

전력품질 분석기술 교육을 위한 웹기반의 e-learning 시스템 구현

홍상은, 심필섭, 한장이
순천향 대학교, 정보기술공학부

Implementing a Web-based E-learning System For Technical Education
of Electric Quality Analysis

Sang-Eun Hong · Pill-Sub Shim · Jang-Yi Han

Division of Information Technology Engineering, College of Engineering, Soonchunhyang University

Abstract - 최근 산업현장 뿐 아니라 일반가정에서도 고도의 자동화 및 정보화 기기의 사용이 급증하고 있어, 전력품질의 고급화가 그 어느 때보다 절실히 요구되고 있다. 이 요구를 만족시키기 위하여 전력품질 향상을 위한 노력이 필요하다. 이를 위해서는 전력품질을 측정하고 분석하는 기기의 개발과 함께 이를 운영하는 인력의 양성이 무엇보다 중요하다. 본 논문에서는 전력품질 분석기술 인력양성을 위한 방안의 하나로 인터넷을 이용하여 어느 곳에서나 현장실습과 같은 효과를 얻을 수 있는 웹기반의 e-learning 시스템을 구현하는데 목적을 두었다.

고조파왜형은 전력계통의 크기와 위상각으로 표현되는 고조파 스펙트럼에 의해 나타내어진다.

2.2.1 고조파의 영향

- 고조파에 의한 영향은 다음과 같이 다양하게 나타난다.
- 유도장해 발생
 - PLC 또는 마이크로프로세서 이용기기의 자동화 및 제어기기의 오동작
 - 보호계전기의 오동작 및 부동작
 - 선로의 LC 공진에 의한 전압 상승
 - 모터 등의 소음 증가

1. 서 론

전력품질은 전압변동, 고조파, 플리커 등을 지표로 사용하고 있으며, 이의 평가를 위해 전력 계통의 품질지표인 전압 변동, 고조파, 플리커 등의 계측이 필수적이다. 하지만 여러 여건상 직접적인 전력계통의 계측은 어려움이 따른다. 그 어려움을 해소하기위해 우리는 HIOKI사의 Power Quality Analyzer를 이용하여 Web에서 현장과 동일한 계측과 그 결과에 대한 분석을 통해 전력품질 분석기술 인력양성을 위한 하나의 방법을 제시하고자 한다.

2.2.2 고조파 관력 규격(IEEE std.519)

전 압	개별왜형률(%)	종합왜형률(%)
69kV이하	3.0	5.0
69kV초과 161kV미만	1.5	2.5
161kV이상	1.0	1.5

개별왜형률은 기본파 성분 실효치에 대한 각 차수의 고조파 성분의 비이며 다음 식으로 정의된다.

2. 본 론

$$\text{개별왜형률} = \frac{n\text{조파의고조파전압}}{\text{기본파전압}} = \frac{V_n}{V_1} \quad (n=2,3,\dots,n)$$

2.1 전압변동(Voltage Fluctuation)

전압변동이란 부하 변동과 돌입전류, 사고, 계통 절체 등으로 일어나는 일련의 랜덤한 전압변화이다.

V_n : 제n차 고조파 전압의 실효치

V_1 : 기본파 전압의 실효치

2.1.1 전압변동의 영향

전압변동은 유도전동기의 토크 저하, 부하전류 증가, 온도 상승, 조명기기의 조도 저하, 전자기기의 부동작 발생 등으로 인하여 전기기기의 수명 저하, 전력손실, 생산성의 저하 등을 초래한다.

종합왜형률(THD: Total Harmonic Distortion)은 기본파 성분 실효치에 대한 전체 고조파 성분의 비로서 이 값이 0에 가까울수록 기본파와 가깝다고 할 수 있다. THD는 다음 식으로 정의된다.

2.1.2 전압변동 관련 규격(한전 전기공급약관 제23조)

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \times 100\%$$

표준전압	변동허용폭	범위
110V	± 6V 이내	104V ~ 116V
200V	± 12V 이내	188V ~ 212V
220V	± 13V 이내	207V ~ 233V
380V	± 38V 이내	342V ~ 418V

2.3 플리커(Flicker)

전압변동이 빈번하게 발생하면 이 배전선에서 수전하고 있는 전등이나 형광등의 명도가 변동하고 그 정도와 반복의 주기에 따라서는 사람의 눈에 어른거림을 느끼게 한다. 이것을 플리커라 한다.

2.2 고조파(Harmonic)

고조파는 공급계통 기본주파수(정현파 : 60Hz)의 정수배 주파수를 가지는 사인파의 전압 또는 전류를 말하며 왜곡된 파형은 기본파와 고조파의 합으로 분리할 수 있다.

2.3.1 플리커의 영향

플리커에 의한 TV화면과 조명의 떨림은 사람에게 불쾌감을 주게 되고 컴퓨터 등의 전자장비 및 제어설비, 보호설비의 오동작 등을 발생시킨다.

2.3.2 플리커 관련 규격

구분	허용기준치	비고
예측계산시	2.5%이하	최대전압 강하율로 표시
실 측 시	0.45V	ΔV_{10} 으로 표시하며 1시간 평균치임

여기서, ΔV_{10} 은 전압 플리커의 척도로 플리커 전압을 주파수 분석하여 인간의 눈에 가장 떨림이 있다고 생각 되는 10Hz의 전압변동 성분으로 등가 환산한 것이다.

$$\Delta V_{10} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cdot \Delta V_n)^2}$$

ΔV_n : 전압동요를 1분 간격으로 주파수 분석하여 얻은 변동 주파수 f_n 의 전압변동성분의 진폭(실효치)

a_n : 변동주파수 f_n 에 대응하는 떨림 민감도 계수

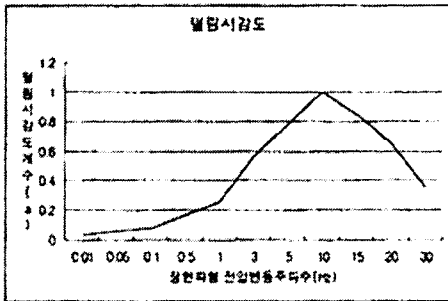


그림 1 떨림 민감도

2.4 전력품질 분석

전력품질 분석기술 교육을 위해 우리는 HIOKI사의 Power Quality Analyzer(전력품질분석기)를 이용하여 실험실 분전반의 전압과 전류를 측정함으로써 전력품질의 평가지표인 전압변동, 플리커, 고조파를 측정하여 분석하였다.

2.4.1 전압변동 측정

실험실 분전반에서 측정된 전압은 그림 2와 같이 일정 시간을 통해서 229V 부근을 중심으로 비교적 고르게 변동하고 있다는 것을 알 수 있다. 이를 통해 실험실 분전반의 전압변동 폭이 비교적 적다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 전압변동 폭이 적은 이유는 분전반 이하의 부하변동에 의한 분전반 전원 측의 전압변동에 미치는 영향이 적기 때문이라고 생각 할 수 있다.

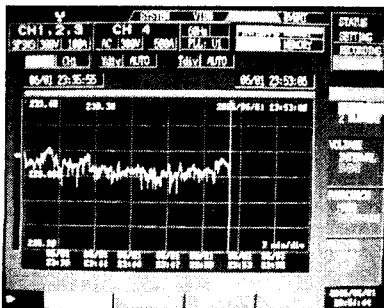


그림 2 전압 변동 측정

2.4.2 고조파 측정

실험실 분전반의 전압, 전류측정을 통해 전압 순시 파형의 확대 그림에 있어서 전압 피크부근에서의 파형이 정현파와는 다르게 일그러져 있다는 것을 알 수 있다. 또한 실험실의 분전반 파형은 피크 부분이 작아져 있는 파형이기 때문에 이것은 배선저항과 전류에 의한 전압강하의 영향이 크다고 생각 할 수 있다.

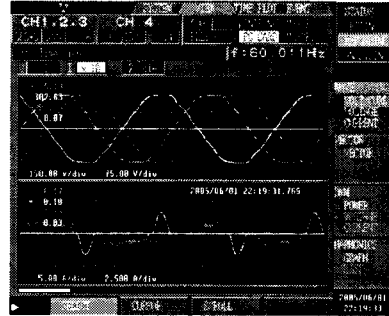


그림 3 전압, 전류 변동 측정

측정한 고조파 List에서 보면 THD(전압왜형률(%))가 2.77%로 고조파 유지기준안의 69KV이하 수용가에서 개별왜형률(%)이 3%이하인 것을 참조하면 측정된 실험실의 고조파 기준은 적합하다는 것을 알 수 있다.

Order	(V)	Or.	(V)	Order	(V)
1	100.00	18	0.00	35	0.04
2	0.03	19	0.23	36	0.00
3	0.49	20	0.01	37	0.04
4	0.05	21	0.10	38	0.00
5	1.73	22	0.00	39	0.04
6	0.01	23	0.10	40	0.00
7	1.52	24	0.01	41	0.06
8	0.02	25	0.06	42	0.00
9	0.55	26	0.01	43	0.06
10	0.03	27	0.02	44	0.00
11	1.22	28	0.01	45	0.06
12	0.01	29	0.02	46	0.00
13	0.18	30	0.00	47	0.05
14	0.01	31	0.05	48	0.00
15	0.47	32	0.00	49	0.04
16	0.01	33	0.06	50	0.00
17	0.03	34	0.00	THD	2.77 (%)

그림 4 실험실 분전반의 고조파 List

2.4.3 플리커 측정

측정결과에 의하면 플리커 ΔV_{10} 의 측정값이 0.334V~0.365V 사이의 값으로 측정 되었다. 현재 플리커에 대한 규제는 ΔV_{10} 을 0.45V로 규제하고 있어서, 실험실 분전반의 플리커 측정값은 플리커 관련 규격 규제치 안에 있기 때문에 적합하다는 것을 알 수 있다.

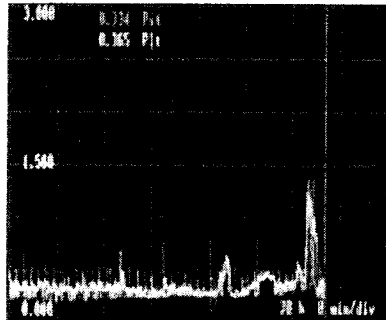


그림 5 플리커 측정(좌측상단에 플리커 ΔV_{10} 의 측정값표시)

2.5 웹기반의 e-learning 시스템 구현

전력품질 분석하는 기술은 이론과 함께 현장에서 발생하는 다양한 양상을 이해하여야 하는 어려움이 있다. 그러므로 전력품질 분석 기술 인력을 양성하기 위해서는 현장의 실습을 통하여 다양한 경험을 익혀야 한다. 그러나 매년 현장 실습을 통한 교육을 하기에 여러모로 많은 제약이 따르기 마련이다. 열악한 교육여건을 고려하여 교육효과를 극대화하기 위한 방안으로 e-learning 시스템을 제안하고자 한다. 그림 6은 웹기반 e-learning 시스템 개념도를 도시화 하였다.

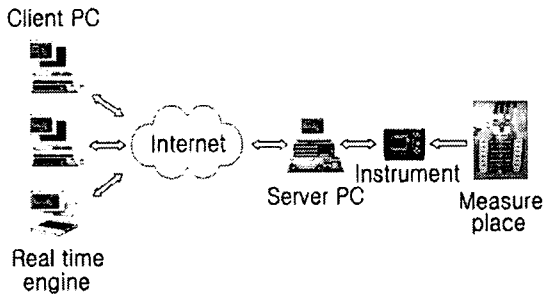


그림 6 e-learning 시스템 개념도

실제 실험실에서 측정된 데이터를 웹기반을 중심으로 사용자가 real time engine(실시간 데이터 측정 및 제어 시스템)을 이용하여 Server측 계측기기의 측정 데이터를 분석 하고 평가함과 동시에 Server측 계측기기의 설정 값(결선, 전압범위, 전류범위, 위상, 주파수등등)을 변경 할 수 있어 실제로 계측장비를 다루는 것과 같은 효과를 얻을 수 있는 웹기반 시스템을 구현하였다. 그림 7은 Server PC 측의 화면을 나타내었다.

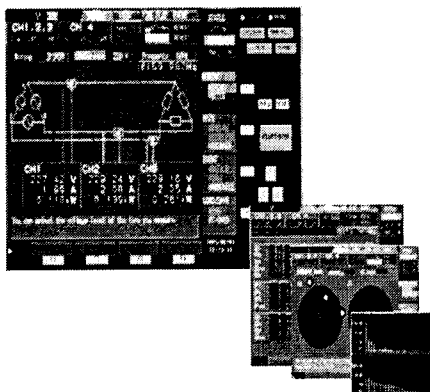


그림 7 전력품질 분석 web기반 e-learning 화면 (Server PC)

사용자가 Client PC에서 Server PC로 web을 통해 접근하기 위해서 계측기에 연결된 Server PC의 IP주소를 할당 하고 web browser를 통해 Client PC는 Server PC의 할당된 IP주소로 접근한다. 예를 들어 Server PC의 IP 주소가 208.19.25.15로 할당되어 있으면 Client PC에서 Server PC에 접근하기위해서 web browser 주소창에 http://208.19.25.15 를 입력하게 되면 Server PC에 접근 할 수 있다. 그림 8은 Client PC 측의 화면을 나타내었다.

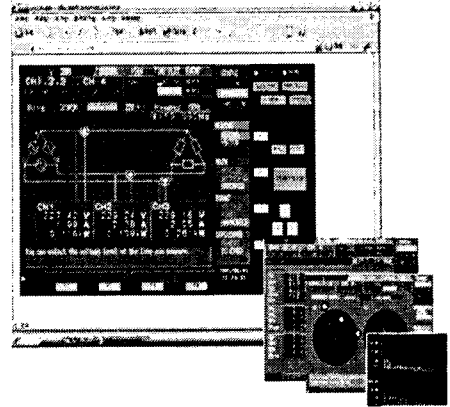


그림 8 전력품질 분석 web기반 e-learning 화면 (Client PC)

3. 결 론

전력전자 기술의 발달과 이를 이용한 기기의 보급 확대로 전력품질의 지표를 유지하기 어려운 상황에서 전기에너지의 수급환경의 문제점 해소와 지속적인 개선을 위해서는 보다 적극적인 노력이 필요하다. 이를 위해 전력품질 측정, 분석하는 기기의 개발과 함께 이를 운영하는 인력의 양성이 중요함을 깨닫고 실제 실험실의 전력을 측정해 봄과 동시에 전력품질 분석을 통해 전력품질 분석기술 교육을 익혔다. 또한 인터넷을 통한 가상공간에서 학습이 급속도로 확산되고 가운데 이러한 시대적인 변화에 능동적으로 대처하기 위해서는 웹기반의 e-learning 시스템 도입이 필요하다. 이번 웹기반 e-learning의 시스템의 효율적인 구현을 위해 제시된 방안은 수많은 방법 중의 하나로써 향후 많은 수정과 보완이 이루어질 것이며 제안된 방안은 전력계통뿐만 아니라 다른 교육 분야에까지 확대 적용이 가능하여 기존의 교육시스템에서 발생하는 문제를 상당부분 보완 할 수 있을 것으로 생각된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 金白京, “배전로에서의 상용전원 전력품질 분석”, 군산대학원 학위논문지, pp. 4-19, 2003. 2
- [2] Roger C.Dugan 외2인, “Electrical Power Systems Quality”, McGraw-Hill, pp. 233-259, 2002. 11
- [3] Nicholas Avouris 외4인, “Implementing a Web-based e-learning Environment for Electrical and Computer Engineers”, ICEE, pp. 1-4, 2003. 7
- [4] 홍성규, “전력품질에 영향을 미치는 요소 및 품질 향상방안에 관한 연구”, 연세대학교 산업대학원 학위논문집, pp. 28-39, 2000. 12
- [5] IEEE std.519
- [6] 이의용, “전기품질개선을 위한 효율적인 고조파 진단 툴 개발”, 산학기술성공학회, pp. 63-68, 1997.
- [7] 전영환 외 4인, “전력시장 체제 하에서 플리커 및 고조파 규제 방안과 현황”, 홍익대학교, 한국전기연구원, 대한전기 학회 하계학술대회 논문집. pp. 1-3, 2002. 7