

분산형전원의 계통연계 기술에 관한 연구

노 대 석*, 김 호 용, 김 용 상

한국전기연구소

A Study on the Interconnection technology to Power System of the Dispersed Storage and Generation System (DSG)

D.S. Rho, H.Y. Kim, E.S. Kim

KERI

ABSTRACT

Compared to other sources of electricity such as Thermal and Nuclear power plant, dispersed storage and generation system (DSG) is environmentally clean, quiet and efficient, thus this source is expected to be introduced in urban area by the utilities and customers. If a great number of DSG will be applied to electric power system in the near future (around 2000, in Korea), these will give a great influence on the existing power system. In other words, the interconnection to electric power system of these source may bring many problems such as system operation, protection coordination, and service quality related with voltages ($110 \pm 6V$, $220 \pm 13V$), harmonics (5%) and power factor (90% over). So, this analysis of the interconnection to power system of DSG is required.

1. 서론

대부분의 분산형 전원(태양광, 연료전지, 풍력, 2차전지 저장)은 에너지 공급 능력상 운전 한계성이 있으며, 또한 에너지의 효율적 활용이라는 측면에서 전력계통과 연계하여 운전될 필요성이 있다. 특히, 기존전원인 화력발전 및 원자력 발전에 비해 환경성 및 입지성 등이 뛰어나기 때문에 상업화에 성공할 경우, 도심지등의 부하 밀집지역에 전력회사나 일반 투자가 등에 의해서 도입, 운용될 가능성이 높다.

이러한 분산형전원이 전력계통에 불특정하게 다수 도입될 경우, 기존의 단방향 조류로 운용되고 있는 계통(특히 배전계통)에 여러가지 영향을 주며, 전력회사의 입장에서 당장

관심사가 되는 전력품질(전압 / 주파수변동, 고조파, 역률), 안전 및 보안(공중 및 작업자), 보호협조(설비보전), 연계 계통 구성 및 운용(공급신뢰도, 안정성) 상의 문제점들이 야기될 수 있다.

본 논문의 목적은 분산형전원(여기서는 주로 연료전지 발전시스템과 전력저장 전지시스템)의 전력계통 연계시의 기술적인 검토사항을 사전에 파악하고, 전력계통 과도해석프로그램(EMTP)을 활용하여, 시뮬레이션을 통하여 계통연계시의 특성을 분석하여, 가까운 장래에 도입이 예상되는 분산형 전원이 전력계통에 원활하게 도입되고, 실용화되는 데에 도움을 주고자 한다.

2. 분산형전원의 계통연계시의 기술적 검토사항

2.1 분산형전원의 기술적 특징

대표적인 분산형전원으로는 연료전지발전시스템, 태양광발전, 풍력발전, 2차전지에 의한 전지전력저장시스템 등이 있는데, 시스템 구성 및 계통연계시의 기본적인 특성을 요약하면, 표 1 과 같다.

2.2 계통연계시의 기술적 검토사항

분산형전원의 계통연계시의 영향 및 문제점은 정상시 운용과 고장발생시의 운용, 작업정전시 운용 등으로 나눌수 있다. 정상시 운용은 정상상태하에서의 운전을 말하는데, 보통 전압변동, 고조파, 역률 등의 전력품질과 관계가 있으며, 고장발생시의 운용에 대한 영향은 분산형전원 자체의 고장이나 연계된 전력계통의 고장시, 시스템의 안전성 및 안정성에 대한 문제이다. 또한, 작업정전시 운용문제는 분산형전원

표 1. 분산형전원의 기술적 특징

	연료전지	태양광발전	풍력 발전 (AC링크방식)	전지전력저장
에너지 원 (연료)	LNG, LPG, 메탄올 등	태양에너지	풍력에너지	야간전력(원자력, 석탄)
주요 구성 기기	연료전지스택 개질장치 인버터	내양전지 인버터 (축전지)	풍차 발전기	전지시스템 보기기 인버터
시스템구성 소요 면적	복잡	간단	비교적 간단	비교적 복잡
출력 조정	임의 가능	임의 불가능 출력변동 큼	임의 불가능 출력변동 큼	임의 가능 (충전도 가능)
무효전 력조정	임의가능(차력 식인버터)	임의가능(차 력인버터)	임의가능(유 도발전기)	임의가능(차 력식인버터)
기동 시간	2-5 시간	순시	1-3 분	순시-5분
병렬시 준입 선류	없음	없음	5-10배	없음
단락 전류	2-5배(DC) 대책가능	정격선류 이하(DC)	5-10배(AC) 대책가능	5-10배(DC), AC측 리액턴스로 5-7배정도(AC)
고조파 대책	대책필요	대책필요	대책필요	대책필요

이 연계되어 운전되는 구간에 작업시의 위험성에 대한 안전성 문제를 검토해야 한다. 이상의 계통연계시의 문제점과 기술적 검토사항을 종합하면 표 2 와 같다.

표 2. 계통연계시 문제점과 기술적 과제

항목	문제점	적용 가능한 기술	기술적 과제
역률	수용가에의 공급전압 및 저압배전선 전압변동	● 계통전압 추종방식 (도시부) ● 교류전압 조정방식 (농촌부)	● 표준공급 전압 이내
	무효전력에 의한 고압배 전선의 전압변동	● 역률인정 제어방식	● 출력역률
동태행위	다문 수용가의 기기 및 배전선 기기의 고조파 장해	● 고조파 PW 스위칭 기술 ● 직렬삽입형 필터 ● 순시전류 피드백기술	● 전류 역행률 ● 전압역행률 증분
	라디오, TV 등의 시청 장해	● 직류/교류로의 노이즈 크레터 상압	● 복사노이즈
연계운전 범위	완전한 계통전압변동 및 주파수변동 등에 대한 불 안정성	● 주파로 및 제어회로 설계의 적정화에 의한 운전범위의 확대 ● 내주파수 변동율 안정화	● 내전압 변동율
	시스템기동시 및 급격한 계통전압, 위상변동에 의 한 과전류 발생시	● 제어회로의 안정화 ● 순시전류 제한기능의 내장 ● 소프트 기동 기능의 외부화	● 과전류 방지효과 확인 ● 위상급변에 의한 순시 과전류는 추상연압기 보다 낮은가 확인 ● 고속계조조작, 순시 전압저하 등에 대한 안정성 확인
시스템 내부사고	배전선 계통에의 사고 파급 등	● 과전류, 지락보호 기능 내장 ● 순시월스 정지기능 내장	● 사고파급방지 효과의 확인

항목	문제점	적용 가능한 기술	기술적 과제
안전	배전선 이상	배전선의 단락사고시	문제점의 파악 및 분석 ①발전량과 배전선 부하 가 평형하면, 역송전현 상 발생 -역송전운전 방지 ②변전소에서의 역주류 영 향으로 사고검출지연 가능성 확인 -실질적영향, 대책검토 -실중설비로 검증 ③사고검출지연 및 역송 전현상에 의한 사고구 간분리에 실패 가능성 확인 -역송전운전 방지
			배전선의 지락사고시
성능	전항에서 확인된 사항 역송전현상에 의한 대책 아이템, 사고구간본의 실패 등	● 배전선 이상 검출 기 능 내장 (전압, 주파수 이상에 는 자율정지) ● 배전선의 단락사고시	유용성 실증확인 ①발전소에서의 국산화 확인 ②단태로서의 유용성 확인 -인버터개방 또는 개방 -실중설비 유용성 검증 ③방식의 유용성 확인 -피드백방식 개발 -실중설비 유용성 확인
			배전선속의 검토 -구체적인 방지 검토
종합	배전선 작업	역송전현상에 의한 작업 시의 위험성	상기의 방지대책 확립의 에 작업순서 등에 의한 대책 검토 ①계통연계 사양조건 ②계통연계 제어기술 ③배전선 보호시스템 ④배전선 설계, 운용법 등

3. 시뮬레이션 해석

분산형전원의 계통연계시에 일어날 수 있는 문제점의 추
출과 대응책을 마련하기 위하여, 본 연구에서는 전력계통 과
도해석 프로그램인 EMTP 를 활용하여 시뮬레이션 해석을 다
음과 같이 수행하였다.

3.1 전력계통과 분산형전원 모델링

본 연구에서 모델링한 모의 배전계통 및 분산형전원의
기본제어계는 그림 1 과 그림 2 와 같다.

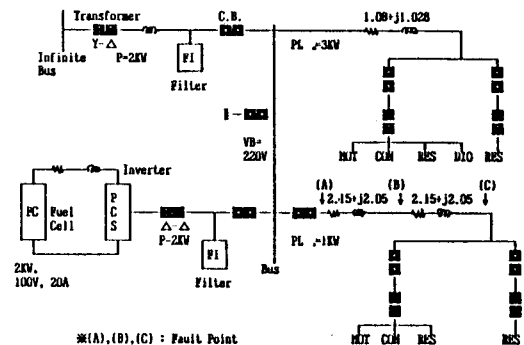


그림 1. 모의 배전계통

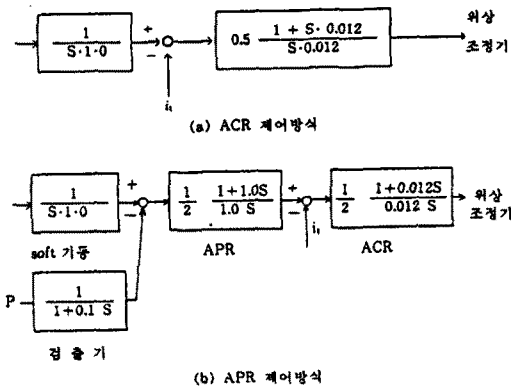


그림 2. 기본 제어계 (부산형전원의 전력변환장치)

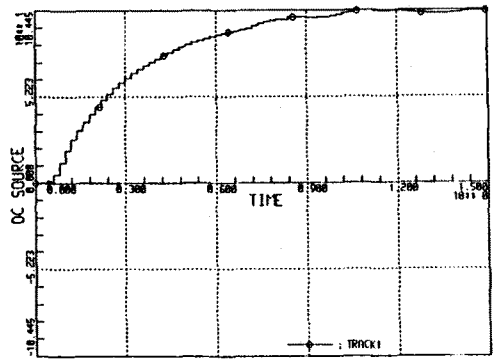


그림 3. 기동특성 (부산형전원측)

3.2 해석 결과

여기서는 부산형전원 (연료전지 발전시스템)의 전력계통 연계시에 특성으로서, 부산형전원의 기동·정지 및 전력계통 부하변동, 부산형전원의 출력변동, 계통측의 사고등에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 해석한 결과는 그림 3 ~ 그림 5 와 표 3 과 같다.

표 3. 시뮬레이션 결과 및 대책

ITEM	SIMULATION	ANALYSIS CONCLUS	MEASURE
START & STOP	• INTERCONNECTION • DISCONNECTION	• ACR CONTROL MODE IS REASONABLE • ABOUT 1 SEC	• NOT NECESSARY
FLUCTUATION OF PCS OUTPUT	• 100% OUTPUT → 50% OUTPUT	• ABOUT 0.5 SEC • BOTH CONTROL MODES ARE GOOD ENOUGH	• NOT NECESSARY
SUDDEN CHANGE OF LOAD IN POWER SYSTEM	• AT 100% OUTPUT 50% LOAD CHANGE	• INSTANTANEOUS • BOTH CONTROL MODES ARE GOOD ENOUGH	• NOT NECESSARY
FAULT IN THE POWER SYSTEM	• ZLG (MIDDLE POINT HT) • FAULT TIME(0.2S)	• ABOUT 0.3 SEC • 30% VOLTAGE DROP • NORMAL OPERATION OF PCS	• NOT NECESSARY
	• ZLG (BUS POINT) • FAULT TIME(0.2S)	• PERMANENT FAULT • DC SOURCE IS UP TO 5 TIMES. • COMMUTATION FAILURE OF PCS	• DC SOURCE PROTECTION

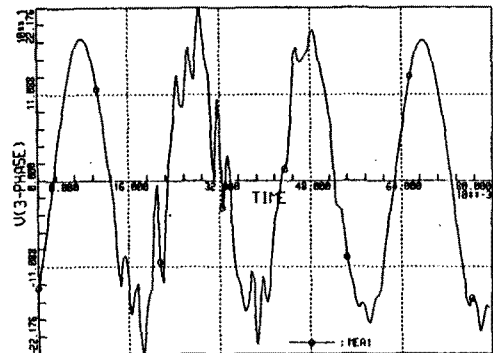


그림 4. 기동특성 (전력계통측 : A상전압)

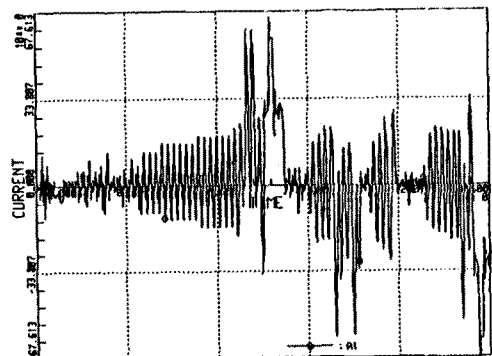


그림 5. 기동특성 (전력계통측 : A상전류)

4. 결론

가까운 장래에 도입이 예상되는 각종 분산형전원의 계통 연계시의 특징 및 기술적인 검토사항을 사전에 파악하고, 또한 시뮬레이션을 통한 계통연계시의 특성을 분석하여, 분산형전원의 원활한 도입과 실용화에 요구되는 계통연계 기준안을 마련하는데 기여할 수 있다고 생각된다.

앞으로 구체적인 하드웨어적인 시험 및 시뮬레이션 해석에 의한 연구를 수행하여, 분산형전원의 계통연계 가이드라인을 마련할 예정이다.

4. 참고문헌

- 1) CRIEPI, "Technical Assessment and Experimental Systems", Report NO. 178076, 1979.6
- 2) Tadao Ishikawa, Rikio Ishikawa, "Response of Power Conditioner for Battery Energy Storage System under Power Line Fault" , IPEC - Tokyo, 1990.4
- 3) D.S. Rho, H.Y. Kim, "THE ANALYSIS OF THE INTERCONNECTION TO ELECTRIC POWER SYSTEM ON FUEL CELL", IFCC, 1992, 2.