

## 연료전지의 배전계통 연계시험에 관한 연구

김 용 상<sup>o</sup> 김 호 용  
한국전기연구소

### A study on the interconnection test to power distribution system of the fuel cell

Eung-sang Kim<sup>o</sup>, Ho-yong Kim  
KERI

#### Abstract

We now expect the various dispersed generation system installation to the power distribution system in a unexpected manner. If so, the power utility may experience the several unexpected problems such as voltage variation, harmonic distortion etc.

In order to test the various phenomena related to the fault, we developed the fuel cell simulator and fault simulator. Several kinds of fault cases are tried. Test results and analysis are shown in this paper.

#### 1. 서 론

최근 온실효과나 산성비등 지구온난화 현상의 대책의 일환으로 온실가스 배출을 규제하는 기후변화 협약이 발효(1994.3.21)되었으며, 특히 선진국들로 구성된 경제협력개발기구(OECD)회원국은 온실가스를 2000년까지 1990년 수준으로 동결토록 되어 1996년 OECD가입을 앞두고 있는 우리나라도 대책마련을 하고자 몇년전부터 대체에너지 개발에 범국가적으로 박차를 가하고 있는 실정이다.

이러한 대체에너지 전원으로는 일본, 미국을 비롯한 선진국에서 이미 실용화단계에 와있는 연료전지를 비롯하여 태양광발전, 풍력발전, 소수력, 전력저장시스템등이 있으며, [1,2] 이들 시스템은 기존의 화력 및 원자력에 비해 환경성 및 임지성등이 뛰어나기 때문에 상업화에 성공할 경우 도심지등의 부하밀집지역에 전력회사나 일반 투자가 등에 의해서 도입, 운용될 가능성이 높다.[2,3,4] 또한 이 시스템들은 효율적 활용이라는 측면에서 전력계통과 연계하여 운전될 필요가 있다.

이러한 대체 에너지전원이 전력계통에 불특정하게 다수 도입될 경우, 기존의 단방향 조류로 운용되고 있는 계통(특히 배전계통)에 여러가지 영향들 즉, 전력회사의 입장에서 당장 관심사가 되는 전력품질(전압 / 주파수변동, 고조파, 역률), 안전 및 보안(공중 및 작업자), 보호협조(설비보전), 연계계통 구성 및 운용(공급신뢰도, 안정성) 상의 문제점들이 야기될 수 있다.[3,5]

본 연구에서는 대체에너지 전원중 연료전지가 개발되어 전력계통에 연계운전 될 경우 야기될수 있는 각종사고를 검토.분석하고자 연료전지 시뮬레이터와 계통연계 시험장치를 설계 및 제작하여 각종사고시험을 실시하였으며, 시험결과를 검토.분석하였다.

#### 2. 연료전지 시뮬레이터 설계 및 제작

현재 국내에서 45KVA의 연료전지를 구할수 없으므로 본 연구에서는 일본 후지(주)에서 제작한 50KVA의 연료전지와 같은 출력 특성을 갖는 45KVA의 연료전지 시뮬레이터를 모의전원장치와 전력변환장치로 나누어 제작하였다.

##### 가. 모의전원장치

모의전원장치는 교류 380V를 입력으로 받아 직류로 변환하여 실제 연료전지의 특성과 같은 출력이 나오도록 제작하였다. 출력전압이 직류 0 - 154V까지 광범위하게 변하므로 후단에 계통연계용 인버터의 적정 입력인 직류 300V로 조정하기 위해서 부스트 콘버터를 사용하였다.[4,5,6] 그 제작규격은 표 1과 같다.

표 1. 모의전원장치 구성

항 목	규 격
1.모의전원장치	
형식	연료전지 특성용 정류장치
정격 용량	45kVA
입력 범위	AC 3상 380V 45kVA(변동범위:±10%)
출력 범위	DC 102V, 450A 45kVA(정격) 85V - 154V (변동범위) 0 - 600A ( " )
과부하 내량	단시간 120 %
운전모드	정격출력의100 - 25% 연속가변
응답속도	1 msec
단락 전류	직류 500A
개방 전압	직류 154V
2.부스트콘버터	
형식	DC 초퍼
정격 용량	45kVA
입출력 범위	모의전원장치 입력 직류 360V, 125A (출력 정격)

나. 전력변환장치

연료전지 시뮬레이터의 출력전압이 직류이므로 계통연계용 인버터를 통해서 전력계통의 전압과 동상으로 출력을 내보내게 되며, 계통연계용 인버터의 제작규격은 표2와 같다.

표 2. 전력변환장치 구성

항 목	규 격
1. 전력변환장치	
형식	전압형 자여식 인버터
구성	12상 펄스폭제어(다중인버터방식)
정격 용량	3φ3W, 380V, 45KVA 100% 연속
입력 범위	모의전원장치 출력범위
교류전압변동범위	380V (±10%)
과부하 내량	단시간 120%(30분), 150%(90초)
주파수 변동범위	60 ± 1Hz
응답 시간	
계통동기시간	1 sec
부하응답시간	1 sec
파형 왜율	3%이하(정격출력시 계통연계점기준)
정격 부하 역율	1.0
제어방식	정전력제어방식(유효/무효전력)
효율	90 %(정격출력시)
2. 기능 설명	본 구성기기는 연료전지 시뮬레이터로 모의전원장치에 의하여 45KVA의 교류전력을 직류로 변환시키고, 이것을 부스터에 의하여 직류전압을 높여서 전력변환장치의 입력단에 넣도록 하며, 전력변환장치는 사고시험을 위하여 200KVA의 정격용량으로 평상시에는 45kVA의 부스터 입력을 받아 45KVA 교류출력을 내도록 운전하며, 사고시험시에 200KVA를 견디도록 설계한다.

3. 계통연계 시험장치 설계 및 제작

계통연계시험을 수행하고자 저압 모의배전선로의 구성은 380V 3상 4선을 기준으로 해서 현재 사용되고 있는 경동선 22 mm<sup>2</sup>를 적용하였으며, 실제의 경간은 통상 20m - 50m 로 구성되어 있으나 연료전지 특성상 부하밀집지역이 많으므로 본 연구에서는 30m를 적용하였다. 모의 배전선로는 그림 1의 블록도와 같이 구성하였으며, 시험계통 회로도로는 그림 2와 같이 구성하였다. 그림에서 R1 - R6 은 경동선 22mm<sup>2</sup> 의 임피던스 값들이며 ㉑ - ㉒ 는 연계점을 이동하여 시험할 수 있도록 경간마다 단자를 구성하였다.

(380V, 3φ 4W식 기준, 경동선 22mm<sup>2</sup> 기준, 표준 6 경간)

1경간 : 30m (총 180m)

22 mm<sup>2</sup> : 0.818 + j0.461 (Ω/km)

R : 0.818 × (180m) × 10<sup>-3</sup> = 0.147 (Ω)

X : 0.455 × (180m) × 10<sup>-3</sup> = 0.082 (Ω)

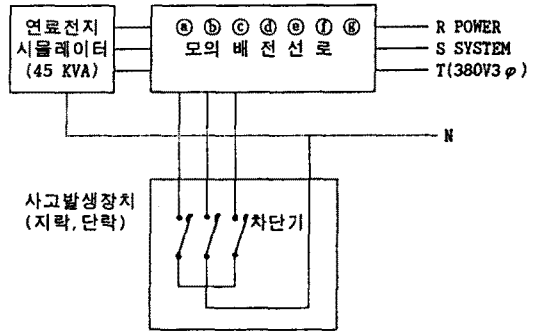


그림 1 계통연계 시험장치의 블록도

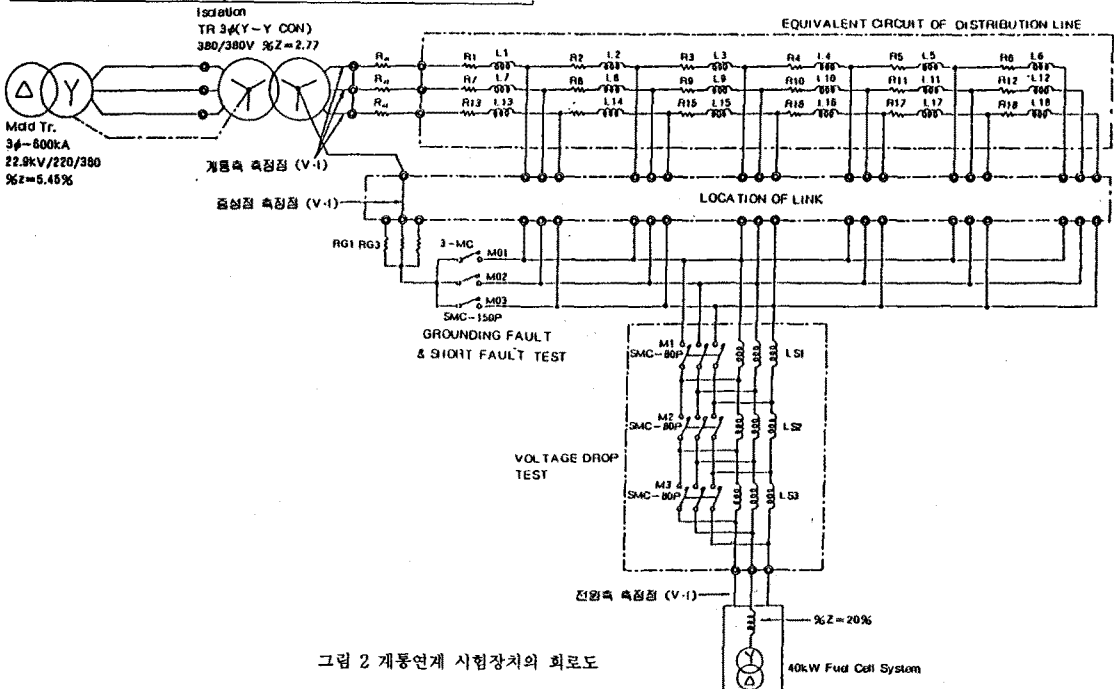


그림 2 계통연계 시험장치의 회로도

#### 4. 계통연계시험 결과 및 분석

연료전지 시뮬레이터(모의전원장치 + 전력변환장치)와 계통연계 시험장치(모의배전선로 + 각종사고시험장치)를 이용하여 각종지락 시험, 단락시험, 및 순간전압 강하시험을 실시하였으며, 그중 3상 단락시험에 대한 결과를 그림 3-4에 나타내었다.

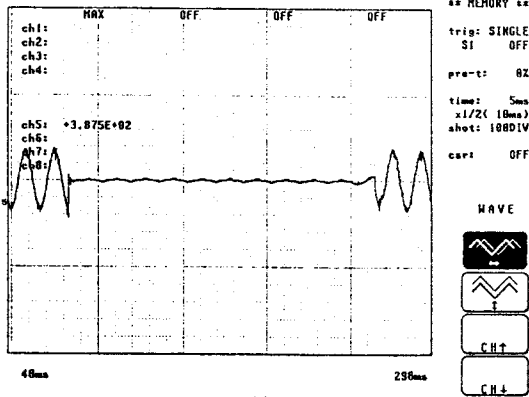


그림 3 3상 단락시 A상의 전압파형

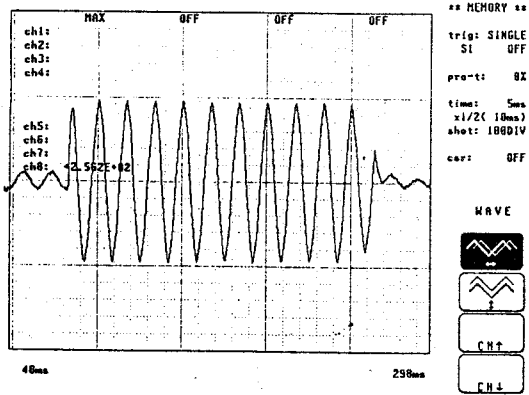


그림 4 3상 단락시 A상의 전류파형

##### 가. 단락시험

연료전지발전시스템(이하 FCGS)가 전력계통에 연계하면 시험 결과에서와 같이 기존의 전력계통의 단락용량을 증가시킬수가 있는데, 이 용량이 기존의 전력회사의 각종 차단기 또는 수용가 차단기의 차단용량을 상회하는 경우 전력계통에서의 각종 사고나 수용가 구내 사고시에 차단 불능이 될 우려가 있다. 만약, 이러한 경우가 발생되면 계통운영에 막대한 영향을 미치게 되므로 사고를 미연에 방지하기 위해서는 FCGS가 전력계통에 연계되기전에 단락용량을 계산하여 전력계통측의 각종 차단기의 차단용량을 증가시켜주는 방법과 FCGS가 도입되는 수용가를 중심으로 한류리액터를 설치하는 방법이 있다.

##### 나. 지락시험

지락계전기가 부착되어 운전되고 있는 기존의 전력계통에 FCGS가 도입되어 계통연계운전되어도 기존의 계통운영에 아무런 변화를 주지말아야 하기때문에, 본 시험의 목적은 FCGS가 전력계

통에 계통연계 운전될시에 지락전류의 변화현상을 확인하여 계전기 설정치를 고려하고자 하는데 있다.

##### 다. 순간전압 강하시험

전기사업법에 의하면 전력을 공급하는 전력회사는 수용가에 일정기준치 이내의 전압을 유지해야 한다고 규정되어 있다. 특히 수용가에 가장 가까운 배전계통의 전압이 적정치를 벗어날 경우 전력기기의 정지나 오동작 및 수명저하를 가져올 우려가 있기 때문에 그 대책을 강구하지 않으면 안된다.

FCGS가 전력계통에 도입되어 운전되는 경우 중부하시나 피크 부하시등에 FCGS가 계통분리등에 의해서 계통전압이 변경되어 적정치를 벗어날 수 있는 경우가 있으며, 이는 각종 전력기기의 정지, 오동작 및 수명저하를 초래할 수 있다. 이러한 전압변동의 정도는 부하의 상황, 계통의 구성상태, FCGS의 출력등에 따라 다르기 때문에 개별적인 검토를 수행하든가, 아니면 적정치를 벗어날 염려가 있으면 자동부하 차단장치를 수용가에 설치하도록 해야한다. 이렇게 하여도 대책이 충분하지 않을 경우에는 배전선의 신설이나 증강공사를 고려해야 하며 심지어는 전용선등에 연계도 검토해야 한다.

#### 5. 결론

연료전지를 전력계통에 연계운전하는 경우, 야기될 수 있는 제반 문제점 중에서 보호협조와 관련되는 각종 사고시험을 분석하고, 그 대책을 강구하고자 연료전지 시뮬레이터와 계통연계 시험장치를 제작하여 각종 사고시험을 실시하였다.

단락, 지락 및 전압문제에 본 연구에서와 같은 방법으로 검토, 분석하여 사전에 조치를 취한 후, 전력계통에 연계운전하면 별 문제가 없으리라 기대된다.

최근, 선진국을 비롯하여 국내에서도 연료전지 발전시스템의 개발이 법국가적으로 진행중이므로 추후, 이러한 문제 이외에도 고조파문제, 역충전현상등에 대한 문제점들을 검토분석하여, 계통연계 운전되어야 운전의 효율성, 신뢰성 및 경제성을 확보할 수 있을 것이다.

#### 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, E.S. Kim, "THE ANALYSIS OF THE INTERCONNECTION TO ELECTRIC POWER SYSTEM ON FUEL CELL", IFCC, 1992, 2.
4. "Fuel Cell RD & D in Japan", Fuel Cell Development Information Center, 1990.6
5. "Fuel Cell", Fuel Cell Seminar, 1988. 10. 23 - 26
6. "Economic Assessment of the Utilization of Fuel Cells in Electric Utility Systems", EPRI EM-336, 1976.11
7. "Impact on Transmission Requirements of Dispersed Storage and Generation", EPRI em-1192, 1979.12