

양방향 보호기기의 개발 현황

■ 윤 기 갑 / 한전 전력연구원
 ■ 강 대 훈 / (주)비츠로테크

1. 개 요

기존의 대규모 집중형 전원과는 달리 소비지 근방에 분산 설치하는 분산전원을 기존 배전계통에 연결할 경우, 역 조류가 발생하며, 이로 인하여 배전계통의 보호협조가 곤란한 상황이 발생될 수 있다. 기존 배전계통시스템은 수지상 단일방향으로 연결되어 있으나 분산전원이 도입되면 양방향으로 전력의 유통이 이루어지기 때문에 보호협조에 한계가 있다. 따라서 분산전원 배전계통 연계에 따른 양방향 보호기기(리클로저)를 개발할 필요가 있다. 양방향 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. 본 논문에서는 국내의 양방향 보호기기의 개발현황을 소개하고자 한다.

2. 국외의 양방향 보호기기 개발 현황

국내의 경우 분산전원의 도입을 시작하는 초창기로

표 1 국외의 양방향 보호기기 사양 분석

계 전 기 능	MODEL	MITSUBISHI	BASLER	BECKWITH
	Nationality	CPP1 Japan	BE1-IPS100 USA	M-3410A USA
Over Current Relay			✓	✓
Over Current Ground Relay			✓	✓
Over Voltage Relay		✓	✓	✓
Over Voltage Ground Relay		✓	✓	✓
Under Voltage Relay		✓	✓	✓
Selective Ground Relay			✓	✓
Directional Ground Relay			✓	
Directional Over Current Relay			✓	
Negative Sequence Over Current Relay			✓	✓
Negative Sequence Over Voltage Relay				✓
Over Frequency Relay		✓	✓	✓
Under Frequency Relay		✓	✓	✓
Reverse Power Relay		✓	✓	✓
Over Power Relay			✓	✓
Under Power Relay		✓	✓	✓
Operating Lock		✓		
df/dt		✓	✓	
dv/df			✓	✓
Breaker Failure			✓	
Sync check			✓	✓
Auto-Reclosing				✓

써 최근에 이르러야 풍력 발전을 위주로 분산전원 연계 보호 계전기의 연구가 활발하게 시작되었다. 현 시점을 기준으로 국내의 경우 분산전원 연계용 전용 디지털 보호 계전기 연구에 투자하여 생산을 준비 중에 있으며, 기존의 보호 방식은 단일 계전요소를 가진 계전기들을 조합하여 연계지점에 설치하여 계통을 보호하고 있는 실정이다. 국외의 경우 분산전원의 보급률이 국내와 비교하여 상당한 수준에 이르러 있고 이와 비례하여 계통 연계에 대한 연구와 실제 상품화 되어 적용되고 있는 디지털 보호 계전기 보호 기기도 많이 보급되어 있다. 이러한 연계용 보호 계전기는 다양한 연계 조건과 분산전원의 종류에 따라서 서로 각기 다른 알고리즘들을 내장하고 있다. <표 1>에서는 외국에서 제작되고 있는 분산전원 연계용 보호 계전기의 기능을 비교하여 도표화하였다.

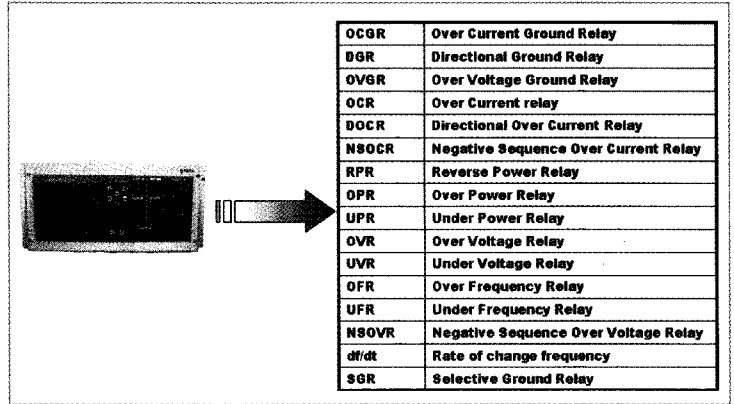


그림 1 알고리즘 구성도

3. 국내의 양방향 보호기기의 개발현황

현재 전력IT과제의 배전지능화시스템 과제에서 한전전력연구원은 (주)비츠로테크와 공동으로 양방향보호기기를 개발하고 있다. 다음은 양방향 보호기기의 개발상황을 나타낸 것이다.

가. 양방향 보호협조 알고리즘 개발

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 단독 운전 발생시 이를 즉시 검출하여 상용계통에서 분리하여야 한다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 분산전원이 연계된 계통을 모델링하여 필요한 데이터를 추출하여, 그림 1과 같은 알고리즘을 개발하였다.

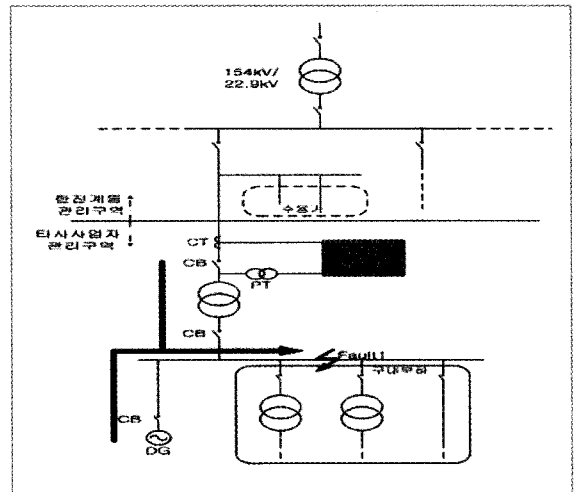


그림 2 분산전원 측 내부사고

표 2 분산전원 내부사고 동작 계전요소

	단원 사고	지점 사고	분산전원측 사고
동작 계전요소	• OCR	• OVGR	• OVR
	• DOCR	• OCGR	• UVR
	• OPR	• DSR	• OFR
	• UVR	• UVR	• UFR
	• NSOCR		

분산전원 연계 계전의 알고리즘을 수립하기 위하여 분산전원이 계통과 연계하여 운전 중 발생할 수 있는 모든 사고를 모의하여 각각의 사고에 대하여 동작 가능한 계전요소를 조사하여 보았다. 계통 모의에 사용

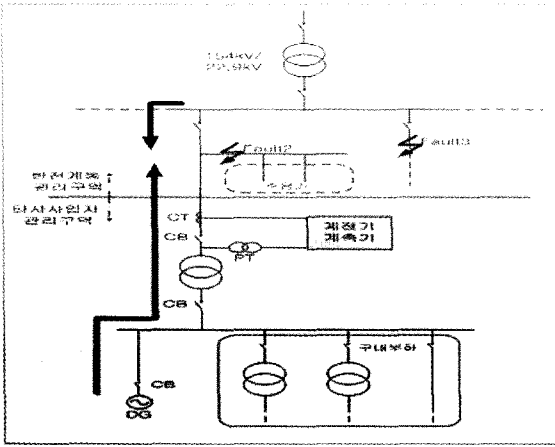


그림 3 연계된 한전 계통 사고

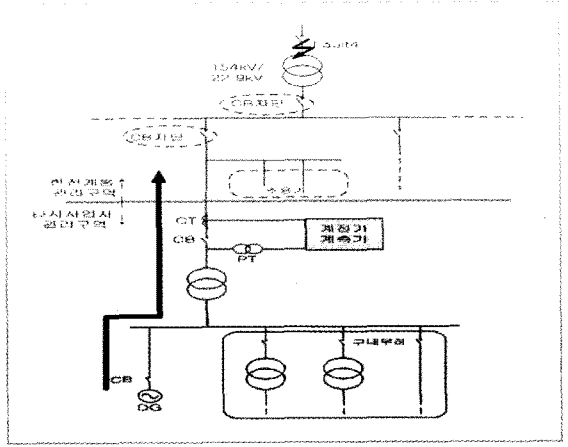


그림 4 분산전원 단독운전

표 3 분산전원 내부사고 동작 계전요소

	단락 사고	지락 사고	연계 계통 이외 사고
동작 계전요소	<ul style="list-style-type: none"> OCR DOCR UVR 	<ul style="list-style-type: none"> OVGR OCGR SGR DSR 	<ul style="list-style-type: none"> 부동작

표 4 분산전원 내부사고 동작 계전요소

단독 운전 사고	동작 계전요소	이외 요소
<ul style="list-style-type: none"> 한전 계통 전원 상실 출력과 부하용량의 불명형으로 인한 전압 주파수의 변동 	<ul style="list-style-type: none"> OVR UVR OFR UFR RPR 	<ul style="list-style-type: none"> df/dt

표 4 사고에 따른 동작 계전 요소 비교

	분산전원 내부사고		연계된 한전계통 사고		연계 계통 이외의 사고	비고
	단락	지락	분산전원	단락 지락		
OCGR		✓		✓		
DSR	✓			✓		
OVGR	✓			✓		
OCR	✓			✓		
DOCR	✓				✓	
NSOCR	✓					
RPR	✓				✓	
OPR	✓					
OVR			✓		✓	
UVR	✓	✓	✓	✓	✓	
OFR			✓		✓	
UFR			✓		✓	
df/dt					✓	
SGR	✓			✓		

된 모의 계통은 분산전원의 용량이 구내부하의 부하보다 적을 경우 상용 계통에서 추가 전력을 공급받아 운

전하는 계통이며 분산전원의 용량이 구내부하의 부하보다 클 경우 구내부하에 공급하고 남은 전력을 수용가에 공급하는 계통이다.

(1) 분산전원 측 내부사고

그림 2는 수용가와 구내부하를 동시에 전력을 공급하는 분산전원 계통에서 내부사고를 모의하여 나타내고 있다.

표 2는 그림 2의 계통사고에서 발생할 수 있는 예측 가능한 사고와 관련하여 동작할 수 있는 계전요소를 도표화한 것이다.

(2) 연계된 한전 계통사고

그림 3과 표 3은 수용가와 구내부하를 동시에 전력을 공급하는 분산전원 계통에서 한전과 연계된 계통 사고와 연계 계통 이외의 사고를 모의하여 나타내고 있다.

(3) 분산전원 단독운전

그림 4와 표 4는 수용가와 구내부하를 동시에 전력을 공급하는 분산전원계통에서 분산전원이 단독으로 운전하는 사고를 모의하여 나타내고 있다.

(4) 사고별 계전 동작 요소

분산전원이 설치된 계통을 모의하여 계통에서 발생 가능한 여러 가지 사고에 대해 표 5는 각각의 사고와 사고에 따른 동작 계전요소를 비교하였다

나. Prototype 구성

분산전원 연계 양방향 보호기기를 개발하기 위하여, 실제로 Prototype을 제작하여 알고리즘 동작 상황을 테스트하였다. Main 보드의 경우 각 주기마다 32샘플을 추출하기 위하여, 신호처리 전용인 DSP 칩(TMS32C6713)을 사용하여 연산 처리 능력을 향상시켰다. 또한, 신호의 정밀도를 위하여 16bit Analog to Digital convertor를 사용하여 연산 결과의 정확도를 향상시켰다.

(1) 외부 구성

Prototype의 외부 구성과 내부 구성은 제품의 수행능력과 환경시험을 고려하여 구성하였다. 그림 5는 외부 구성과 특징을 나타내고 있다.

(2) 내부 보드 구성

그림 6은 내부 보드 구성과 특징을 나타내고 있다.

다. Prototype을 이용한 분산전원 연계 보호 알고리즘 검증

연계 보호 장치에 알고리즘을 코딩하여 test bed를 구성하여 각각의 알고리즘을 테스트 하였다. 3상 전력

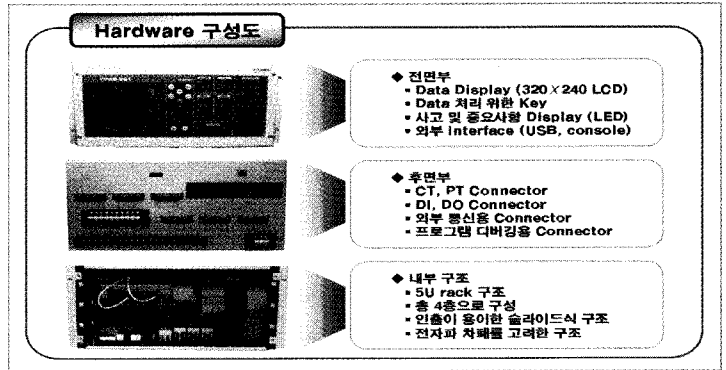


그림 5 양방향 보호기기의 외부 구성 및 특징

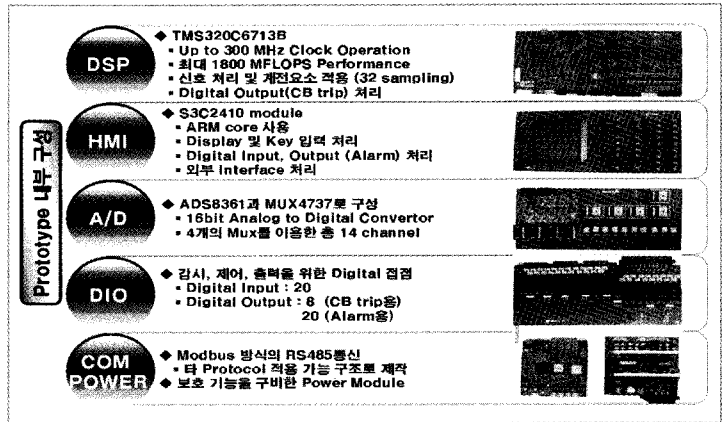


그림 6 Prototype 내부 보드 구성 및 특징

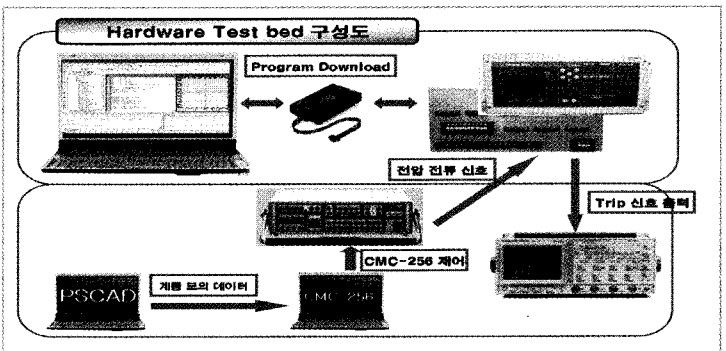


그림 7 분산전원 연계 계통 보호 장치 알고리즘 검증 test bed

발생장치에 모델링한 데이터를 입력하여 계통에서 발생하는 현상과 유사하게 모의하여 prototype의 알고리즘을 테스트하여 모의된 각종 사고에 대하여 알고리즘이 예측된 시간에 정확하게 동작하는 것을 확인하였다.

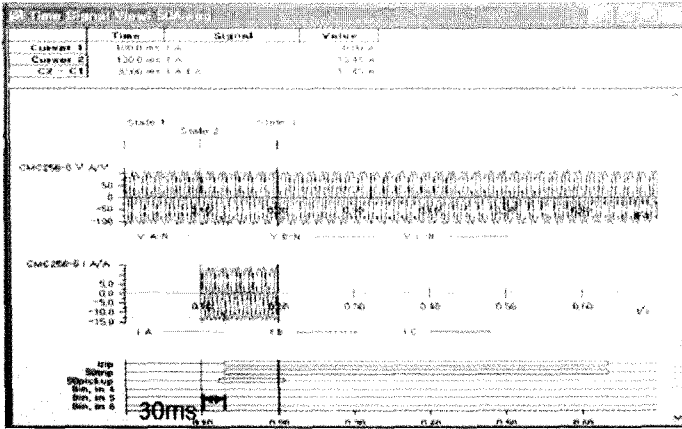


그림 8 과전류 순시 Test 결과

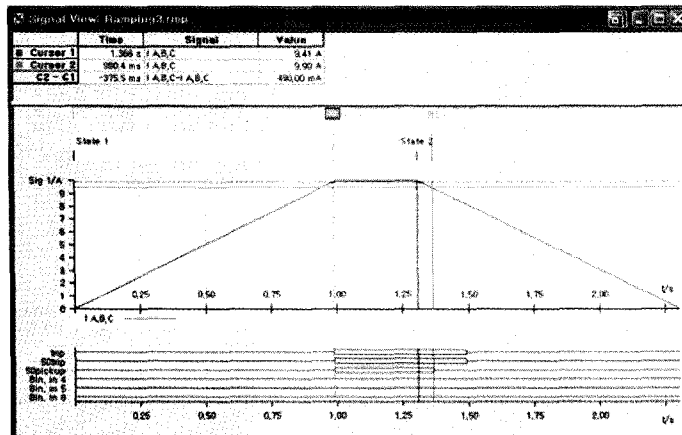


그림 9 과전류 순시 동작치/복귀치 test 결과

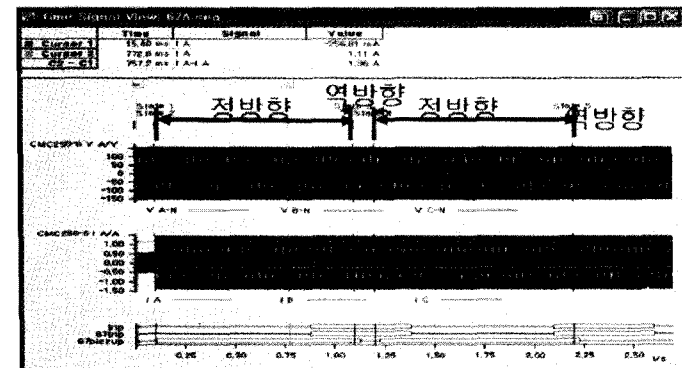


그림 10 방향성 과전류 test 결과

(1) Test bed 구성

분산전원 연계 계전 알고리즘을 검증하기 위하여, 실제 Prototype을 이용하여 알고리즘의 현실성을 증명하였다. Test bed 구성도는 그림 7과 같다.

(2) 알고리즘 검증 결과

(가) 순시 과전류 동작시간 평가

동작치는 10[A]이고, 40[ms] 이내 동작이 요망(한전구매시방서)되는 데, 입력전류 10[A]에 대하여 동작시간이 30[ms]임을 확인할 수 있었다. 그림 8과 그림 9는 과전류 순시 평가를 나타낸 것이다.

(나) 방향성 동작시간 평가

그림 10은 역방향일 경우 동작하지 않은 것을 나타낸 것이다.

4. 결 론

전력IT과제의 배전지능화시스템 개발 과제에서 한전전력연구원은 (주)비즈로 테크와 공동으로 양방향 보호기기를 개발하여, 실증시험을 수행하고 있다. 양방향 보호 알고리즘을 실제로 시험할 수 있는 prototype을 개발하여, 분산전원과 상용전원의 연계를 하나의 계전기에서 더욱 정확하게 사고로부터 보호할 수 있는 것을 확인하였고, 현재는 고장의 실증시험장에 설치하여 실제통의 적용 시험을 계획 중이다. 가까운 장래에, 국내의 자체 기술로 개발된 양방향 보호기기(리클로저)를 이용하여, 분산전원이 연계된 배전계통의 양방향 보호협조 문제를 해결할 수 있으리라 기대된다.