

**분산전원 계통 연계시 안정운전을 위한 알고리즘**

김영민, 김종만, 신백식\*  
전남도립대학, 전북대학교\*

**Algorithm for stable operation of D/L under connected to distributed generation systems**

Yeong-Min Kim, Jong-Man Kim, Baek-Sik Shin\*  
Jeonnam Provincial College, Chonbuk National University\*

**Abstract** - 분산전원의 배전계통과 연계 시 역 조류, 전압변동, 고조파, 보호협조, 고장전류증가 등의 문제를 일으킬 수 있으므로 배전선로의 안정운전을 위해서는 배전선로의 원활한 보호협조를 통한 적절한 안정운전 방안이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 분산형 전원이 연계된 배전계통에서의 리플로저와 변전소 릴레이와의 보호협조 측면에서 악영향을 끼치지 않는 분산형 전원의 연결을 OFFDAS 프로그램에 의하여 검토하여 더 효과적이고 용이한 방법으로 안정운전할 수 있는 연계방안을 제시하고자 한다.

**1. 서 론**

분산전원에 의한 생산전력은 한국전력의 송배전선로와 연계하여 운전되어야 하는 기술적인 특징을 갖고 있다. 따라서 계통의 보호협조에 대한 연구는 계통 연계시 배전계통의 안정성이나 신뢰도 향상 측면에서 매우 중요하다.

분산전원의 배전계통과 연계 시 역 조류로 인한 전압변동, 고조파, 보호협조, 고장전류 증가 등의 문제를 발생하므로 이러한 문제점은 첨단 산업의 발달과 함께 보편화된 컴퓨터 및 산업용 정밀기기와 같이 신뢰성 및 품질 면에서 양질의 전력을 요구하는 수요가 축 설비에 악영향을 미칠 우려가 있을 뿐 아니라 배전계통의 운전, 보호 및 제어에 있어서도 복잡성을 증가시킨다. 특히 보호협조에 있어서는 문제 발생 시 그 파급효과가 분산전원 자체뿐만 아니라 배전계통의 다른 인근 수용가들에까지 큰 악영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 적절한 보호협조 연구가 필요하다.

한국전력에서 발표한 5차 증강기 전력수급계획의 기본방향 가운데 환경친화적 전력사업 추진을 위해 국내의 환경규제 강화 및 기후변화협약에 능동적 대처방안과 풍력, 태양광 등 대체전원 및 분산형 전원의 개발, 보급의 확대방안이 포함되어 있다.

국내의 환경규제 강화 및 기후변화 협약에 능동적으로 대처하기 위한 한국전력공사 대체에너지 이용 계획은 표 1, 표 2와 같다.

**<표 1> 한국전력공사 대체에너지 이용 계획**

구분	제4차 계획(1998년)		제5차 계획(2000년)	
	풍력 및 태양광 등	2002년	5,000kW	2003년 ~2005년
2003년 ~2005년		5,000kW	2006년 ~2010년	20,000kW
2006년 ~2010년		20,000kW	2011년 ~2012년	10,000kW
CCT		2005년	300,000kW	2007년
	2012년	300,000kW	2013년	300,000kW
			2014년	300,000kW
오리멸진	타당성 검토를 거쳐 차기계획에 반영		2007년	500,000kW
			2008년	500,000kW

**<표 2> 한국전력공사 분산형 전원개발 전망 (단위:천kW)**

구분	1998년	2000년	2005년	2010년	2015년
분산형	4,580	4,620	6,450	7,920	9,110

따라서 본 연구에서는 분산전원의 계통 연계 시 안정운전을

위한 알고리즘을 개발하고 인근의 부안변전소 변산 선을 기준으로 22.9[kV] 배전계통에 2기의 분산전원을 연계했을 경우를 대상으로 검토하였다. OFFDAS프로그램에 의하여 변전소 릴레이와 배전선로와의 최적의 보호협조조건과 리플로저 등과의 상호보호협조 여건검토와 분산전원의 계통 투입 접속점의 전압 산출 등 여러 조건을 산출해보고 그에 따른 보완점을 도출하여 배전선로의 안정운전 방안을 제시 하고자 한다.

**2. 계통 안정운전을 위한 알고리즘**

**2.1 안정운전 조건 분석**

**2.1.1 OFFDAS 프로그램에 의한 조류계산**

이 해석은 고장 전류뿐만 아니라 각 계전기가 감지하는 고장전류를 확인하기 위해 필요하다. 조류계산과 단락사고의 해석은 분산전원이나, 부하, 시스템 구성 등의 변동이 있을 경우에는 그 방법을 달리해야 한다. 단락 사고해석은 사고 중 빈도가 가장 많은 1선지락사고 및 3상 단락사고를 가정하여 수행하였다.

**2.1.2 고장검출**

본 연구에서는 배전 자동화에 의하여 실시간 전류 모니터링을 통해 고장을 검출하는 방법을 적용하였다. 이러한 방법을 적용하기 위해서는 전력 조류 계산을 통해 전체부하 전류를 미리 알고 있어야 한다. 정상상태 동작 조건에서 전류 페이지의 합은 시스템의 전체부하 전류와 같으나 고장 시 전체부하 전류를 초과하게 되므로 이를 실시간으로 분석하여 고장상태를 검출 하게 된다.

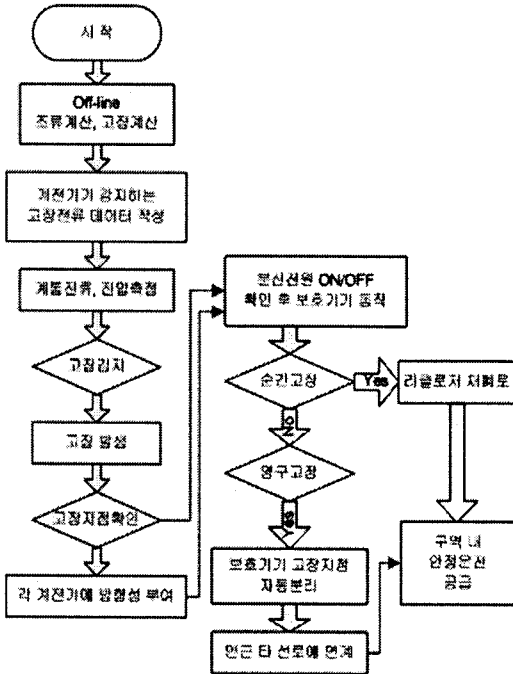
**2.1.3 보호협조(리플로저, 섹서널라이저)**

고장지함으로 인하여 고장 지점이 원래 고장 발생 모선이 아닌 인접 모선인 것으로 잘못 판별 될 수가 있어 이를 방지하기 위하여 각 계전기에 방향성을 부여하여 고장지점을 확인하도록 한다. 그리고 고장 발생 시 모든 분산전원은 각 계전기가 고장을 감지하여 동작하기 전에 분리가 되어야 하며 분산전원이 분리된 후 보호기기가 동작해야 한다. 보호기기 동작은 변전소에 위치한 계전기들과 선로 자동 재폐로 차단기의 정지처에 의하여 재폐로 하게 된다. 순간고장 시에는 전력계통 측과 분산전원 측 상호간 동기화 검사를 마친 후 분산전원은 계통과 연계되어 정상운전하게 된다. 단 이 경우는 단독운전 허용 시에만 가능하며 연구 고장 시에는 보호기기가 들이 상호간 협조하여 고장 구간을 제거하게 된다.

**2.2 계통안정 운전 알고리즘 설계**

먼저 오프라인(off line)에서 전력조류계산과 모의 고장계산을 실행하여 전체부하전류와 각 계전기가 감지하는 고장전류 데이터를 작성하고, 이를 이용하여 각 모선과 모선사이에서 고장을 모의하여 고장지점확인 테이블을 작성하여 온라인(online)에서 고장지점을 확인하게 된다. 고장전류로 인해 고장지점이 인접 모선으로 잘못 판별 될 경우에 대비하여 각 계전기에 방향성을 부여 하여 이를 대비한다. 고장지점이 확인 될 경우 각 보호기기가 동작하기 전에 분산전원 온오프(on/off)를 실시간 모니터링을 통해 확인한 후 보호기기가 동작하게 된다. 보호기기의 동작으로 순간고장과 영구고장을 판별하여 고장을 확인하여 필요시에는 인근선로와 연계하여 공급구역의 정전 구간을 최소화하여 제한하여 공급하고 영구 고장 구간은 별도조치 하여 고장구간을 제

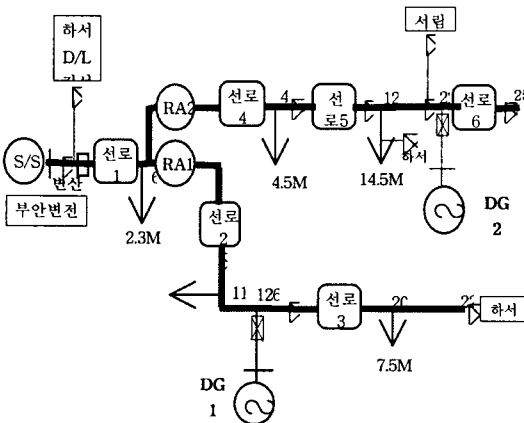
거한 후 정전구간에 재송전하고 타 선로와 연계했던 구간은 복구시킨 후 제거하게 된다. 그림 1은 본 연구에서 제안된 보호시스템 알고리즘의 흐름도를 보여주고 있다.



〈그림 1〉 보호협조시스템 알고리즘의 흐름도

### 2.3 사고유형별 최적의 보호협조 조건 연구

부안 변산의 22.9kV 배전 계통도 및 부하 연결 개요도는 그림 2와 같이 전체 연결된 부하설비 용량은 32.1MVA 이며 변산간선 60호에 리플로저 RA1이 60R5에 RA2가 설치되어 있다. 분산전원 DG1은 126호에 접속되어 있고 다른 분산전원 DG2는 60R224에 접속 시킨다.



〈그림 2〉 변산D/L배전 계통 모델도

### 3. 분산전원 계통연계시 보호협조

#### 3.1 DG1, DG2가 동시에 연계시 보호협조 검토

분산전원 시스템 DG1과 DG2가 동시에 계통에 연계되어 정상

출력으로 운전하게 될 때 아래 그림 2에서와 같이 DG1은 선로2 일부와 선로3 이후의 부하에 공급하게 되고 전위 보호장치인 RA1에 흐르는 전류는 54A-50A=4A 만이 흐르고 변산선 60호에서 분기된 선로상의 분산전원 시스템 DG2가 변산선 60R224호주에 연결되어 정상출력으로 운전하게 될 때 RA2에 흐르는 전류는 104-25A=79A 만이 흐르고 변산선 60R5호이후의 선로 4, 선로5, 선로6의 부하에 전력을 공급한다.

변전소 인출점의 전류치는 172-25-50=98A의 전류가 흐르고 이때 OFFDAS에 의하여 정정된 계전기OCR의 한시 탭은 당초 5에서 2.5로 한시레버는 1에서 0.5 변경 되고 변전소 pickup 전류는 2.5×80=200A로 0.6에서0.8 다소 지연되도록 정정돼야 하는 것을 제시 하였다

표 3은 변산선에서의 당초 릴레이 정정치를 나타낸 것이며 표 4는 변산선과 DG1, DG2가 연계시 릴레이의 재설정치를 나타낸 것이다.

〈표 3〉 변산선에서의 당초 릴레이(RY) 정정 값

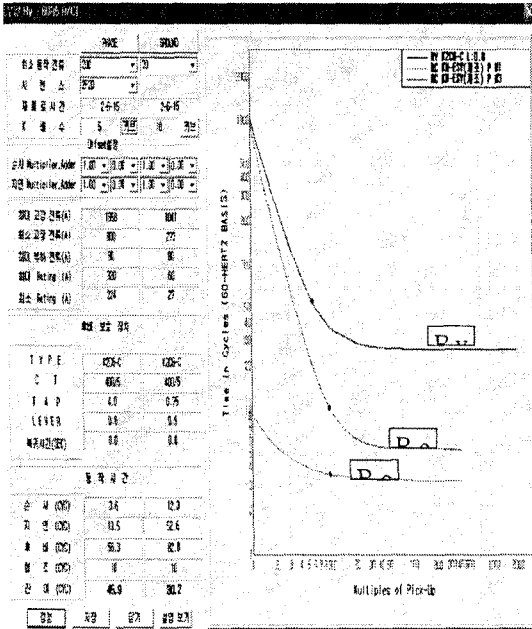
	OCR		OCR	
	<동특값>	<계산값>	<동특값>	<계산값>
한시 TAP	5	5.00	1	1.00
한시 Lever	0.6	0.6	0.6	0.6
순시 TAP	40	40	20	20
적용선택	<input checked="" type="radio"/> 동특값	<input type="radio"/> 계산값	<input checked="" type="radio"/> 동특값	<input type="radio"/> 계산값
정정시간(CVC)	23.02	커브	20.03	커브
최대 고장 전류(A)	6130		4595	
최소 고장 전류(A)	794		275	
최대 부하 전류(A)	173		173	
Pick Up 배수	15		57	
T Y P E	K208-C		K208-C	
C T	400/5		400/5	
TAP 선정 계수	1.5		0.3	
최소 정정 가능 TAP	3.3		0.65	
최대 정정 가능 TAP	6.6		2.3	

〈표 4〉 변산선에서 DG1, DG2가 연계시 릴레이(RY) 재설정 값

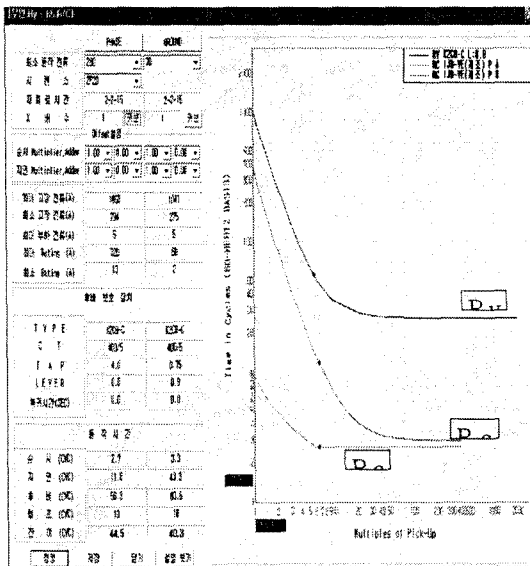
	OCR		OCR	
	<동특값>	<계산값>	<동특값>	<계산값>
한시 TAP	4	2.50	0.75	0.50
한시 Lever	0.8	0.8	0.9	0.9
순시 TAP	40	40	20	20
적용선택	<input checked="" type="radio"/> 동특값	<input type="radio"/> 계산값	<input checked="" type="radio"/> 동특값	<input type="radio"/> 계산값
정정시간(CVC)	27	커브	29.79	커브
최대 고장 전류(A)	6130		4595	
최소 고장 전류(A)	794		275	
최대 부하 전류(A)	98		98	
Pick Up 배수	31		115	
T Y P E	K208-C		K208-C	
C T	400/5		400/5	
TAP 선정 계수	1.5		0.3	
최소 정정 가능 TAP	1.8		0.37	
최대 정정 가능 TAP	6.6		2.3	

이때의 T/C커브를 검토하여 보면 그림 3, 그림 4와 같고 순시

및 지역폭선상 보호협조가 가능하다는 알 수 있다. OCGR의 한시법은 1에서 0.5로 한시레버는 0.6에서 0.9로 정정되어 지락사고 대하여 고장전류 적은 전류에도 동작 되도록 범위를 높이고 있다



〈그림 3〉 RA2와 변상선 RY의 T/C 커브



〈그림 4〉 RA1과 변상선 RY의 T/C 커브

### 3.2 DG1, DG2가 동시에 연계시 최적 안정운전 방안

분산전원 시스템 DG1과 DG2가 동시에 계통과 연계되어 정상적인 전력공급을 수행할 때, 두 간선 분기간 전력 수수는 거의 없는 상태이며 인출전류의 감소로 OFFDAS 프로그램에 의한 한시법과 한시레버를 변경하여 선로보호에 유리한 T/C 커브를 갖도록 해야 한다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 분산전원이 연계 되었을 경우 공급구역내의 안정운전을 위하여 배전선로 보호협조에 가장 중요한 리클로저의 기능과 동작 그리고 선로안정운전에서 역할과 문제점에 대해 살펴보았다. 이 결과 분산전원시스템은 자연 상태의 에너지를 이용함으로써 자연에너지의 변화에 따라서 발전전력이 수시로 또는 간헐적으로 변화하기 때문에 적절한 배전선로의 보호협조를 위하여는 그 값에 맞는 값을 배전선 릴레이나 리클로저의 파라미터를 인위적으로 수정 하기는 어려우므로 OFFDAS 프로그램 또는 타 프로그램을 개발하여서 자동으로 적절한 정정값으로 조치 할 수 있도록 자동화가 필요하다. 또한, 특고압 배전선로 운전기준에 의하여 선로의 전압강하율은 2% 이내로 해야 하므로 변상선과 연계 시 DG1은 21,521V~21,951V, DG2는 21,350V~21,750V 범위 내에서 출력해야 한다.

본 연구는 정상 출력상태의 발전시스템과의 연계를 전제로 하여 연구하였으므로 실제적인 자연 상태에서 수시로 변화하는 출력에 대하여 또는 간헐적으로 발전할 때에 대해서는 별도의 연구가 필요하다.

## 〈참고 문헌〉

- [1] 강경보, "이중전버터에 의한 가변속 풍력발전시스템의 운전특성에 관한 연구" pp 5-15, June 2005
- [2] 보호협조 실무교재(1,2,3권), 한국전력공사, 2006
- [3] "OFFDAS 프로그램 해설", 한국전력공사, 2007
- [4] 산업자원부 "대체에너지원별 기술자료", 에너지관리공단, 2004
- [5] T.Ueno, "Formation of Harmonic waves and it's calculation in electric Power System", JIEE 49-B41, pp 9-16 July 1974
- [6] R.Wagner, M.Schroeder, T.Stephanblome, E.Handschin, "A multifunctional energy-storage system with high-power lead-acid batteries", Journal of Power Sources V.78, N.1-2 pp.156-163, March 1999
- [7] Kocher and Steigerwald, "An ac-to-dc converter with high quality input waveforms", IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. IA-19, No. 3, pp.379-387, 1983.