

# 분산전원 계통 연계 상황 모니터링을 위한 시뮬레이션 연구

## Simulation Studies on Monitoring System for Interconnection of Distibuted Generation to Power Grid

오성남\*, 한철완\*\*, 윤기돈\*\*\*, 손영익§, 김갑일§§

(Sung-Nam Oh, Chul-Wan Han, Ki-Don Yoon, Young-Ik Son and Kab-Il Kim)

**Abstract** - This paper describes a monitoring system that monitors power quality and undesirable accidents when distributed generations are connected to the power grid. Prior to develop and operate a physical monitoring system, we constitute a simulation device to simulate the monitoring processes for the situations. The simulation system consists of the server and the client that connected by communication line. This system has various functions to monitor the power quality and the connection situation. Those functions are generation, transmission, acquisition and analysis of the simulated power data. This research seems very important to get the reliable and intelligent connection algorithm through the result of simulated monitoring system. Also hereafter, as this system uses the remote monitoring system through network and constitute the data base(DB), it will play an important role in building the automation of power system efficiently and systematically.

**Key Words** : Distributed Generation, Monitoring System, Power Quality

### 1. 서론

급속한 산업의 발전과 경제성장으로 인해 전력수요가 급격히 증가되고 있다. 이에 맞춰 발전설비의 증설로 전력 생산량을 늘여야 하지만 대규모 발전설비 건설의 어려움과 환경 파괴의 문제, 유한 자원의 고갈 등 현행 발전 시스템이 안고 있는 여러 문제들로 인해 그렇지 못한 실정이다. 이로 인해 기존 전력 발전의 대부분을 차지하고 있는 수력, 화력, 원자력 에너지원과 연계 가능한 풍력, 연료전지 등과 같은 대체 에너지원을 이용한 분산전원에 대한 연구와 보급이 확대되고 있다. 또한 모선에 결합하여 병행 운전되는 소규모 발전 설비인 분산전원으로 인한 전력품질의 저하 및 사고를 감시하여 전력계통의 보호와 사용자에게 고품질의 전원 공급을 위한 연구도 활발히 이루어지고 있다.[1][3]

본 논문에서는 이러한 분산전원 계통연계로 인한 사고나 전력 품질의 저하를 감시하기 위한 모니터링 시스템 개발에 중점을 두고, 실제 시스템 개발에 앞서 모니터링 시스템을 위한 시뮬레이션 연구를 행하였다. 모니터링 시스템은 서버와 클라이언트를 통신 라인으로 연결하여 전력 데이터의 생성과 전송 수집, 분석 등의 기능을 수행하는 모의 시험장치로 전력 품질 감시에 필요한 기능을 구현하였다.

본 연구 결과로 얻어진 모니터링 시스템은 통신망을 통한 신뢰도 높은 지능적인 연계 알고리즘을 얻는데 중요한 역할

을 할 것이다. 또한 더 나아가 기존의 광역 네트워크망을 사용하여 원격 모니터링 시스템의 사용과 Data Base 구축으로 보다 효율적이고 체계적인 전력계통의 안정화를 위한 기반을 세우는데 기여할 것이다.[5] 이로 인해 전력생산 비용의 절감을 가져오며 전력 시장 개방시대에 경쟁력 있는 전력공급이 가능하도록 일조할 것이다.

### 2. 모니터링 시스템

#### 2.1 시스템 구성

전력 품질 모니터링 시스템의 시뮬레이션을 위해 서버와 클라이언트로 구성된 시스템은 PC를 기반으로 운용 된다. 그림 1은 모의 모니터링 시스템의 블록도를 나타내고 있다.

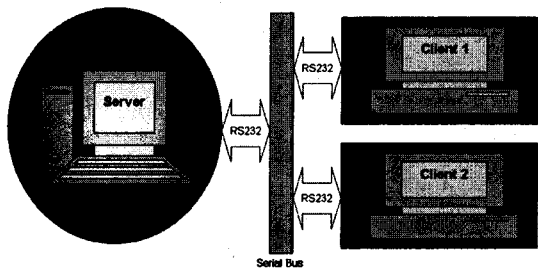


그림 1 모니터링 시스템

모니터링 시스템은 데이터의 수집과 저장 기능을 담당하는 서버와 분산전원의 주 요소를 측정, 계산하여 서버에 전달하

#### 저자 소개

- \* 學生會員 : 명지대학교 전기공학과 박사과정
- \*\* 學生會員 : 명지대학교 전기공학과 석사과정
- \*\*\* 學生會員 : 명지대학교 전기공학과 석사
- § 正 會 員 : 명지대학교 전기공학과 조교수
- §§ 正 會 員 : 명지대학교 전기공학과 교수

는 기능을 하는 클라이언트로 구성된다. 이 시스템은 실제 상황을 모의로 시험할 수 있도록 PC로 구현되었으며 시리얼 통신으로 연결되어 그 기능을 수행한다. 두 대의 클라이언트를 모니터링 하는 서버는 효율적인 알고리즘을 구현하기 위해 메인 처리단에서 각 세부기능 모듈을 액세스하고 제어한다.

## 2.2 서버

모니터링 시스템의 전력 품질 및 사고를 분석하고 감시하기 위해서는 많은 기술적 고려사항들이 있다. 특히 서버에서는 이미 판단되어진 사고를 정리하여 저장하고 출력하는 기능을 주로 한다. 또한 기능별 유닛을 사용하여 효율적으로 감시하는 모니터링 시스템으로 구성된다. 서버의 각 기능을 담당하는 유닛들은 독립적으로 동작하며 선택될 때만 화면에 나타나거나 임의의 기능을 하게 된다.

그림 2는 모니터링 시스템의 주 화면이다. 각 기능에 대한 화면은 클라이언트로부터 사고 발생 신호를 받거나 세부 기능 버튼을 선택했을 때만 나타난다. 기본적으로 전압 전류 파형이 표시되며 전력의 정보와 상태를 그래프와 페이지로도 나타내어 상태 분석이 용이하다. 전압의 실효치 및 순시치는 문자창에 표시된다. 상단의 기능 선택 버튼으로 각 세부 기능을 액세스하여 동작 시킨다.

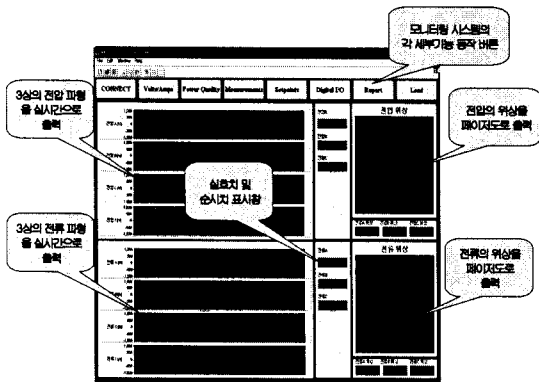


그림 2 화면 구성

### 2.2.1 전압/전류(Volts/Amps)

클라이언트에서 측정하여 수집된 순시 및 한시 전압, 전류 파형을 시간 순 그래프로 화면상에 출력한다. 또한 전압과 전류의 페이지도틀을 포함 한다. 사고 시 고장파형의 비교를 위해 사고 전후의 일정 시간동안의 정보를 클라이언트로부터 전송받아 출력하기도 한다.

### 2.2.2 품질(Power Quality)

전압의 변화와 균형을 상세히 나타내는 기능이다. 실질적인 분석 유닛으로 계통과 연계된 분산전원의 전력 품질을 전압과 전류의 Sag, Swell, Interruption, Trend logs와 전류 K-factor, 주파수, 고조파 등을 나타낸다.

### 2.2.3 측정(Revenue Measurements)

클라이언트로부터 실시간으로 수집되거나 특정 시간마다 수신되는 분산전원의 전압, 전류 정보를 분석하여 전력량, 에너지를 산출하기도 한다. 또한 참고용 전력 요금을 산출할 수 있다.

### 2.2.4 보고서 작성(Report)

감시하는 모든 데이터를 저장하려면 방대한 양의 저장 공간이 필요하다. 기존의 클라이언트는 소량의 기억장치를 가지고 있어 주기적인 데이터 수집을 해야 하는 문제를 지니고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 대용량 기억장치를 갖는 모니터링 시스템의 서버를 기초로 한다. 보고서 기능에서는 실시간으로 수집되는 모든 정보는 시간 순으로 저장되며 그 밖의 Fault 파형 등 사고나 특정 이벤트를 Time Index와 함께 저장한다. 또한 단기 및 장기 보고서를 자동 작성하고 출력하는 기능을 한다.

### 2.3 클라이언트

클라이언트는 계통과 연계된 분산전원의 전압과 전류를 측정하고 전력 품질을 판단하기 위한 알고리즘을 구현한다. 실시간으로 전력 품질을 서버에 전송하거나 전력 품질의 저하 원인인 각종 사고나 고장이 감지되면 일정 시간동안의 데이터를 정밀하게 분석하여 서버에 알린다. 본 연구에 사용된 클라이언트는 2대로 한대의 서버에 모두 연결되어 멀티 모니터링 시스템의 기능까지 모의 가능하게 하였다.

### 2.4 전력 품질 규격 및 알고리즘

전력 품질은 세계 공통 규격으로 정해져 있다. 다음 표 1에서 나타내는 규격은 고장 발생시 일어나는 전력 품질 저하의 요소로 Sag, Swell, Interruption을 규정하고 있다.[2][4] 이러한 규격에 의거하여 모니터링 시스템을 구현하였다.

표 1 전력 품질 규격

IEEE Categories Std 1159-1995	Typical duration	IEC Categories EN 50160-2000
Instantaneous sag	0.5cycle ~ 30cycles	Supply voltage dip
Momentary sag	30cycles ~ 3sec	
Temporary sag	3sec ~ 1min	
Instantaneous swell	0.5cycles ~ 3sec	Temporary power frequency overvoltage
Momentary swell	30cycles ~ 3sec	
Temporary swell	3sec ~ 1min	
Momentary interruption	0.5cycles ~ 3sec	Supply interruption
Temporary interruption	3sec ~ 1min	

뿐만 아니라 전류와 전압의 실효치를 계산하기위한 알고리즘으로 (1)을 사용하였다. 이 알고리즘은 연산량의 감소를 위해 계귀적인 방법으로 계산되어 진다.

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N V_k^2}{N}} \quad (N: \text{sampling ratio}) \quad (1)$$

### 3. 사고 모의 실험

#### 3.1 사고 모의용 데이터

사고 모의에 사용되는 데이터는 전력 시뮬레이션인 EMTP에 의해 얻어진 데이터로 높은 신뢰도 특징을 가지고 있다. 사고 설정을 위해 여러개의 사고 데이터를 쓰는데 그림 4는 1선지락 사고 파형을 나타내고 있다.

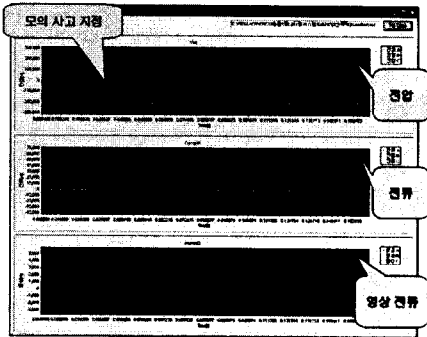


그림 4 1선지락 사고 파형(EMTP)

#### 3.2 모의 사고 과정

모의 시험은 클라이언트에서 발생한 모의 사고를 서버가 감지하여 일관 처리 및 저장하는 단계를 통하여 행해진다. 그림 5는 사고 모의 과정을 나타내고 있다.

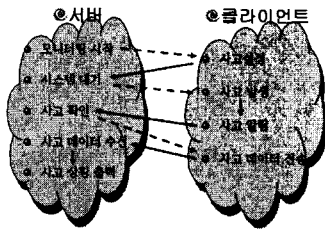


그림 5 모의 사고 모니터링 과정

그림 6은 클라이언트에서 모의 사고 설정부터 판단후 사고 데이터 전송까지 일련의 과정을 순차적으로 보여주고 있다.

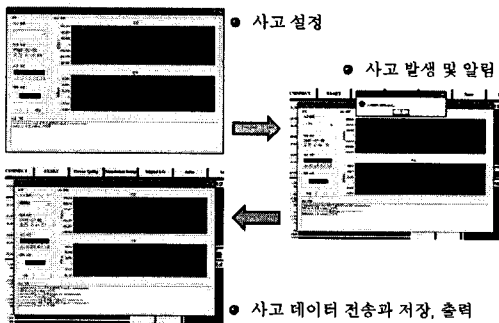


그림 6 모의 사고 과정

#### 3.3 모의 사고 판단

그림 6에서는 사고 모의 설정 후 정해진 시각에 발생한 모의 사고를 정확히 분석한 결과를 보이고 있다. 이 분석 기능은 서버와 클라이언트에 모두 구현되어 있으며 사고 모의 과정에 의해 순차적으로 일어난다.

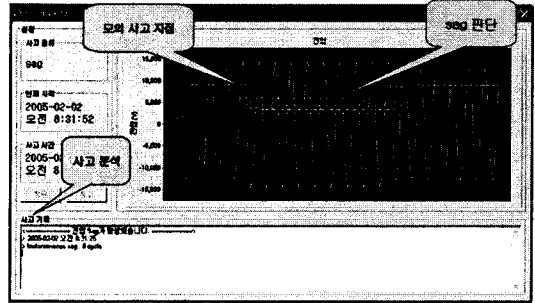


그림 7 전압 Sax 발생 및 사고판단

### 4. 결론

본 논문에서 다루어진 모의 시스템은 전력 품질 모니터링 과정을 모의할 수 있는 시뮬레이션 장치이다. 본 연구를 통하여 분산전원 계통 연계 시 모니터링 기능을 담당하는 메인 서버와 전압, 전류를 측정하여 전력 품질을 판단하는 클라이언트로 구성된 모의 모니터링 시스템을 구축하였다.[6] 이를 사용하여 서버와 클라이언트의 기능을 독립적으로 구현하는 전력 품질 모니터링 시스템의 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션에 적용된 전력 품질 규격을 통하여 모의 사고 시험의 신뢰도를 높였으며 온/오프-라인 데이터를 이용한 모의 감시 시험 및 알고리즘 검증을 하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] 백영기, "전력계통 보호계전기기술의 현황과 전망", 대한전기학회지, 4호, 제43권, pp. 4-7, 1994. 04.
- [2] IEEE std 1159 - IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. June 1995.
- [3] 김재연, 김태웅, "분산형전원이 도입된 배전계통의 리얼타임 최적전압조정을 위한 부하구간 모델링방법", 대한전기학회논문지, 제48권, 6호, pp699-703, 1999
- [4] EN50160 - Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution system. March 2000.
- [5] 장석명, 정상삼, 이성호, 박영태, 윤기갑, "전력품질과 온.라인 모니터링 시스템", 대한전기학회지, 제50권, 10호, pp3-11, 2001
- [6] (주)효성중공업 연구소 전략팀, "디지털 보호계전기화 변전소 자동화 시스템 개발", 대한전기학회지, 3호, 제50권, pp 40-43, 2001.