

PQMS를 통한 실시간 플리커 측정 방안에 관한 연구

조수환, 장영수, 장길수, 전영수*, kwak노홍*, 추진부*
고려대학교, 한국전력연구원*

Real Time Measurement of Voltage Flicker through the PQMS

Cho Soohwan, Jang Youngsoo, Jang Gilsoo, Jeon Youngsoo*, Kwak Nohong*, Choo Jinboo*
Korea Univ. Electrical Engineering, KEPRI*

Abstract - Nowadays there are many kinds of large scale loads and they make the power quality deteriorated. As the uses of nonlinear loads increase, there are the influences on the other kinds of loads (mainly light loads) in the same distribution system. Especially the voltage variation by the loads which draw the large and instantaneous currents can cause the appreciable light flicker. This is called the voltage flicker or, briefly, the flicker. This paper deals with the digital and time domain algorithm of measuring flicker based on IEC 61000-4-15 and the real time measurement of flicker through the proposed power quality monitoring system.

1. 서 론

현대의 전력 시스템은 눈부신 발전을 이루어 소비자로서 하여금 많은 수단을 통해 이익을 창출하는데 이바지 하게 되었다. 과거의 중공업 및 가내 수공업의 중심에서 정밀도를 요하는 정보/전자산업 중심의 고부가가치 산업으로의 발전은 물론 대도시의 확장으로 인해 대형 부하 단지가 증가하게 되었다. 이에 따라 단순히 중단없는 전력의 공급보다는 고품질의 전력 공급에 대한 필요성을 인식하게 되었으며 그에 대한 관심이 점점 증대되고 있는 실정이다. 특히 대형 비선형 부하의 증가로 인한 인접 부하에 대한 영향이 무시할 수 없을 정도로 커지게 되었는데 이는 부하 변동에 대해 상대적으로 반응이 약한 시스템에서 발생되며 이로 인한 수전단 전압의 왜곡은 수전단의 부하의 특성, 종류에 따라 여러 가지 양상을 보이거나 그 중에서도 전동부하의 감박임은 소비자로서 하여금 쉽게 인지되는 특징을 갖고 있다. 이와 같이 전압의 흔들림으로 인한 전동부하의 감박임 현상을 플리커라고 한다. 계통 내에서 플리커를 발생시키는 주된 원인은 다음과 같다.

- 순간적으로 많은 전류를 사용하는 비선형 부하 (아크로, 용접기, 산업용 유도 전동기 등)
- 대형 모터의 기동 시
- 소규모 부하 사용량의 일시적인 증가

하지만 플리커는 사람의 인지도에 직접적으로 관련이 있는 현상으로 전압의 변동량 및 발생 빈도 그리고 개개인이 수행 중인 일의 종류(전동 부하와 개인의 간격을 결정)에 따라 그 인식도도가 상이하게 나타난다. [1]

또한 플리커를 인식하는 정도와 그로 인해 불쾌감을 느끼는 정도의 차이도 감안해야 하므로 플리커를 판단하고 측정하는 것은 여러모로 어려운 문제였다.

그리하여 International Electrotechnical Commission (IEC)에서는 Union Internationale d'Electrothermie(UIE)에서 개발한 프로토콜을 기반으로 새로운 플리커의 측정에 대한 표준을 마련하게 되었다. [2]

본 논문에서는 IEC 61000-4-15를 기준으로 한 시간영역에서의 디지털 플리커미터의 구현 방법에 대해 알아보고 이를 효율적으로 사용하기 위한 IEC 61850 기반의

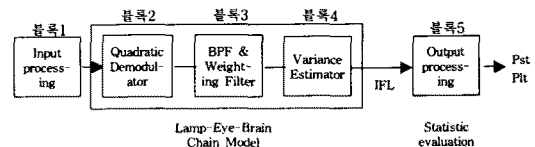
무선 프로토콜과 Ethernet 통신을 이용한 새로운 실시간 모니터링 시스템에 대해 소개하기로 한다.

2. 본 론

2.1 디지털 플리커미터의 설계

2.1.1 IEC 플리커미터의 개요

IEC에서 제안하는 플리커미터는 아날로그 신호에 기초한 것으로 크게 입력 전압의 변동에 의한 램프-눈-두뇌의 연쇄반응 관계에 관한 블록과 수치적인 플리커 계수(Pst, Plt)를 계산하는 통계적 분석 블록으로 구성되어 있다. [그림 1]은 IEC 아날로그 플리커미터의 대략적인 동작 원리를 설명하고 있다.



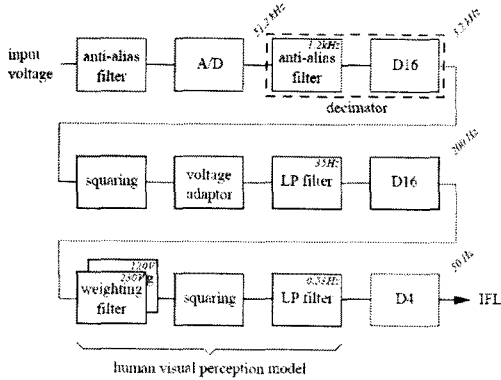
[그림 1] IEC 플리커미터의 동작 원리

디지털 플리커미터 또한 [그림 1]과 같은 아날로그 플리커미터에 기반을 두고 있으나 샘플링비, 디지털 해상도, 윈도우 및 아날로그-디지털 변환에 따른 오차의 개선을 통해 구현될 수 있다. 일반적인 플리커미터의 구조는 다음과 같다. 먼저 블록1을 통해 입력 전압의 순간적 효치를 구하고 이를 기준으로 하여 변동치의 상대값(pu 값)을 추출해낸다. 이로 인해 메인 주파수 성분과는 무관한 실질적인 플리커 성분을 구할 수 있다. 이 신호는 저주파수 성분(플리커를 발생시키는 0.5~30Hz의 성분)의 분리가 용이하도록 제곱이 수행되며 블록3에서 0.05~35Hz의 차단주파수를 갖는 대역통과필터와 가중치필터, 블록4에서 저대역 통과필터를 통과하면서 플리커 성분에 대한 레벨(IFL)이 결정된다. 마지막으로 블록5를 통해 수치적인 지수(Pst, Plt)로 변환되어 플리커의 정도를 평가할 수 있게 된다.

2.1.2 디지털 플리커 측정 알고리즘의 구현

여기에 몇 가지 요소를 추가하여 디지털 플리커미터를 구현할 수 있다. 이 논문에서는 IEC 플리커미터와의 비교를 위해 120V, 60Hz 시스템의 예를 들기로 한다.

먼저 AD컨버터를 이용하여 1024샘플/주기(51.2kHz)의 불연속 입력 신호를 취득한 후 신호의 왜곡을 줄이기 위해 안티-앨리어싱 필터를 통과시키고 다운 샘플링을 통해 3.2kHz의 데이터로 변환한다. 그리고 그림 1과 같이 블록1, 2의 수정과정을 거친 데이터를 200Hz로 다운샘플링하여 계산량을 줄인다. 그리고 디지털 영역으로 변환된 가중치 필터를 통과시킴으로써 아날로그의 경우와 동일한 측정이 가능하다.



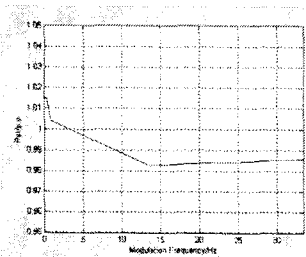
[그림 2] 디지털 플리커미터의 블록 다이어그램

[그림 2]는 위에서 설명한 디지털 플리커미터의 블록 다이어그램을 보여주고 있다. [3]

이렇게 얻은 데이터(IFL)는 십각도지수라고 불리는 Pst, Plt값으로 변환되며, 이는 누적확률 함수(CPF: Cumulative Probability Function)를 이용하여 전체 시간에서 일정한 비율을 차지하는 수준의 레벨을 결정하고 몇 개의 대표적인 레벨에 가중치를 부여하여 평균값을 구한 것이다.

Pst는 10분간 측정된 데이터로부터 계산되는 값으로 1.0의 한계치를 가지며, Plt의 경우 2시간동안의 Pst(총 12개의 Pst값)로부터 계산되고 0.65의 한계치를 갖는다. 이와 같이 플리커는 순간적인 현상의 측정이라기보다는 일정시간동안 정상상태의 변화추이를 측정하는 것이라 할 수 있다.

또한 IEC 61000-4-15에서는 계산된 Pst의 값이 1.00 ±0.05의 범위 안에 들어올 것을 권고하고 있다. [그림 3]은 플리커미터에 대한 시험 규격에 따른 7개의 입력데이터(분당 1, 2, 7, 39, 110, 1620, 4000의 변화를 갖는 직각파, [표 1]을 참고)에 대한 Pst를 구한 것이며 오차 범위 내에서 계산되었음(최소:0.983, 최대:1.015 정도)을 보여주고 있다.



[그림 3] 230V/50Hz 시스템의 주파수별 Pst 곡선

또한 다음 장에서 소개될 웹 기반의 새로운 모니터링 시스템은 인터넷을 통해 특정 지역에서 발생하는 플리커에 대한 정보를 실시간으로 제공하는 기능이 있는데 이를 위해 10분 만에 Pst에 대한 정보를 업데이트하는 것보다 1분에 한 번씩 업데이트할 것을 제안하는 바이다. 이로 인해 Pst 계산에 필요한 메모리의 양도 획기적으로 줄일 수 있으며 실시간 측정이라는 기능상의 의미에 부합될 수도 있다. 물론 IEC 규격에 의거하여 10분마다 측정된 Pst를 공식적인 데이터로 인정해야 하며 1분마다 측정된 Pst값은 그에 대한 참고값으로 사용되어야 한다. [표 1]은 10분 간격과 1분 간격으로 계산된 Pst값이 거의 일치함을 보여준다.

[표 1] 10분/1분 간격으로 계산한 Pst

Rectangular changes per minute	Voltage changes (230V Lamp 50Hz System) $\frac{\Delta V}{V} \%$	10분 간격으로 계산한 Pst	1분 간격으로 계산한 Pst
1	2.724	0.98663	1.0056 & 0.95478
2	2.211	0.99621	0.99621
7	1.459	1.0058	1.0044
39	0.906	1.0147	1.0147
110	0.725	1.0048	1.0048
1620	0.402	0.98248	0.98248
4000	2.40	0.98662	0.98592

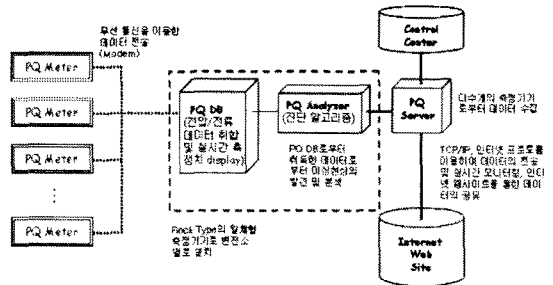
2.2 모니터링 시스템

이 논문에서 제안하는 전력품질 실시간 모니터링 시스템(PQMS, Power Quality Monitoring System)은 크게 데이터의 취득, 가공(처리) 및 공유의 단계로 구분되며 그 특징은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- PQ미터로부터 취득된 데이터의 무선 전송 방식
- 변전소별 설치 가능한 Rack Type의 측정 장비
- 인터넷 웹사이트를 통한 중앙 감시/제어 및 측정치의 실시간 디스플레이

[그림 4]는 모니터링 시스템의 대략적인 개요를 설명하고 있다.

시스템은 주요기능별로 데이터베이스, 통신, 제어의 3부분으로 나눌 수 있다. 데이터베이스 서버에서는 모든 측정기기로부터 수집된 데이터는 물론 진단 알고리즘을 통해 구해진 분석 결과를 저장하며 각 서버들의 데이터를 저장한다. 통신 서버에서는 무선 통신을 통한 측정기기 및 시스템간의 송수신, 인터넷을 통한 원격 모니터링 및 각 제어단 간의 통신을 담당하며 제어 서버에서는 각 서버의 유지/관리, 사용자와 시스템간의 인터페이스 제어 등을 담당하게 된다.



[그림 4] 실시간 모니터링 시스템의 개요

2.2.1 데이터의 취득

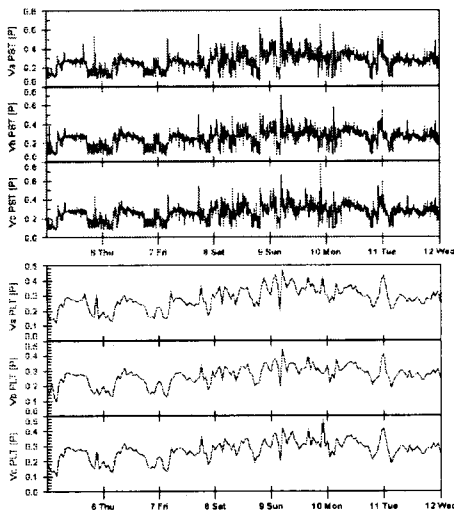
배전 계통의 최말단에 설치된 PT, CT는 실시간의 전압, 전류 신호를 조작없이 변전실 내에 설치되어 있는 PQ미터로 데이터로 전송하고 PQ미터는 전압/전류의 순시치, 실효치 및 유효전력, 역률, 무효전력 등 간단한 데이터를 계산하여 그 결과를 소형 무선 발신기(무선모뎀)을 통해 데이터베이스로 전송하게 된다. 이를 통해 데이터 취득에 소요되는 시간을 최소화할 수 있다. 또한 실시간으로 동시에 모든 개소의 상태를 정확히 모니터링하기 위해서 전국 각지에 산재한 변전소별로 수집된 데이터는 시간대별로 동기화될 필요가 있다. 이를 위해서 GPS를 이용한 PQ미터간의 직접적인 동기화는 물론 일정 시간 간격으로 서버에서 동시에 동기 시각을 점검하는 방식을 사용한다. 또한 취득된 데이터를 전송하는 과정에 동기화된 시간 정보를 추가함으로써 전국 어디서든 실시간으로 정확한 데이터의 취득이 가능하다.

2.2.2 데이터의 가공

위와 같이 취득된 데이터는 AD 컨버터를 통해 샘플링, 양자화, 부호화의 과정을 거쳐 해석하기 용이한 형태의 이산신호로 변형된다. 이 데이터는 각종 전력품질 측정 알고리즘에 사용되어 실질적인 측정지수로 환산된다. 플리커의 경우 IFL, Pst, Plt 등의 시간별, 취득개소별 데이터가 계산되어 장비의 저장장치에 저장된다. 이렇게 측정된 데이터는 제어 및 모니터링이 가능하도록 인터넷을 이용하여 중앙 모니터링 센터로 보내지게 된다.

2.2.3 데이터의 공유

이렇게 중앙으로 수집된 데이터는 인터넷을 통해 전력 회사의 내부 네트워크에 연결되며 이를 통해 전국 각지의 변전소는 물론 원하는 위치의 정보를 실시간으로 확인할 수 있다. 이는 원격 감시 목적은 물론, 웹사이트를 통해 소비자들에게 직접 정보를 전달해주는 역할을 하게 된다. 특히 플리커의 경우 1분마다 계산된 Pst값이 그래프 상에 나타나며 10분 간격으로 측정된 Pst와 2시간 간격으로 측정된 Plt는 공식적인 데이터로 사용되어 [그림 5]와 같이 표시된다.



[그림 5] 실시간 Pst, Plt 디스플레이의 예시 (PQweb의 예) [4]

3. 결 론

본 논문에서는 플리커의 정도를 평가하기 위한 디지털 측정 알고리즘은 물론 무선 통신 방식을 이용한 새로운 전력품질 모니터링 시스템에 대해 소개하였다. 또한 여기에서 소개된 플리커 측정 알고리즘은 IEC 표준에 의거한 플리커미터의 동작을 보여주기 위한 것으로 더욱 효율적인 플리커의 측정을 위해 주파수 영역에서의 측정법과 FFT, 웨이브릿 변환을 이용한 측정법 등도 검토될 수 있다. 그리고 다양한 전력품질 관련 항목을 실시간으로 정확하게 측정하기 위해 고안된 모니터링 시스템은 데이터의 취득 단계에서 데이터의 조작을 최소화함으로써 전송 속도를 최대화하였고 실제 변전소 설치에 있어 장소의 제약을 극복하기 위해서 무선 전송방식을 채택하였으며 정확한 실시간 동시측정을 위해 동기화 방식을 제안하였다. 그로부터 계산된 전력품질에 대한 정보들을 장소와 시간에 관계없이 가능한 많은 사람들이 동시에 공유하는데 역점을 두었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Roger C. Dugan, "Electrical Power Systems Quality", 2nd ed, p316~320, 1996
- [2] IEC 61000-4-15, "Flickermeter-Functional and design specifications", 2003
- [3] T. Keppler, N.R. Watson, S. Chen and J. Arrillaga, "Digital Flickermeter Realisations in the Time and Frequency Domains"
- [4] <http://www.powermonitoring.com/pqwebdemo/query.asp>