TMS320C6701 프로세서를 이용한 전력 품질 측정

Power Quality Measurement Using TMS320C6701 Processor

신 명 준*, 손 영 익**, 김 갑 일***
(Myong-Jun Shin, Young-Ik Son, Kab-Il Kim)

Abstract - Research interests in PQ(Power Quality) measurement and monitoring system have been increased. This paper describes an experimental result for monitoring system that monitors power quality and undesirable accidents when distributed generations are connected to the power grid. Prior to develop a physical monitoring system for distributed generation applications, we constitute a mesuring system for the general PQ factors. In this paper, an approach to how to measure the PQ elements is presented by using TMS320C6701 processor. Simulation results using the PSCAD and the power system simulation equipment Dobel have verified the proposed measurement system.

Key Words : 전력품질, DSP, 샘플링, PSCAD, FFT

1. 서 론

전력 산업의 개편과 분산 전원의 도입 등으로 인해 전력 품질에 대한 관심이 고조되고 있다. 수용가의 고가 전자 장비들은 전압 변동에 민감하기 때문에 전력 수요자들은 보다 좋은 품질의 전력을 요구하고 있으며, 부하에 연결된 전자 장비들은 선로의 역률이나 시스템에 악영향을 미칠 수 있기 때문에 공급자들에게도 이러한 항목들은 주요 관심 대상이다. 따라서 전력 품질을 측정하며 데이터를 저장하고 분석할 수 있고 적절하게 디스플레이할 수 있는 시스템이 요구된다. 이러한 시스템은 수요자와 공급자 모두에게 원하는 데이터를 제공해주며 전력 품질에 이상이 발생할 경우 원인을 분석하고 신속하게 조치를 취할 수 있는 근거를 제시하게 된다.

전력 품질 모니터링 시스템은 다수의 분산 전원을 전력 계통에 연계함에 있어서 더욱 유용하게 사용될 것이라 예상된다. 발전기를 소유한 개인이 계통에 전력을 공급할 때 문제가 발생할 경우에 대비하여 모니터링 시스템으로부터 기록된 데이터를 사용하여 그 원인 분석으로 불안정한 상황을 미연에 차단하고 신속한 대처가 이루어질 수 있기 때문이다.

본 논문에서는 분산전원 계통 연계를 위한 모니터링 시스템 개발의 일단락으로써 전력 품질을 측정하는 방법에 대해 기술하고 하드웨어 테스트를 통해 그 성능을 검증한다.[1][2][3][4]

2. 본 론

2.1 전력품질 모니터링 시스템의 구조

전력품질 모니터링 시스템은 그림 1과 같은 구조로 되어있다. 아날로그 입력 파형은 A/D모듈을 통해 14bit 디지털 정보로 변환되며 DSP는 샘플된 신호를 이용하여 연산을 수행하게 된다. 연산된 결과를 PC에서 확인한다.

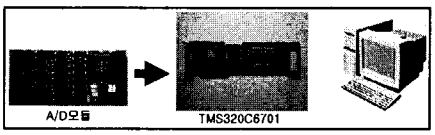

그림 1 전력품질 모니터링 시스템의 구성도

2.2 전력품질 규격정의

전력 품질에 대한 규격은 IEEE Std1159-1995에 정의되어 있다.[5] 본 논문에서는 정의된 25개 항목중에서 4개의 항목을 선택하고 실험을 통하여 전력 품질 모니터링 시스템의 성능을 검증한다. 실험에 적용되는 4개 항목은 표 1에 나타나 있다.

Categories	Typical spectral content	Typical duration	Typical voltage magnitude
2.1 Instantaneous			
2.1.1 Sag		0.5 - 30cycles	0.1 - 0.9pu
2.1.2 Swell		0.5 - 30cycles	1.1 - 1.8pu
2.2 Momentary			
2.2.1 Interruption		0.5cycles - 3s	< 0.1pu
5.2 Harmonics	0 - 100th H	steady state	0 - 20%

표 1 전력품질측정 실험항목

2.3 전력품질측정 하드웨어 테스트

2.2절에서 열거한 항목들을 대상으로 실제 하드웨어 테스트를 수행한다. 테스트 순서는 그림 2에 있다. 도블은 CT, PT를 통과한 모의 파형을 아날로그 형태로 출력하는 장비이다.

PSCAD를 사용하여 선로를 모의하게 되고 모의된 파형은

* 辛 明 俊 : 明知大學校 電氣工學科 碩士課程
** 孫 瑛 翼 : 明知大學校 電氣工學科 助敎授 · 工博
*** 金 甲 一 : 明知大學校 電氣工學科 敎授 · 工博

PSCAD내부의 레코더 컴포넌트에서 comtrade형태의 파일로 저장하게 된다. 도블에서 모의실험 파형을 아날로그 형태로 출력하기 위해서는 comtrade 파일이 필요하기 때문이다.(그림 3)

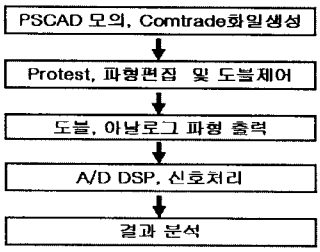

그림 2 실험 순서

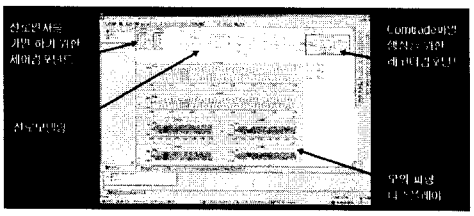

그림 3 PSCAD를 이용한 선로 모의

Protest는 모의 파형을 도블에서 출력할 수 있도록 PSCAD에서 생성된 comtrade화일을 편집하는 소프트웨어이다. 또한 CT, PT비를 설정함으로써 모의된 전압, 전류파형을 A/D가 가능한 ±10V이내의 전압 범위로 변환해주는 기능을 가지고 있다.(그림 4)

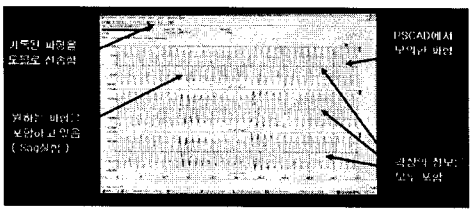

그림 4 Protest를 이용한 모의 파형의 편집

A/D모듈(IP341, spectrum digital 社)은 도블에서 출력된 아날로그 파형을 주기당 64샘플을 하며 DSP에서 사용할 수 있는 14bit 디지털 신호로 변환한다. DSP는 매 주기마다 RMS와 FFT연산을 수행한다. RMS는 interruption, sag, swell 검출 알고리즘에 사용되고 FFT[6][7]는 harmonics를 검출하는 알고리즘에 사용된다. (그림 5)

PSCAD에서 각 항목에 해당하는 파형을 모의하고 모든 항 목에 대한 실험을 수행한다. 실험 결과는 Code Composer Studio를 사용하여 DSP내부의 플래그 상태를 점검하고 실제 모의된 파형과 DSP에 기록된 파형의 비교와 분석을 통하여 이루어진다. (그림 6)

2.4 하드웨어 테스트 결과 분석

Harmonics(그림 7, 그림 8), Interruption(그림 9, 그림 10),

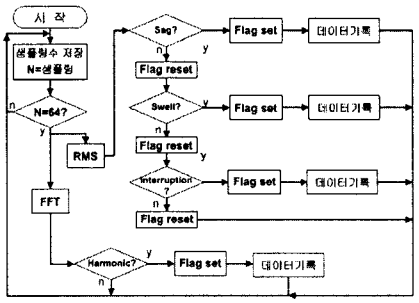

그림 5 항목 검출 알고리즘

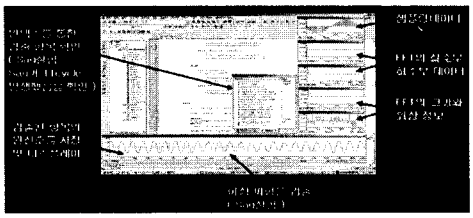

그림 6 CCS를 이용한 결과의 분석

Sag(그림 11, 그림 12), Swell(그림 13, 그림 14)에 대한 각각의 실험 결과가 있다. 시뮬레이션 파형과 DSP에서 샘플링하고 저장된 이상신호의 파형이 정확하게 일치함을 알 수 있다. 또한 이상 신호가 발생할 경우 DSP에서 플래그를 셋하고 이상 신호가 발생한 주기수를 기록하도록 프로그램하였고 Code Composer Studio를 통해 DSP의 플래그를 검사한 결과 각각의 실험에서 사고 형태와 이상신호의 발생주기수를 정확하게 분석해냈다.

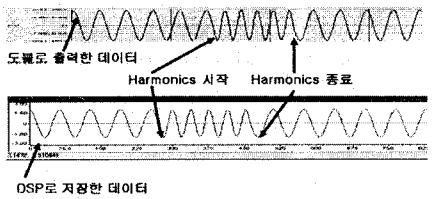

그림 7 Harmonics 실험 결과 파형 분석

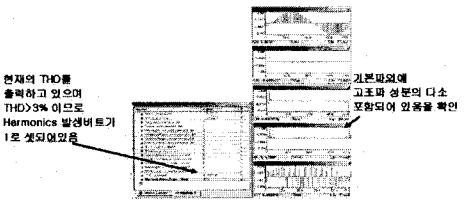

그림 8 Harmonics 실험 결과 플래그 점검

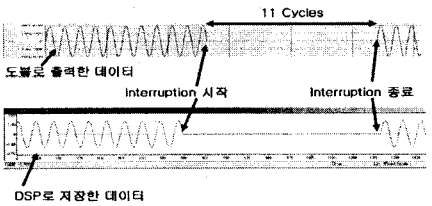

그림 9 Interruption 실험 결과 파형 분석

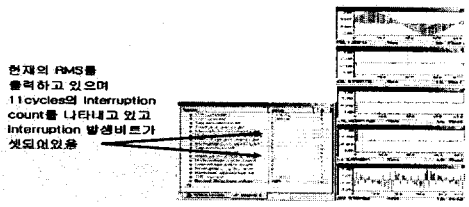

그림 10 Interruption 실험 결과 플래그 점검

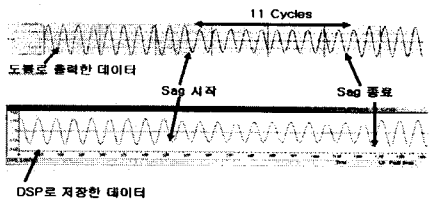

그림 11 Sag 실험 결과 파형 분석

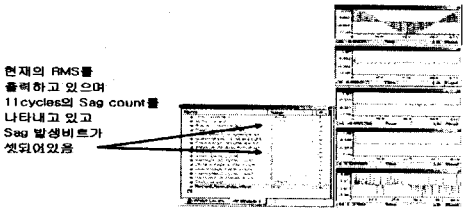

그림 12 Sag 실험 결과 플래그 점검

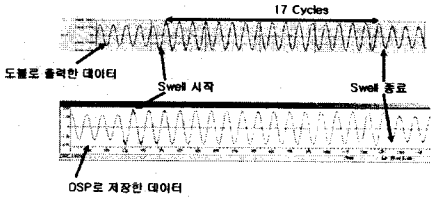

그림 13 Swell 실험 결과 파형 분석

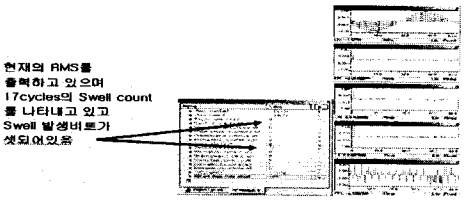

그림 14 Swell 실험 결과 파형 분석

3. 결 론

본 논문에서 실험을 통해 확인한 전력 품질에 관련된 정보들은 전력 계통에서 발생한 사고의 원인을 분석하고 사고로부터 신속하게 전력 계통을 정상으로 복원할 수 있는 방법을 제시할 수 있다. 따라서 분산 전원의 계통 연계에 있어서 전력품질 모니터링 시스템의 역할은 중요하다.

본 논문에서는 대표적인 4개의 항목에 대해 실험을 수행하였다. 다른 항목과 비교하여 검출 주기만 다르고 검출방법이 유사하다는 점을 고려할 때 다른 항목들도 포함하는 전력 품질 모니터링 시스템의 개발도 가능하다. 또한 얼마나 많은 데이터를 저장할 수 있는가, 동시에 측정할 수 있는 항목의 개수가 얼마나 되느냐가 시스템의 성능 지표중 하나임을 고려할 때 알고리즘의 보완 및 전력 품질 모니터링 시스템의 검출 정보를 데이터베이스화하는 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 / 한국과학재단
우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음
(차세대전력기술연구센터)

참 고 문 헌

[1] Rulph Chassaing, "DSP Applications Using C and the TMS320C6xDSK", Wiley, 2002

[2] A. Lakshmikanth, Medhat M. Morcos, Warren N. White,Jr. "A Real-Time System for Power Quality Testing", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol.47, no.6, December 1998

[3] A. Lakshmikanth, Medhat M. Morcos, "A Power Quality Monitoring system: A Case Study in DSP-Based Solution for Power Electronics", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol.50, no.3, June 2001

[4] Giovanni Bucci, Edoardo Fiorucci, Carmine Landi, "Digital Measurement Station for Power Quality Analysis in Distributed Environments" IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, May 21-23, 2001

[5] IEEE Std 1159-1995 "IEEE recommended practice for monitoring electric power quality" IEEE Std 1159.3-2003

[6] James H. McClellan, Ronald W. Schafer, Mark A. Yoder, "Signal Processing First", Prentice Hall, 2003

[7] Charles L. Phillips, John M. Parr, "Signal, System, and TransForms", Prentice Hall, 1999