

변전소 자동화 환경에서 웹 기반 전기품질 감시 시스템

박동호*, 임성정
현대중공업(주) 기계전기연구소

신재향, 임성일, 이승재
명지대학교 차세대전력기술연구소

A web-based power quality monitoring system in the Substation Automation System

D. H. Park*, S. J. Lim
Hyundai Heavy Industries Co.,LTD*

J. H. Shin, S. I. Lim, S. J. Lee
Next-Generation Power Technology Center, Myoungji

Abstract - Along with the increase of the importance of power quality, many various systems are dedicated in the analysis of power quality nowadays. But there still exists the same problems for realizing such kind of analysis systems well. One is the customization of the power quality measure devices; The other is an economic problem. This paper presents the usefulness and the advantage of the IED (Intelligent Electronic Device) as the measure device of power quality. And this paper detailedly describes the development procedure of web-based power quality monitoring system through ActiveX controls. Now this power quality monitoring system is already applied to the substation automation system.

2.3장에는 이를 바탕으로 전기품질 데이터베이스를 구축 누구나 쉽게 접근이 가능한 인터넷 환경에서의 사용자 요구에 맞는 웹 기반 전기품질 감시시스템에 관련된 사항을 기술하였다.

2. 본 론

2.1 Bay Level IED를 이용한 전기품질감시

IED를 이용한 전기품질감시는 transient와 같은 높은 샘플링을 요구하는 항목들의 감시에는 충분하지 못하며, 현재의 고장 시의 데이터 저장량 보다 더 많은 데이터의 저장을 요구하여 장비의 메모리 확장이 요구된다. 하지만 전기품질 전용 장비는 전기기기 고장에 대한 근본 원인을 신속하게 파악할 수 있다. 그러나 그에 따른 장비 가격의 상승 및 현장 설치 시 접지나 절연등의 엄격한 조건이 요구된다. IED는 기본적으로 전압, 전류의 측정과 분석 및 데이터의 전송이 가능한 통신기능을 갖추고 있다. 마이크로프로세서기술이 발달함에 따라 IED의 DSP(Digital Signal Processor)의 기능향상을 꾀할 수 있어 IED의 전기품질 감시장비로서의 활용을 가능하게 해준다. IED에 저장된 전압, 전류 데이터만으로 전압변동, 주파수 변동 등의 기본 전력품질 요소 이외에도 새로이 부각되고 있는 순간전압강하(Sag), 순간전압상승(Swell), 순간정전(Interruption), 고조파(Harmonics)등의 판단이 가능하다. 현재 설치된 IED를 이용하여 전기품질 데이터를 분석한다면 IED는 물론 기존의 네트워크 및 통신망의 효율성을 높일 수 있으며 별도의 시스템 설치와 유지비를 감소시킬 수 있어 경제적인 절약효과를 기대할 수 있다[5].

1. 서 론

전기품질에 민감한 반응을 보이는 디지털 장비 및 통신장비의 기술 등의 비약적인 발전함에 따라 과거에 크게 문제시 되지 않았던 전기품질 문제에 대한 관심이 고조되고 있다. 전기품질 감시의 목적은 계통의 특정 장소에 대한 지속적인 감시를 통하여 사고발생 원인을 사전에 파악 및 예방하고 사고 발생시에는 사고의 종류와 원인 분석을 위한 파형 저장, 발생일시 등을 기록함으로써 향후 전력시장 구조개편에 따른 다른 조직체들 간의 분쟁 해결 자료로 이용될 수 있다[1]. 현재 전기품질 항목에서 관심이 되는 대상은 순간전압강하(Sag), 순간전압상승(Swell), 고조파(Harmonic) 등이며 IEEE std 1159(1995)에서는 전자기적 현상에 대한 분류 및 특성의 범주를 정의하고 있으며 IEEE Std 519(1992)에서는 전력계통의 고조파장애(Harmonic Disturbance)에 대한 내용을 자세히 서술하고 있다. 일반적으로 수용가 측 장비, 전기품질 저하에 민감한 부하의 사용증가 등으로 인하여 전력공급자와 소비자 양측 모두가 전기품질 데이터의 측정 및 수집이 필요하게 되었으며 이들 모두가 관련정보를 열람할 수 있는 개방형 구조의 전기품질 감시시스템을 필요로 한다. 또한 모든 전기품질 관심 항목의 정보를 제공하기 위한 편리한 방법으로 현재 급속한 성장을 보이고 있는 인터넷 기술을 이용한 전기품질 감시시스템은 위의 조건들을 가장 잘 부합될 뿐만 아니라, 인터넷이 가지는 다양한 특징들을 그대로 시스템에 적용할 수 있는 이점을 가진다[2-4].

2.2 감시 항목 선정 및 데이터 저장 기준

표 2.1에서의 전기품질 감시 항목 중 앞에서 언급한 바와 같이 IED의 제약조건을 고려하여 다음과 같은 감시 항목을 선정할 수 있다.

표 2.1 전기품질 감시 항목 및 데이터 저장 기준

전기품질 감시 항목		데이터 저장 기준
Short duration variation	Sag	Vrms > 1.1[pu] or Vrms < 0.9[pu]
	Swell	
	Interruption	
Long duration variation	undervoltage	Vrms < 0.9[pu]
	overvoltage	
Voltage imbalance		$\frac{V_0}{V_1} > 0.5[\%]$ or $\frac{V_2}{V_1} > 0.5[\%]$
Waveform distortion	Harmonics	$\sqrt{\frac{\sum_{n \geq 2} (V_n)^2}{V_1^2}} > 3[\%]$

본 논문은 변전소 자동화환경에서 전기품질 관련 데이터 취득을 위해 Bay Level IED를 전기품질 측정 장비로서의 활용방안을 제시하였다. 또한 웹을 이용한 전기품질 감시 시스템을 서술한다. 본 논문의 본론은 3장으로 이루어진다. 2.1장에는 Bay Level IED를 이용한 전기품질감시의 필요성을 설명하였다, 2.2장은 전기품질 감시항목 및 데이터 저장기준에 대해서 설명한다.

단, undervoltage와 overvoltage는 Short duration variation 항목과 전압 RMS의 변화는 같으나 지속시간 만 1분 이상이므로 데이터 저장량을 고려해야한다. 이에 관해서는 전기품질 데이터 저장에 관한 데이터 압축기법을 적용하여야 한다[6][7].

아래의 그림 1과 같이 위에서 정의한 전기품질 데이터 저장 기준 적용 방안을 나타낸 것이다. 기존의 고장 발생 시 데이터 저장 기준과는 별도의 전기품질 데이터 저장 항목을 추가하여 트리거 조건을 만족 시 데이터를 저장한다.

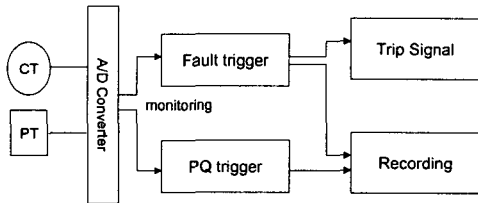


그림 1 IED의 전기품질 데이터 저장 기준 적용 방안

2.3 웹 기반 전기품질 감시 시스템

현재 인터넷 기술을 기존의 전기품질 시스템에 접목시키면 인터넷의 장점을 그대로 적용할 수 있다. 다음은 인터넷을 전기품질 시스템에 접목 시켰을 경우 가지는 특징을 서술한 것이다.

- 데이터 변화의 표현이나 시스템의 확장이 용이하다.
- Web Server만 구축된다면 별도의 Hardware나 Software를 필요로 하지 않는다.
- Client Software의 유지 보수가 Download와 Update를 통하여 이루어짐으로 시스템 운용이 용이하다.
- 인터넷 브라우저를 이용함으로써 사용자 하여금 친숙하고 표준화된 HMI를 제공하며 다양한 데이터의 표현이 가능하다[8].

이러한 장점을 가지는 웹 기술을 전기 품질 감시 시스템에 접목시키기 위해서는 다음과 같은 구조의 웹 서버 구축이 필요하다. 클라이언트/서버 형태의 구조를 가지는 전기품질 감시시스템은 계통에서 취득된 전기품질 데이터를 데이터베이스에 저장하고 클라이언트의 자료요청 시 웹 서버는 데이터베이스의 표준 프로토콜인 ODBC(Open Database Connectivity)를 이용하여 데이터베이스에 접근, 해당 요청자료에 응답하는 구조를 보여준다. 전기품질 데이터 수집, 분석 및 디스플레이 할 수 있는 웹 기반의 전기품질 감시 시스템은 사용자에게 계통의 전기 품질을 다양한 표현을 제공할 수 있고, 계통 감시에 있어서 편리한 많은 기능을 제공할 것이다[9].

2.3.1 웹 기반 전기품질 감시 시스템 구조

본 논문에서 구축한 전기 품질 관리 시스템은 RTDS 시뮬레이터로부터 전력 계통의 과도현상을 시뮬레이션하고, 이 Data가 A/D컨버터를 통하여 데이터 취득 프로그램으로 들어오면 Trigger 조건에 의하여 프로그램에서 사용될 Raw Data가 취득되고, 이를 DB에 저장하게 된다. 여기서 사용되는 Raw Data는 36번의 샘플링, 즉 2160Hz 간격으로 취득된 것이다. 그림 2는 웹 기반 전기품질 시뮬레이션 구성도를 보여준다.

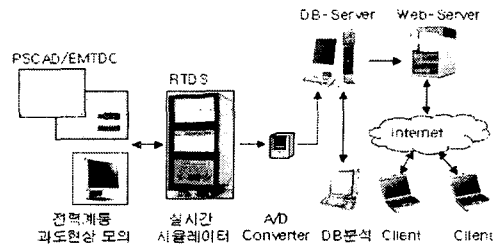


그림 2 웹 기반 전기품질 시뮬레이션 구성도

단순히 전압, 전류의 순시치 파형을 저장한 후 필요시 계산하는 방법은 응답속도가 느려서 실시간 분류 및 검색이 불가능하므로 고조파 함유량, 지속시간 등 분석결과를 저장하는 데이터베이스를 설계해야한다.

따라서 본 논문의 웹 기반의 전기 품질 감시 시스템은 ODBC를 이용하여 Server의 DB에 접속하여 취득된 Raw Data에 대하여 RMS, DFT, THD, Imbalance의 알고리즘을 통하여 계통의 과도현상을 분석 후 이를 DB에 저장하는 기능을 한다. 이 DB를 이용하여 웹 기반의 다양한 표현이 가능한 전기 품질 모니터링 시스템을 구축하였다. 아래의 그림 3은 현재까지 측정된 전기 품질 데이터의 분석 및 요약한 것의 리스트이다. 계통에서 측정된 데이터에 대하여 발생시간/발생이벤트 종류/발생 상/크기변화/지속시간/발생장소의 분석 항목으로 분류하고 이벤트 종류 및 발생 시간별 검색 가능하도록 구성하였고, 각 이벤트에 대한 파형 분석이 가능 하도록 구성하였다.

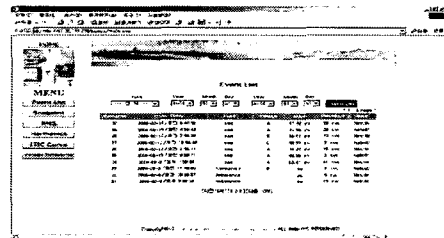


그림 3 전기 품질관리 시스템 웹 화면

데이터의 취득 및 관리, 고조파 분석 및 전기품질 자동분류, 그래프 작성, 벡터도 작성, 사용자 요구에 따른 동적인 웹 페이지 구성 등의 기능을 제공하는 웹 서버를 구축하였고, 사용자에게 적합한 동적인 화면 구성과 데이터베이스 검색을 용이하게 하기 위하여 ASP(Active Server Page) 기술 적용하였다.

전기품질 감시 시스템은 데이터베이스 서버, 웹 서버, 클라이언트로 이루어진 3계층(3-Tire) 시스템으로 구성되었다. 클라이언트에 설치된 브라우저는 사용자가 원하는 정보를 표시하기 위하여 해당 페이지를 웹 서버에게 요청한다. 웹 서버는 요청을 받아 웹-데이터베이스 미달 장치로부터 취득된 전기품질 관련 데이터를 저장 관리한다. ASP는 서버 스크립트를 사용하여 사용자와 시스템 간의 대화 가능한 동적인 웹 페이지를 만드는 기술이다. 자원 낭비가 큰 기존의 CGI의 약점을 보강하기 위해 동장한 ASP는 기존의 정적인 HTML의 구성에서 탈피하여 페이지의 동적인 구성을 가능케 해준다. 그림 4는 선택된 이벤트에 대하여 순시치 파형을 보여주는 것이다. 순시치 파형 표시는 간단한 정보를 제공하며, 파형의 확대 축소/확대 및 각 상별 선택이 가능하도록 제작되었다.

3. 결 론

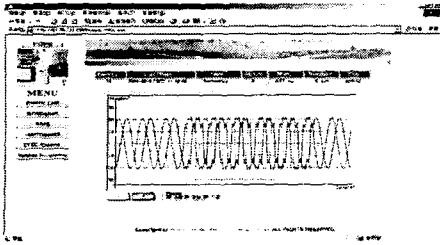


그림 4 Snapshot

그림 5는 선택된 이벤트들에 대한 고조파 분석을 디스플레이 해주는 화면이다. 오른쪽 상단에는 THD 데이터를 표시하였고, 제 1고조파를 빨간색으로 따로 구분하였다. 각 상별로 분석이 가능하며 원하는 사이클로 바로 넘어갈 수 있도록 하였다.

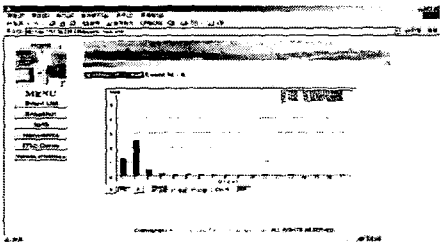


그림 5 Harmonics Histogram

그림 6은 ITIC(Information Technology Industry Council) Curve로 X축은 로그 스케일로 구성되었고, 선택한 기간 동안 발생한 전기 품질 현상이 수용가 측 장비에 미친 영향을 보여준다.

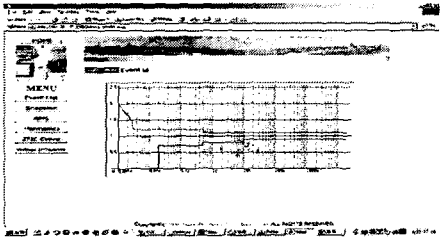


그림 6 ITIC Curve

그림 7은 전압 불평형에 대한 그래프는 시퀀스 단위 별로 확대/축소가 가능하고, V_0/V_1 과 V_2/V_1 그래프를 선택적으로 볼수 있게 설정하였다.

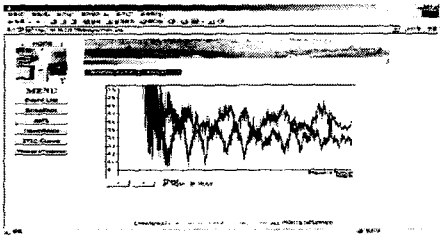


그림 7 Voltage Imbalance

전기품질 전용장비를 통한 전기품질감시는 전문학적인 예산이 필요한 것이 사실이기 때문에 본 연구에서는 전기 품질 감시장치에 대한 IED의 적합성에 대해 알아보았다. 변전소 자동화 환경에서 사용되는 기존 IED를 활용하여 전기품질 감시 시스템 구축방법을 제안하였다. 또한 본 연구에서는 IED의 전기품질감시장치 활용시 저장되는 데이터를 이용하여 전기품질현상 분류 및 분석할 수 있는 전기품질분석 소프트웨어를 개발하였고, 그러한 전기품질분석 소프트웨어로 데이터들을 분석을 한 후, 웹 서비스를 통하여 여러 클라이언트들에게 정보를 제공하는 시스템을 구현하였다. 그리고 전기품질 및 전기품질 규격 정의에서는 전력시스템에서 발생할 수 있는 제반의 현상에 대해 IEEE 및 IEC 등의 문헌을 통한 국제규격을 조사하였으며, 이 현상이 전력시스템에 미치는 영향과 감시하는 방법 및 해석 방법에 대해 조사하였다.

이러한 웹 기반 전기품질 감시 시스템이 실제로 구현되면 전력 사용자가 웹으로 연결만 되어있는 장소라면 이용하는 전기의 품질을 확인이 가능하기 때문에 그동안 내부적으로만 제공되었던 여러 정보들을 직접 확인할 수 있게 된다. 그러나 웹 기반 전기품질 감시 시스템이 실 시스템에 적용되기 위해서는 해킹에 대한 보안과 안정성등 여러 문제점들을 해결 하여야 할 것이다.

[감사의 글]

본 연구는 현대중공업(주)과 과학 기술부 및 한국과학 재단의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어 졌으며 이에 감사 를 드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEEE Std 1159-1996 "IEEE recommended practice for monitoring electric power quality" IEEE Std 1159.3-2003
- [2] IEEE Std 519-1992 "IEEE recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems"
- [3] IEEE Std 1100-1999 "IEEE recommended practice for powering and grounding electronic equipment"
- [4] Lee, R.P.K.; Lai, L.L.; Tse, N.; "A Web-based multi-channel power quality monitoring system for a large network", Power System Management and Control, 2002. Fifth International Conference on (Conf. Publ. No. 488) , 17-19 April 2002
- [5] McGranaghan, Mark, "Trends in power quality monitoring", IEEE Power Engineering Review, Volume: 21 Issue: 10 , Page(s): 3 -9, 21 Oct 2001
- [6] 배영준, 이승재, "보호계전기를 이용한 전기품질 감시 기법 연구", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, Page : 62 - 64, 11. 2002
- [7] Hart, D.G "Tapping Protective Relays for Power Quality Information", IEEE Computer Applications in Power , Volume: 13 Issue: 1, Page(s): 45 - 49, , Jan 2000
- [8] Rong-Ceng Leou; Ya Chin Chang; Jen-Hao Teng "A Web-based power quality monitoring system", Power Engineering Society Summer Meeting, 2001. IEEE , Volume: 3 , 15-19 July 2001
- [9] 이강석, 임성일, "웹 기술을 이용한 전기품질 감시시스템 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, Page : 148 - 150, 7. 2003