

역조류 감소를 위한 부하제어 시스템 개발

김혜지, 이순정, 서훈철, 김철환
성균관대학교

Development of Control System of Load for Decreasing Reverse Power Flow

Hye-Ji Kim, Soon-Jeong Lee, Hun-Chul Seo, Chul-Hwan Kim
Sungkyunkwan University

Abstract - 태양광 에너지, 풍력 에너지 등의 분산전원은 수요지 근방에 설치되어 전력 손실이 적고, 신재생에너지로써 환경보존과 CO₂ 감소를 위하여 많이 사용되고 있다. 하지만 이러한 분산전원은 부하와 전원이 함께 연계되어 있어 전력품질 및 보호부분에서 문제를 일으킨다. 그 중 분산전원에 의한 역조류는 기존의 단방향 배전선로의 개폐기나 보호협조기에 문제를 발생시킬 수 있다. 본 논문에서는 분산전원으로 인한 역조류를 줄이기 위해 부하를 조절하는 시스템을 개발하였다.

I_C : 셀의 출력전류(A)
 I_{ph} : 태양광전류, 조사량 및 온도함수(5A)
 I_0 : 다이오드의 역포화 전류(0.0002A)
 R_S : 셀의 직렬 저항(0.001Ω)
 T_C : 셀의 동작 온도(20°C)
 V_C : 셀의 출력 전압(V)

1. 서 론

분산전원은 수요지 근방에 설치됨으로서 장거리 송전선을 거치지 않고 전력을 공급하기 때문에 송전손실 등이 감소하며, 소규모 전원이기 때문에 수요변동 등에 대해서 즉시 대응이 가능하다. 또한 에너지 절약과 환경보존이라는 사회의 요구에 따라 분산 전원의 필요성이 더욱 대두되고 있다.

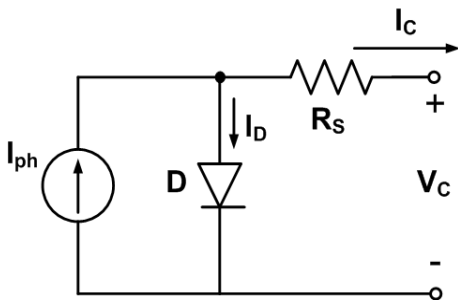
하지만 분산전원은 안정된 전원이 아니며 전력품질이나 안전성에 대한 영향이 문제가 된다. 전력품질 문제로서 보호협조, 고장전류 증가, 고조파 및 전압변동 문제, 상 불평형 문제 등 다양한 문제점이 발생하고 있다. 특히 역조류 발생 시 배전 계통의 전원 측인 배전용 변전소에서 부하 측인 수용가로 전력을 단방향으로 공급하는 일반적인 기존의 시스템과 달리 양방향으로 전력을 공급하게 된다. 이러한 양방향 전력공급은 배전 선로에 설치되어 있는 보호 협조기에 심각한 문제점을 발생시킬 있고 기존의 구간 개폐기는 주 전원 측의 전력만 감지하고 분산전원 측의 역 조류 감지 및 보호를 하지 못하기 때문에 오동작을 일으킬 수 있다.

본 논문에서는 부하제어를 통한 역조류 방지 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 계통 전류 및 PV 전류를 입력으로 받아 역조류를 판단하여 부하 투입을 결정한다. 제안된 시스템은 EMTF/MODELS를 이용하여 모델링하여 그 성능을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 태양광 Array[1]

태양광 Array는 태양광 cell의 직렬과 병렬 결합이다. 태양광 cell의 등가회로는 다음 그림 1과 같다.



<그림 1> 부하를 포함한 태양광 발전의 간단한 등가회로

그림 1에서 태양광 cell의 출력전압은 다음 식 (1)과 같다.

$$V_c = \frac{AkT_c}{e} \ln\left(\frac{I_{ph} + I_0 - I_c}{I_0}\right) - R_s I_c \quad (1)$$

e : electric charge($1.602 \times 10^{-19} C$)

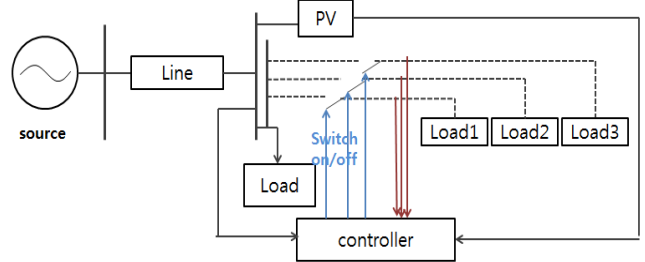
k : Boltzmann 상수($1.38 \times 10^{-23} J/K$)

2.2. 역조류 방지를 위한 부하제어 시스템

2.2.1 시스템 구성도

본 논문에서 제안한 부하제어 시스템은 역조류를 방지하기 위해 태양광 발전으로 생성된 전력이 한 모선에서 모두 사용될 수 있도록 하는 시스템이다. 발전량이 많은 때는 더 많은 부하를 연결하도록 한다. 이때 부하는 세탁기나 기기충전, 냉난방 시설, 배터리 등 전력사용이 시간에 구애 받지 않아 태양광 발전의 용량이 늘어나는 시간에 동작용 가능한 것으로 한다.

다음 그림 2는 시스템의 구성도이다



<그림 2> 시스템 구성도

시스템 내의 컨트롤러는 기존부하에 흐르는 전류(i_{system}), 태양광 발전이 출력하는 전류(i_{pv})를 입력 받아 실효치로 변환하여 기존 부하와 태양광 발전에서 출력하는 전류를 비교한다. 이때 태양광 발전이 출력하는 전류가 부하측으로 흐르는 전류보다 많아 역조류를 생성하게 되면 잉여 부하를 투입하여 역조류를 방지하도록 한다.

2.2.2 시스템 알고리즘

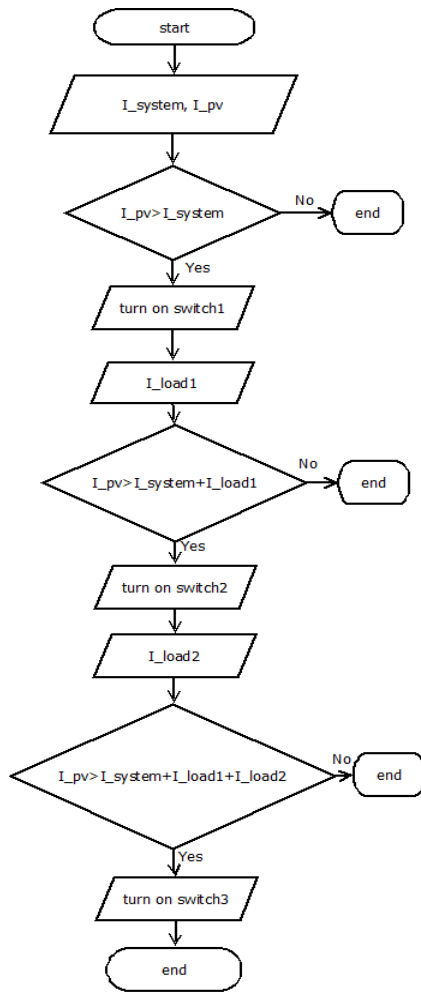
그림 3은 컨트롤러의 알고리즘이다. 이 알고리즘에서 사용하는 전류는 모두 실효치이다. I_{system} 은 기존 부하에 흐르는 전류이고 I_{pv} 는 태양광에서 생성된 전류이다. 이 두 값을 비교하여 태양광에서 생성된 전류가 기존 부하에 흐르는 전류량 보다 크다면 switch1의 동작으로 Load1이 투입되어 소모 전력량을 증가시킨다. Load1의 투입 후 Load1에 흐르는 전류량과 기존 부하에 흐르는 전류량($I_{load1} + I_{system}$)이 태양광에서 만드는 전류량과 비교하여 Load2의 투입여부를 결정한다. 이런 알고리즘으로 태양광 발전의 전류 생산량이 기존 부하와 추가되는 부하들에 흐르는 전류량보다 크면 부하를 계속 늘려준다. 본 논문에서는 3차까지만 부하를 추가하여 시뮬레이션 하였다.

2.3 시뮬레이션

EMTP를 이용하여 시뮬레이션 하였으며, 태양광 발전기의 출력과 역조류 발생을 보일 수 있는 발전소의 출력으로 결과를 보인다.

2.3.1 계통 모델

본 논문에서 다루는 배전계통은 한전의 실 배전계통으로 참고문헌 [2]에 나타나있다. 계통은 EMTF를 이용하여 모델링하였고 역률은 0.9로 설정하였다.



〈그림 3〉 시스템 알고리즘

2.3.2 시뮬레이션 조건

본 논문에서 시뮬레이션 한 조건은 다음 표 1과 같다. 태양광 발전이 연계된 모션에서의 부하량은 40kW이다. 추가 부하량은 각각 15kW이다.

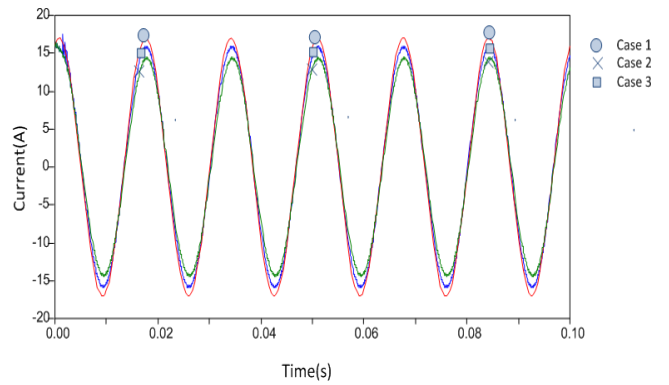
〈표 1〉 시뮬레이션 조건

Case	조건	태양광 발전 용량
Case 1	태양광 발전 비연계	
Case 2	태양광 발전 연계-부하제어 시스템 무	120kW
Case 3	태양광 발전 연계-부하제어 시스템 유	120kW
Case 4	태양광 발전 연계-부하제어 시스템 무	30kW
Case 5	태양광 발전 연계-부하제어 시스템 유	30kW

2.3.3 시뮬레이션 결과

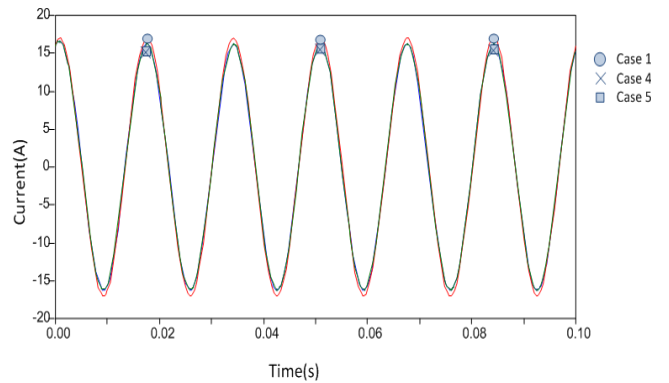
제안하는 시스템의 성능을 검증하기 위하여 전원단의 전류를 확인하였다. 태양광 발전이 없는 경우, 전원단의 출력 전류가 가장 클 것이고, 태양광 발전이 존재한다면 태양광 발전에서 출력되는 전력량으로 인하여 전원단의 출력 전류는 다소 감소할 것이다. 만약 태양광 발전의 용량이 커서 역조류가 발생하게 된다면 전원단의 출력 전류는 보다 더 감소할 것이다.

다음 그림 4는 case 1, case 2, case 3에 대하여 전원단의 출력전류를 비교한 것이다. case 1의 태양광 발전이 존재하지 않는 경우 전원단의 출력전류가 가장 크며, case 2의 경우가 전원단의 출력 전류가 가장 작다. case 2는 역조류가 발생한 경우로서 case 1보다 더 작은 전류 값을 나타낼 수 있다. case 3의 경우는 두 가지 경우의 중간 값을 나타낸다. 이것은 부하제어 시스템의 동작으로 태양광 발전이 담당하는 부하의 양이 더욱 커졌기 때문에 전원단의 출력 전류가 작아지게 된 것으로 그 만큼 역조류가 감소한 것으로 알 수 있다.



〈그림 4〉 case 1,2,3에 대한 전원단 출력 전류의 비교

다음 그림 5는 case 1, case 4, case 5에 대하여 전원단의 출력전류를 비교한 것이다. 태양광 발전이 존재하지 않는 case 1의 경우가 전원단의 출력전류가 가장 크다. 이 경우는 역조류가 발생하지 않는 경우로서 case 4와 case 5의 출력전류는 동일하며, 부하제어 시스템은 동작하지 않은 것을 확인할 수 있다.



〈그림 5〉 case 1,4,5에 대한 전원단 출력 전류의 비교

3. 결 론

본 논문에서는 태양광 발전 연계 계통에서 부하제어를 통한 역조류 방지 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 태양광 발전의 출력전류와 계통의 출력전류를 통하여, 역조류의 발생 유·무에 따라 부하투입을 결정하는 시스템이다. EMT/Models를 이용하여 제안하는 시스템을 모델링한 후, 한전의 실 배전계통에 연계하여 성능을 검증하였다. 그 결과, 부하의 크기 및 태양광 발전의 크기에 따라 부하제어 시스템이 동작하여 역조류의 방지가 가능함을 확인할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

(No. 20103060130010)

[참 고 문 헌]

- [1] 서훈철, 김철환, 윤영민, "태양광 연계 계통의 저전압 보호 기준 정립", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 14-17, 2009, 7
- [2] 서훈철, 윤영민, 김선룡, "Matlab/simulink를 이용한 계통 연계형 태양광 발전 모델링", 2008년도 대한전기학회 추계학술대회