한국신·재생에너지학회 2008년도 춘계학술대회논문집 pp.408~411

태양광 발전용 직류 지락 검출장치

* **장 수진[1], 이 정민[2], 김 왕문[3], 구 태홍[4], 서 인영[5]

DC Ground Fault Detection System for Photovoltaic Generation

* **Sujin Jang[1], Jeongmin Lee[2], Wangmoon Kim[3], Taehong Goo[4], Inyoung Suh[5]

Key words : ground fault(지락), photovoltaic(태양광), divide resistance(분배저항), detection circuit (검출회로)

Abstract : In this paper, a new DC ground fault detection system is proposed, which is suitable for photovoltaic power generation systems. The proposed ground fault systems is superposition of divide resistance and detection circuit. The proposed system has the characteristics of a simplified structure, reduced cost and volume compared with those of the conventional ground fault system for DC source. The operation principle of the proposed systems is described and verified by simulation result.

1. 서 론

최근 화석연료의 고갈에 따라 신재생에너지 분야에 대한 관심이 커지고 있으며 신재생에너지 분야에서도 태양광 발전 분야에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 태양광 발전은 발전 중에 공해물질 및 소음이 없고 용량증설이 자유롭다는 장점을 가진다.

태양광 발전에 대한 연구가 활발히 진행됨에 따라 태양광 발전을 위한 전력변환회로(PCS: Power Conditioning System) 수요가 증대되고 있으며 다양한 회로와 제어기법이 개발되고 있다.

태양광 발전을 위한 PCS는 태양광 셀 또는 어레이에서 출력되는 직류 입력을 일반 상용계통에 사용하기 위해 교류 변환이 필요하다.[1] 태양광 발전용 전력변환기를 구성함에 있어 보호회로 구성은 고가의 시스템을 보호하기 위해 필수적으로 구성하여야 한다.

전력변환기를 보호하기 위한 장치는 다양하게 구성되어 있지만 태양광 발전 출력과 같이 직류 입력이 플로팅된 시스템의 경우 지락사고 발생 시 과도한 전류가 흐르게 되므로 이에 대한 보호회로 구성이 필수적이다.[2]

태양광 발전에 적용하기 위한 직류 지락 검출장치는 중/대용량 발전시스템의 경우 해외 선진 제품이 출시되고 있다. 하지만 소용량 태양광 발전용 전력변환기에는 고가의 직류 지락 검출장치를 적용할 수 없기 때문에 별도의 회로를 구성하여 지락사고를 검출하여야 한다.[3]

소프트웨어 또는 하드웨어로 구성된 직류 지락 검출장치가 개발되고 있으며 본 논문에서 제시한 직류 지락 검출장치 기법도 하드웨어 또는 소프트웨어에 적용할 수 있다.

본 논문에서는 태양광 발전 전력변환기에 적용할 수 있는 직류 지락 검출장치를 제안하였으며 태양광 출력의 정(+), 부(-) 지락 발생 시에도 하나

1) (주)효성 중공업연구소
E-mail : sjsm@hyosung.com
Tel : (031)596-1685 Fax : (031)596-1698
2) (주)효성 중공업연구소
E-mail : neomin@hyosung.com
Tel : (031)596-1743 Fax : (031)596-1698
3) (주)효성 중공업연구소
E-mail : wangmoon@hyosung.com
Tel : (031)596-1684 Fax : (031)596-1698
4) (주)효성 중공업연구소
E-mail : gootaeji@hyosung.com
Tel : (031)596-1683 Fax : (031)596-1698
5) (주)효성 중공업연구소
E-mail : iysuh@hyosung.com
Tel : (031)596-1740 Fax : (031)596-1698

의 전류 검출기로 지락 발생여부를 판단하여 시스템을 보호할 수 있다. 또한 소용량 뿐만 아니라 중/대용량에서도 제안한 지락 검출장치를 적용할 수 있다.

2. 태양광 발전용 직류 지락 검출장치

본 논문에서 제안한 태양광 발전용 직류 지락 검출장치는 그림 1과 같이 태양광 모듈과 전력변환기로 구성되어 있는 태양광 발전시스템에서 태양광 출력측에 분배저항을 구성한다.[4)]

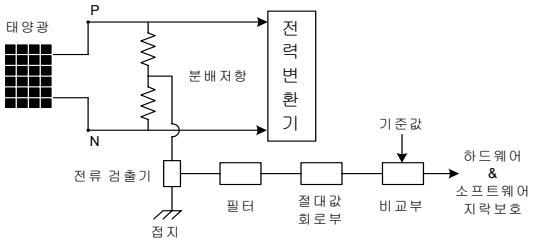

Fig. 1 DC ground fault detection for photovoltaic

2.1 직류 지락 검출장치의 동작 상태

제안된 검출장치의 기본 동작 사항은 다음과 같다. 그림 2와 3은 직류 지락 검출장치가 적용되어진 태양광 발전시스템의 정(+), 부(-) 측 지락 발생 시 전류흐름과 동작 상태를 나타낸다.

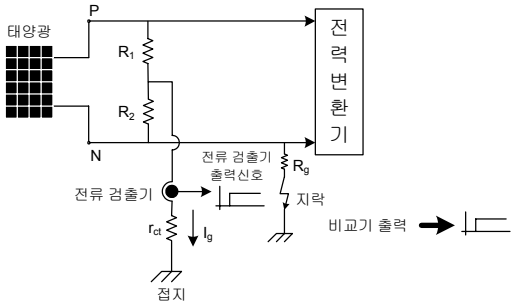

Fig. 2 (a) Negative(-) ground fault

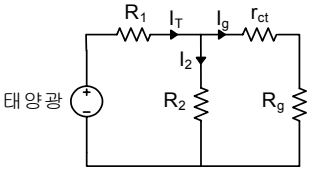

Fig. 2 (b) Equivalent circuit of negative(-) ground fault

본 논문은 그림 1과 같이 태양광 모듈과 전력변환장치로 구성되어 정상적으로 운전하는 경우 태양광의 직류전력을 전력변환기를 통하여 승압과 교류전력으로 변환 후 계통 또는 부하에 전력을 공급하게 된다.

태양광 발전시스템이 정상운전하고 지락사고가 발생하지 않을 경우 태양광 발전시스템 직류 입력측에 구성된 분배저항과 접지 사이에 설치한 전류 검출기에는 지락전류가 흐르지 않는다.

태양광 출력 직류선로의 정(+), 부(-)측에 지락이 발생하게 되면 지락저항 Rg와 분배저항(R_1, R_2), 전류검출기의 내부저항인 r_{ct}를 통해 지락전류가 흐르게 되고 설치되어진 전류검출기를 통해 지락전류에 해당하는 검출기 출력 신호가 발생하게 된다.

또한 출력신호에 포함된 잡음신호를 제거하기 위한 저역필터가 설치되고, 직류선로의 정(+)측 또는 부(-)측 지락 사고 시 전류의 방향이 바뀌게 되므로 전류검출기의 출력신호를 항시 양의 값에서 비교하기 위한 절대값 회로부가 포함된다.

절대값 회로부의 출력신호와 기 설정해둔 지락전류 기준값을 비교하기 위한 비교기가 구성되고 비교기 출력을 통해 지락발생 유무를 확인할 수 있다.

비교기 출력은 하드웨어 보호장치 또는 소프트웨어로 입력되어 태양광 발전장치를 보호하게 된다.

태양광 출력의 부(-)측 지락사고 시 그림 2 (b)와 같이 등가회로를 구성할 수 있다. 이때 흐르는 지락전류는 다음과 같이 구할 수 있다. I_T는 분배저항과 지락저항을 통해 흐르는 전류를 나타내고, 식 (2)는 태양광 출력전압을 나타낸다.

$$I_T = I_2 + I_g \qquad [A] \qquad (1)$$

$$V_{solar} = I_T R_1 + I_2 R_2 \qquad [V] \qquad (2)$$

$$I_g = \frac{V_{solar}}{R_{1,2} + 2 \times (R_g + r_{CT})} \qquad [A] \qquad (3)$$

식 (3)은 분배저항과 지락저항을 통해 흐르는 지락전류를 나타낸다. 태양광 출력 전압과 분배저항, 지락전류를 검출하기 위한 CT 내부저항이 일정하다면 회로를 통해 흐르는 지락전류는 지락저항값에 따라 그 크기가 결정된다.

따라서 비교기의 지락전류 기준값보다 큰 지락전류가 흐르게 되면 지락사고로 판별하여 시스템을 보호하게 된다.

그림 3과 같이 정(+)측에 지락사고가 발생하게

되면 지락 전류 검출기의 출력은 반대가 되고 동일한 크기의 전류가 흐르므로 식 (1)~(3)과 같은 방법으로 해석할 수 있다.

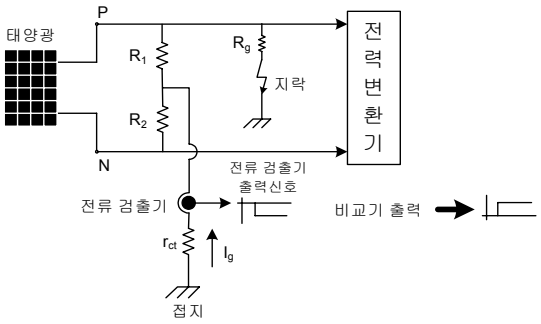

Fig. 3 (a) Positive(+) ground fault

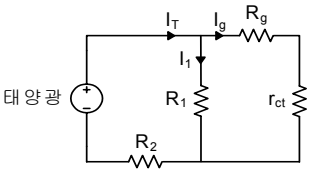

Fig. 3 (b) Equivalent circuit of positive(+) ground fault

3. 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안한 직류 지락 검출장치의 동작특성을 확인하기 위해 그림 4와 같이 시뮬레이션을 구성하였으며 시뮬레이션 결과를 통해 태양광 발전시스템에 적용 가능함을 확인할 수 있었다.

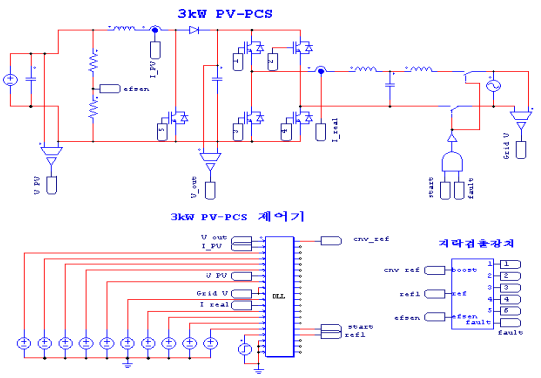

Fig. 4 Simulation circuit of proposed system

그림 5는 지락사고가 발생하지 않은 정상상태에서의 계통전압, 인버터 출력전류, DC link 전압을 나타낸다. 태양광 발전용 전력변환기가 정상적으로 동작하고 있음을 파형을 통해 확인할 수 있다.

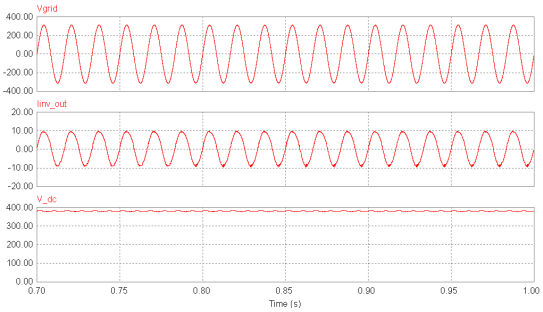

Fig. 5 Simulation waveforms of photovoltaic PCS(top:grid voltage, middle:inverter output current, bottom: DC link voltage)

그림 6은 태양광 출력인 직류 부(-)측에서 지락사고 발생 시 회로를 나타낸다. 그림 7은 지락사고 발생 시 계통전압, 인버터 출력전류, 인버터 출력전압 파형을 나타낸다.

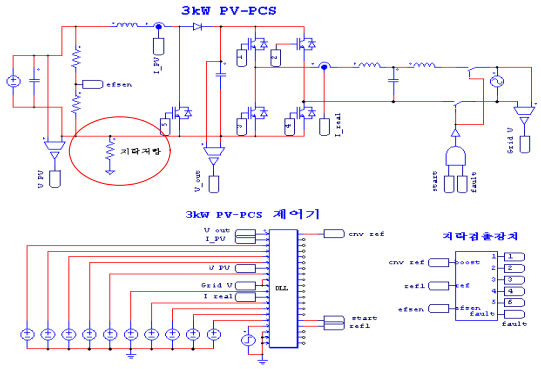

Fig. 6 Ground fault of negative(-) line

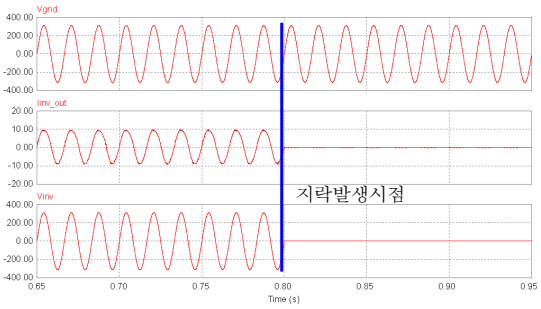

Fig. 7 Negative line ground fault(top:grid voltage, middle:inverter output current, bottom: inverter output voltage)

그림 8은 태양광 출력의 부(-)측에서 지락사고시 검출회로의 각 부 파형을 나타낸다. 그림 6의 지락 검출 장치에서 지락전류가 검출되고, 지락전류는 필터와 절대값 회로를 걸쳐 지락 기준전류와 비교 된다. 비교된 검출신호에 의해 태양광 발전 시스템을 보호하게 된다.

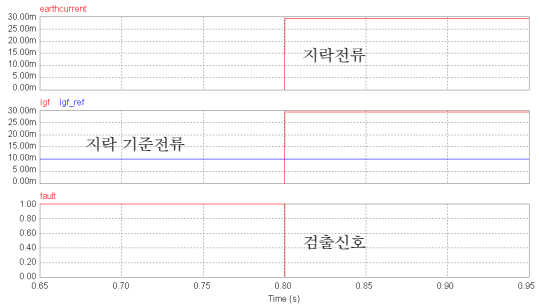

Fig. 8 Negative line ground fault(top:ground fault current, middle:ground fault reference current, bottom: detection signal)

그림 9는 태양광 출력인 직류 정(+)측에서 지락사고 발생 시 회로를 나타낸다. 그림 10은 지락사고 발생 시 계통전압, 인버터 출력전류, 인버터 출력전압 파형을 나타낸다.

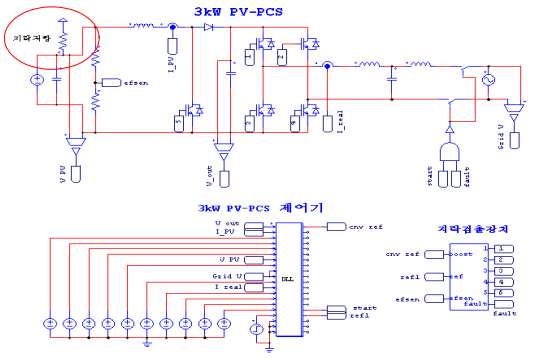

Fig. 9 Ground fault of positive(+) line

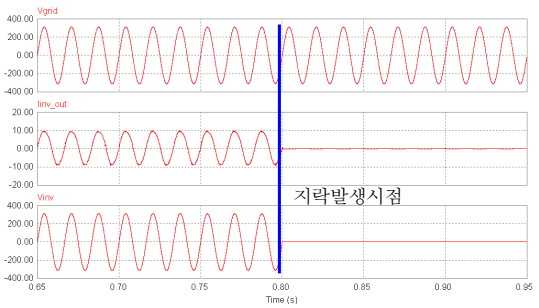

Fig. 10 Positive line ground fault(top:grid voltage, middle:inverter output current, bottom: inverter output voltage)

그림 7과 동일하게 지락사고 발생시 발전시스템을 안전하게 정지시키고 있음을 확인할 수 있다.

그림 11은 태양광 출력의 정(+)측에서 지락사고 시 검출회로의 각 부 파형을 나타낸다. 분배저항에 의해 지락전류는 부(-)측 사고시와 비교하여 반대방향으로 흐르지만 검출회로에 의해 항상 양의 신호에서 비교하게 된다.

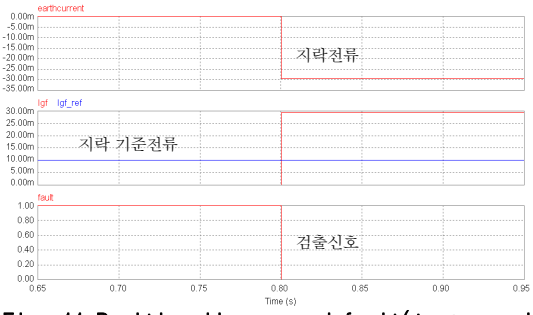

Fig. 11 Positive line ground fault(top:ground fault current, middle:ground fault reference current, bottom: detection signal)

4. 결 론

본 논문에서는 태양광 발전시스템에 적용할 수 있는 직류 지락 검출장치를 제안하였다. 제안된 검출장치의 출력은 전력변환장치의 소프트웨어 또는 하드웨어 보호장치에 입력된다. 태양광 출력의 정(+) 또는 부(-) 측에 지락사고가 발생하더라도 제안된 검출장치에 의해 태양광 발전시스템을 안전하게 보호할 수 있다.

제안된 시스템의 동작사항을 시뮬레이션을 통해 검증하였으며 실제 태양광 발전용 전력변환장치에 적용할 수 있다.

References

[1] 이박일, 문상진, 윤종호, 김홍근, 유권종, 윤태영, 김신섭, 배상준, 이준신, 2005, "주택보급형 태양전지 양산기술 및 계통연계형 3kW 태양광 시스템 상용화 기술개발," 한국신재생에너지학회 학술대회지, pp. 151-164, 2005.

[2] 임덕규, 2004, "발전소 직류전압 전선로 지락사고검출시스템 개발에 관한 연구," 삼척대학교 석사학위논문, 2004.

[3] 캐논, 2002, "태양광발전시스템의 지락검출을 위한 장치 및 방법," JP-P-2001-00027341, 2002.

[4] BAE Systems Controls, Inc., 2004, "DC Ground Fault Detection with Resistive Centering," United States Patent, 2004.