식에 비해 약 0.65초 정도 빠른응답을 보임을 알 수 있다.

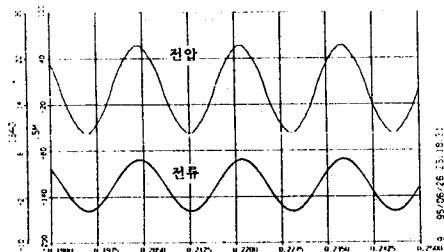


그림7 정상상태 전압/전류파형
Fig. 7 Waveform of Steady State Voltage/Current

5. 결론

본 논문에서는 계동연계시스템에서 이송전방지 알고리즘을 제안하고 그 결과를 제시하였다. 본 논문에서 제안된 방식은 기존의 무효전력방식에서 전류주파수기 변동하는 단점을 개선하였으며 쌍봉필터방식에 비해 빠른 감속 응답을 기점으로 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 그리고 향후 과제로는 실험을 통해서 실제 전압 주파수의 미소 변동에 따른 오동작을 막기 위해 피크치 에러의 상,하한치의 적절한 선정등의 문제를 들 수 있다.

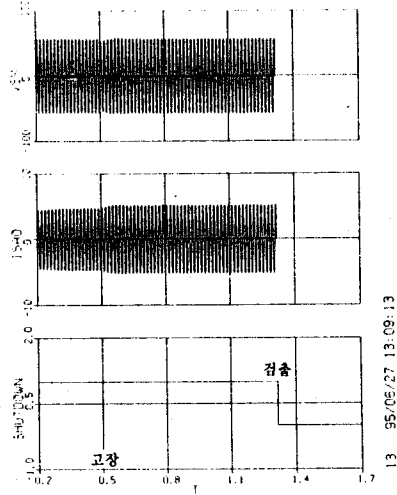


그림8(a) 쌍봉 대역통과필터 방법
Fig 8(a) Twin Peak Bandpass Filter Method

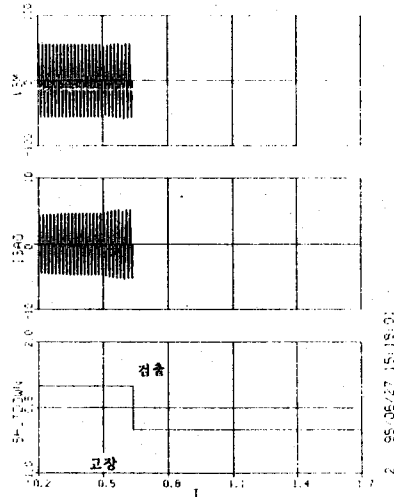


그림8(b) 제안된 병렬운전에 의한 방식
Fig 8(b) Proposed Parallel Operation Method

참고문헌

- [1] I. Harashima, " Microprocessor - Controlled SII Inverter for Solar Energy System", IEE: Trans. Ind. Elec., vol. no. 1, pp. 50-55, 1987.
- [2] K. Tanaka, " Residential Solar-Powered Air Conditioner.", IEE: 1993, pp. 127-132.
- [3] R. Hagihara, " Anti-Islanding Protection Using Twin-Peak Band-Pass Filter for PV Power Generating Systems Connected to the Utility Grid," IEE: Conference Meeting 1994., pp. 217-218.
- [4] I. Ichinose, " An equipment for Protecting a Photovoltaic Generation System Connected to a Grid," IIE: Japan, vol.114-3, no.7/8, pp.715-722, 1994.