태양광발전의 수배전반용 보호기기의 최적 알고리즘 개발

손준호*, 노대석*
*한국기술교육대학교
e-mail : dsrho@kut.ac.kr

Optimal Algorithm for Multi-Functional Protection Devices in Distribution Systems with PV Systems

Joonho Son*, Dae-Seok Rho*
*Korea University of Technology and Education

요 약

본 논문에서는 태양광이 연계된 배전계통에 있어서 발생 가능한 보호협조의 문제점을 해결하기 위하여 통합 보호기기의 최적 알고리즘을 제시한다. 현재의 배전계통 보호 방식은 단 방향 조류방식으로 구성되어 있으나, 태양광전원의 수용가 설비의 연계에 의하여 역방향의 전력조류가 발생될 수 있으며, 또한 사고 시에는 태양광전원의 사고전류 공급으로 양방향으로 사고전류가 흐를 수 있다. 따라서 본 논문에서는 양방향의 사고전류에 대한 새로운 수용가 보호 알고리즘을 탑재한 보호기기의 양방향 알고리즘을 제시한다.

1. 서론

국내에서는 한국전력공사를 중심으로 태양광 발전시스템의 계통연계 전력변환 제어기술 개발, 성능평가, 실증시험을 통한 계통연계 보호협조 및 운영기술을 확립하여 분산전원으로서 태양광 발전시스템이 계통 도입에 대비한 제반 기술 개발에 주력하고 있으며, 향후 분산형 전원으로서 다수의 태양광 발전시스템이 계통도입에 따른 현황 분석과 운영기법 확립 및 전력변환 효율 향상 등에 대한 기술개발을 할 예정이다. 따라서 기존 배전계통의 보호 장치 시장을 기초로 하여 국내 배전계통에 적합한 신 에너지 전원(분산전원) 연계용 배전계통의 통합형 보호기기의 개발이 필수적이다. 통합형 보호기기는 분산전원 단독운전 시 한전과 분산전원의 양방향 전원 충돌을 방지할 수 있는 지능형 자동재폐로 Lockout 기능을 가져야 하고, 양방향 정보를 인식하고 처리할 수 있는 전류, 전압 변환장치 (CT)가 필요하다. 또한, 양방향 보호기기를 활용할 수 있는 보호협조 알고리즘과 정정치 계산 알고리즘이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 태양광발전을 소유하고 있는 수용가의 통합형 보호기기의 사고위치별 보호협조 알고리즘을 제시하고, 보호기기 실증시험설비를 이용하여, 시뮬레이션과 시험을 통하여 보호기기의 알고리즘의 유용성을 검증한다.

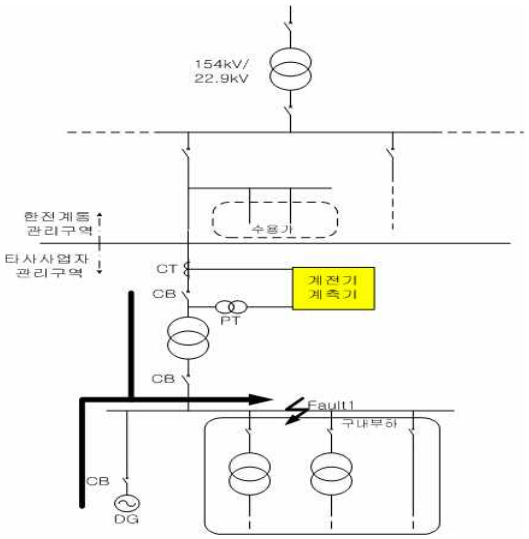
2. 수배전반 보호기기의 최적 알고리즘

2.1 보호기기의 양방향 알고리즘

분산전원의 연계보호란 분산전원과 상용 계통의 연계지점에서 상용전원 측에서 발생한 고장으로부터 분산전원을 보호하며, 반대로 분산전원의 비정상적인 동작에 대하여 상용 계통을 보호하는 것을 의미한다. 이런 양방향의 보호를 위하여 기존의 개별 알고리즘으로는 충분한 보호가 불가능하다. 또한 분산전원의 단독운전 발생 시 이를 즉시 검출하여 상용계통에서 분리하여야 한다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 분산전원이 연계된 위치와 사고위치별 보호기기의 보호협조 알고리즘을 제시하였다.

(1) 태양광전원 측 내부사고

그림 1은 수용가와 구내부하를 동시에 전력을 공급하는 분산전원 계통에서 내부 사고를 모의하여 나타내고 있다. 표 1은 그림 1의 계통사고에서 발생할 수 있는 예측 가능한 사고와 관련하여 동작 할 수 있는 계전요소를 도표화한 것이다.



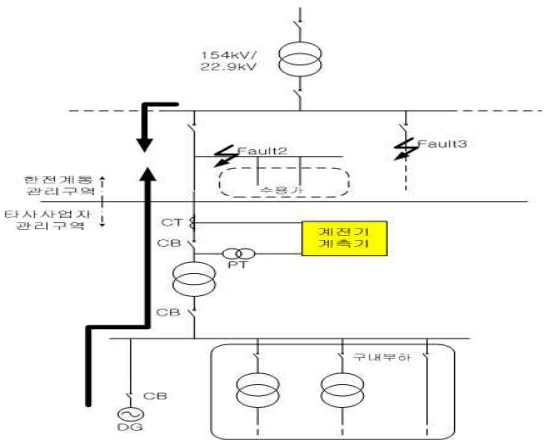
[그림 1] 태양광전원 측 내부사고 개념도

[표 1] 분산전원 내부사고시 동작 계전요소

	단락사고	지락사고	태양광전원 측 사고
동작 계전 요소	● OCR ● DOCR ● OPR ● UVR ● NSOCR	● OVGR ● OCGR ● DSR ● UVR	● OVR ● UVR ● OFR ● UFR

(2) 전력계통 측 사고

그림 2와 표 2는 수용가와 구내부하를 동시에 전력을 공급하는 분산전원 계통에서 한전과 연계된 계통 사고와 연계 계통 이외의 사고를 모의하여 나타내고 있다.



[그림 2] 연계된 전력계통 사고 개념도

[표 2] 분산전원 내부사고시 동작 계전요소

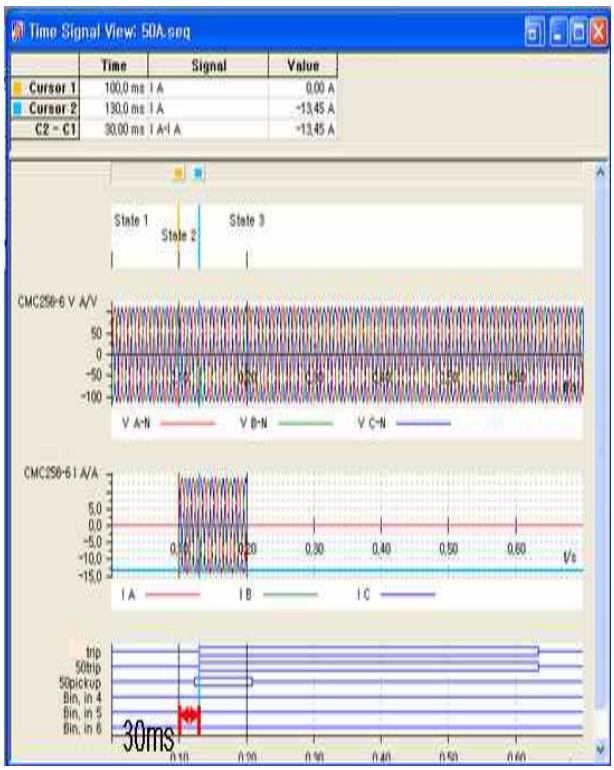
	단락 사고	지락 사고	연계 계통 이외 사고
동작 계전요소	● OCR ● DOCR ● UVR	● OVGR ● OCGR ● SGR ● DSR	● 부동작

3. 보호기기의 양방향 알고리즘 분석

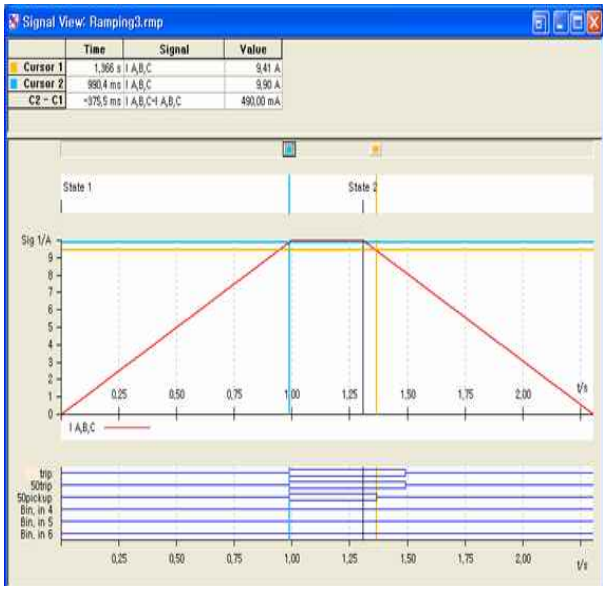
연계 보호 장치에 알고리즘을 코딩하여 test bed를 구성하여 각각의 알고리즘을 테스트 하였다. 3상 전력 발생장치에 모델링한 데이터를 입력하여 계통에서 발생하는 현상과 유사하게 모의하여 prototype의 알고리즘을 테스트하여 모의된 각종 사고에 대하여 알고리즘이 예측된 시간에 정확하게 동작하는 것을 확인하였다.

(1) 순시 과전류 동작시간 평가

동작치는 10[A]이고, 40[ms] 이내 동작이 요망(한전 기술기준)되는 데, 입력전류 10[A]에 대하여 동작시간이 30[ms]임을 확인할 수 있었다. 그림 3과 그림 4는 과전류 순시 평가를 나타낸 것이다.



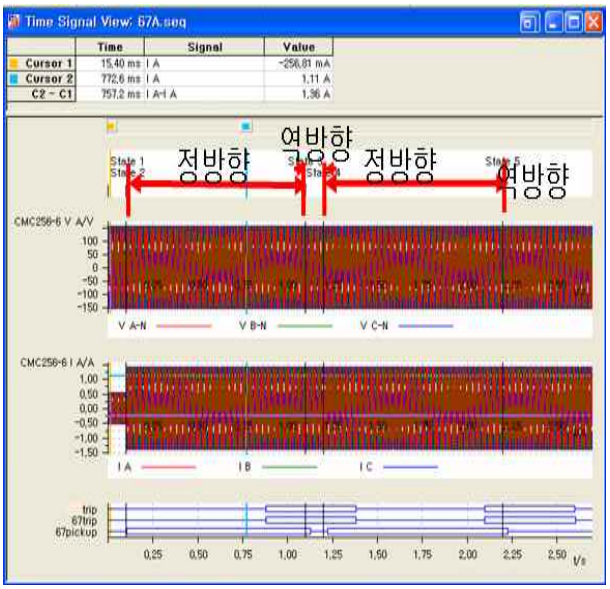
[그림 3] 과전류 순시요소에 대한 시험 결과



[그림 4] 과전류 순시 동작치/복귀치 요소에 대한 시험 결과

(2) 방향성 동작시간 평가

그림 5는 역방향일 경우 동작하지 않은 시험 결과를 나타낸 것이다.



[그림 5] 방향성 과전류 시험 결과

(3) 통합 계전요소 검증 결과 분석

분산전원 연계용 보호기기의 알고리즘을 통하여 하기의 계전요소를 구현하였으며, 구현된 계전요소에 대한 검증 테스트를 진행한 항목 및 결과는 표 2와 같다. 이 표에서 알 수 있듯이 보호기기의 알고리즘이 한전의 기술요건을 충족함을 확인할 수 있었다.

[표 2] 계전요소 동작 테스트 항목 및 결과

계전요소	검증 항목		평가 요소	결과
순시과전류 순시지락과전류	동작시간 테스트		50[ms]이내 동작	PASS
	동작치/복귀치 테스트		동작치 : 정정치의 ±5% 복귀치 : 정정치의 95% 이상에서 확실하게 복귀	PASS
한시과전류 한시지락과전류	동작시간 테스트	정정치 2배 전류인가	공칭동작 시간의 ±5%	PASS
		정정치 7배 전류인가	공칭동작 시간의 ±5%	PASS
		정정치 20배 전류인가	공칭동작 시간의 ±5%	PASS
	동작치/복귀치 테스트		동작치 : 정정치의 ±5% 복귀치 : 정정치의 95% 이상에서 확실하게 복귀	PASS
방향성 한시과전류 방향성 한시지락과전류	동작시간 테스트		공칭동작 시간의 ±5%	PASS
	동작치/복귀치 테스트		동작치 : 정정치의 ±5% 복귀치 : 정정치의 95% 이상에서 확실하게 복귀 복귀위상각 : 동작범위의 ±5°	PASS
과전압 지락과전압 계전요소	동작시간 테스트		공칭동작 시간의 ±5%	PASS
	동작치/복귀치 테스트		한시과전류와 동일	PASS
저전압 계전요소	동작시간 테스트		공칭동작 시간의 ±5%	PASS
	동작치/복귀치 테스트		정정치의 105%에서 확실히 복귀	PASS
과, 저주파수 계전요소	동작시간 테스트		공칭동작 시간의 ±5%	PASS
	동작치/복귀치 테스트		자체평가 (업체 사양)	PASS
과, 저, 역전력 및 동기검출 계전요소	동작시간 테스트		공칭동작 시간의 ±5%	PASS
	동작치/복귀치 테스트		자체평가 (업체 사양)	PASS
전류 불평형 및 단독운전 방지	동작시간 테스트		공칭동작 시간의 ±5%	PASS
	동작치/복귀치 테스트		자체평가 (업체 사양)	PASS

4. 결론

본 연구에서는 태양광전원이 연계된 배전계통의 통합형 보호기기의 알고리즘을 개발하여, 실증시험을 수행하였다. 본 연구에서 제안한 양방향 보호 알고리즘을 실제로 시험할 수 있는 프로토타입(prototype)을 제작하여, 신 에너지전원과 상용전원의 연계를 하나의 계전기에서 더욱 정확하게 사고로부터 보호할 수 있는 것을 확인하였다.

참고문헌

[1] 노 대석 외 3인, “신에너지전원이 연계된 배전계통의 양방향 보호협조 문제점 분석”, 대한전기학회, 하계 학술발표논문집, 2009. 7.