

## DSP를 기반으로 운용되는 전력품질 감시 시스템

이교성\*, 이용재, 임상욱, 조풍구, 김양모  
충남대학교 전기공학과

### A Power Quality Monitoring System Based On The Digital Signal Processor

Lee Kyo-sung\*, Lee Yong-Jea, Yim Sang-Wook, Jo Pung-Gu, Kim Yang-Mo  
Dept. of Electrical Engineering, Chungnam National University

**Abstract** - To improve the power quality, various types of equipment are used. However, without determining the existing levels of power quality, electric utilities and customers cannot adopt suitable strategies and equipment to improve the power quality. Therefore, in this paper, power quality monitoring system is discussed.

#### 1. 서 론

전력품질이라는 용어는 1980년대 후반 이후로 전력산업에서 가장 중요한 관심사 중의 하나가 되었으며, 각기 다른 형태의 전력 외란들의 집합적 개념이다. 전력전자 및 반도체 기술의 발달과 더불어 외란에 민감한 전자부품 또는 장비가 증가하고 있으며 가정이나 사무실, 혹은 산업체에 있어서 그 수요는 더욱 증가하고 있기 때문에 이러한 전자장비의 성능에 더욱 의존적이 되고 양질의 전력품질이 공급되지 않는 경우 그에 따른 경제적 손실은 상상을 초월한다. 따라서 가정 및 상업, 산업 수용가에서 양질의 전력품질에 대한 요구는 앞으로 더욱 늘어날 것이다.

전력품질을 향상시키기 위해서 여러 가지 장비가 사용되고 있으며 대표적인 것으로 직렬 변압기를 통하여 계통에 직접 보상전압을 주입하여 순간전압강하 혹은 순간전압상승의 보상을 목적으로 하는 동적 전압 보상기 (Dynamic Voltage Restorer : DVR), 무효전력 보상을 목적으로 별렬 변압기를 통하여 보상이 이루어지는 정지형 보상기 (Static Compensator : STATCOM) 그리고 무정전 전력 공급장치 (Uninterruptible Power Supply : UPS) 등 각종 장비가 그 목적에 맞게 사용되고 있다.

전력품질을 향상시키기 위한 적절한 장비를 채택하기 위해서는 적용하고자 하는 곳의 전력품질의 정도를 알아야 한다. 어떠한 외란이 주로 영향을 미치는지를 알아야 적절한 보상책을 적용하여 최대의 효과를 얻을 수 있기 때문이다. 따라서 외란의 종류와 원인 및 그 발생정도에 관한 정보는 필수적이다. 이는 각각의 외란을 검출 및 국소화하고 분류함으로써 가능하다. 따라서 전력품질을 감시하여 정보를 축적하는 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 전력품질에 영향을 미치는 여러 가지 외란 중에서 순간전압강하, 순간전압상승 그리고 순간정전의 검출을 목적으로 하는 전력품질 감시 시스템을 구성하고 시뮬레이션과 실험을 통하여 그 우수성을 보이고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 전력 외란의 종류와 영향

전력품질을 언급함에 있어서 주된 관심의 대상은 한 주기에서 수초 동안의 짧은 시간동안 지속되는 외란을 다루고 있다. 전력품질의 저하는 장비에 악영향을 끼칠

뿐만 아니라 엄청난 경제적 손실을 유발한다. 미국의 경우 순간전압강하 등의 전력외란에 의한 손실액이 연간 \$26억에 이르고 있는 것으로 추정된다. 국내 모 반도체 공장의 경우 1회 순간전압강하 발생시 약 100억원의 손실이 발생하여 연간 약 2,000억원의 손실이 발생하는 것으로 보도되기도 하였다.

본 논문에서는 여러 전력 외란 중에서 순간전압강하와 순간전압상승 그리고 순간정전에 대하여 논하도록 하겠다.

##### 2.1.1 순간전압강하 (Voltage Sags)

순간전압강하는 전력품질의 개선을 위하여 가장 중요시 되는 외란으로 발생빈도가 가장 높고 미치는 영향 또한 가장 크다.

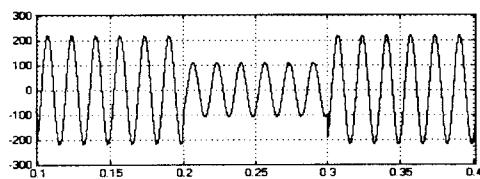


그림 1. 순간전압강하

IEEE 와 IEC의 규정에 따른 순간전압강하에 대한 표현은 약간의 차이가 있다. IEEE 표준에 따르면, 순간전압강하는 송배전 계통상에서 지락사고나 대용량 부하의 기동으로 인해 발생하는 현상으로 0.5주기에서 1분 동안 전력계통에서 전압이 RMS 값으로  $0.1\text{pu} \sim 0.9\text{pu}$  이내로 감소하는 현상이라고 정의하고 있으며, 순간전압강하의 크기는 기준전압에 대하여 순간전압강하 후 남은 전압으로 표현한다. IEC의 경우, 0.5초에서 수초 동안 전압이 순간적으로 감소하는 현상으로 정의하고 그 크기는 기준전압에 대하여 줄어든 크기로 정의한다.

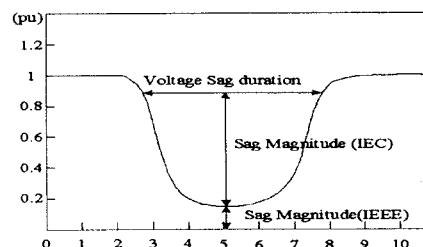


그림 2. 순간전압강하에 대한 표현

순간전압강하는 주로 전력계통을 구성하는 송전선에 낙뢰, 산불 등의 자연재해로 인한 단락 및 지락사고 등과 대용량 전동기와 같은 부하의 기동시 발생하는 기동전류로

인하여 발생한다. 순간전압상승으로 인하여 산업 전반에 걸친 생산량 감소, 장비의 오동작, 생산라인의 정지, 생산 품질의 하락 등 막대한 경제적 손실이 야기되고 있다. 민감한 전자장비의 증가로 순간전압상승에 의한 피해는 더욱 증가하고 있는 것이 현실이다.

### 2.1.2 순간전압상승(Voltage Swells)

IEEE의 경우 순간전압상승은 0.5주기에서 1분 동안의 지속시간을 가지며 전압의 크기가 RMS값으로  $1.1\text{pu}$  ~  $1.8\text{pu}$ 로 증가하는 현상으로 정의되고 있다. 순간전압상승과 마찬가지로 순간전압상승은 전력 시스템의 사고와 밀접한 관계를 지닌다. IEC의 경우 전기시스템의 특정 지점에서 일시적으로  $1\text{pu}$  이상으로 상승하는 현상으로 정의한다.

일반적으로 순간전압상승보다 그 발생빈도가 적으며 주로 단상 지락사고에 의해서 사고가 발생하지 않은 다른 상에 순간적으로 높은 전압이 유도되면서 발생한다.

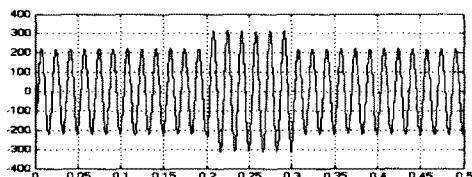


그림 3. 순간전압상승

### 2.1.3 순간정전(Interruptions)

순간정전은 공급전압이 1분 이내의 시간동안  $0.1\text{pu}$  이하의 값으로 감소되었을 때 발생한다. 이러한 순간정전은 시스템의 고장이나 동작 정지, 오동작 등을 야기한다. 순간정전은 전력 공급원에 이상이 발생한 경우에 주로 발생하며 이 경우 순간전압상승과 먼저 발생한다. 전원 공급원에 사고가 발생하면 보호 장비인 차단기가 동작하고 그 사이에 순간전압상승과 함께 발생하고 뒤이어 순간정전이 발생한다. 따라서 순간정전의 지속시간은 보호 장비가 얼마나 빠르게 사고에 대처하는지에 따라 결정된다.

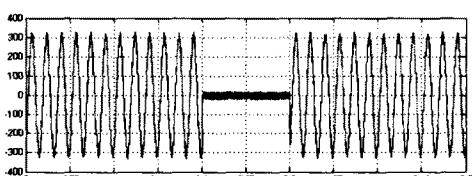


그림 4. 순간정전

### 2.2 전력 외란 검출 알고리즘

전력은 수용가에 도달될 때까지 발전, 송배전 설비를 거쳐야 하는 특성 때문에 외부에 노출될 수 밖에 없어 각종 해해나 자연현상에 의한 사고가 발생할 수 있으며 그로 인한 외란은 그 크기가 작고 순시적인 현상으로 나타나 정확한 측정이나 진단이 곤란하다.

그동안 전력품질 특성 해석을 위해 기본적으로 요구되는 외란의 검출 및 식별을 위해 주로 사용되어 온 방법으로는, 측정장치를 사용하여 주기적으로 정보를 저장한 후, 이를 관측창을 통하여 시작과 끝점을 측정 계산하고 크기를 측정하여 외란의 종류를 식별하는 방법이 사용되었다. 그러나 이 방법으로는 짧은 시간동안 발생하는 외란을 검출하지 못하거나 부정확한 식별결과를 가져올 수 있으며, 또한 많은 정보를 저장하고 재생하여야 하는 단점이 있다. 따라서 이들을 효율적으로 분류하는 계계적인 방법이

요구된다.

현재까지 제안된 방법들 중에서 최근에는 RMS값을 이용하는 방법이 주를 이루고 있으나, 1주기씩 전압의 RMS값을 구하므로 샘플링 오차도 포함되기 때문에 정확한 시간 추정이 어렵다.

본 논문에서는 외란의 검출을 위해서 신호의 변화에 민감한 웨이블릿 변환의 특성을 이용하여 외란의 시작과 끝점을 검출하였다.

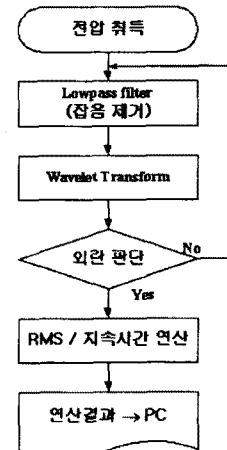


그림 5. 전력 외란 검출 알고리즘

웨이블릿 변환은 신호의 변화에 민감하므로 정확한 외란의 검출을 위해서는 잡음 제거가 필수적이다. 잡음이 제거된 신호는 웨이블릿 변환을 통하여 외란의 발생 여부가 결정된다. 외란이 발생한 경우 웨이블릿 변환을 수행한 결과는 급격한 변화를 보인다. 이때 RMS값을 계산하여 외란 여부를 판단하고 웨이블릿 변환 결과를 통하여 외란의 시작과 끝점을 판단하고 외란의 지속시간을 연산한다. 연산한 결과는 직렬통신(RS232C)을 이용하여 PC로 전송한다.

### 2.3 전력품질 감시 시스템의 하드웨어 구성

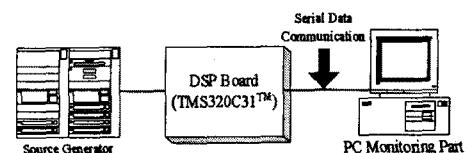


그림 6. 전력품질 감시 시스템

그림 6은 전력품질 감시 시스템의 구성을 보이고 있다. 실험을 위해서 전원 시뮬레이터를 사용하여 외란을 발생하였으며 취득된 전압은 TMS320C31™ DSP 보드에서 제안된 알고리즘에 따라 가공된다. 가공된 전압이 외란으로 판명되면 외란의 종류, 외란의 크기(RMS값) 그리고 지속시간을 연산하고 이를 PC로 전송하도록 하였다.

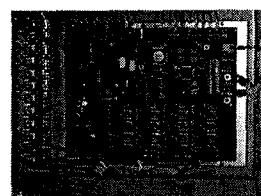


그림 7. TMS320C31 DSP Board

DSP 보드는 메인 프로세서로 50MHz TMS320C31을 사용하였으며 16개의 AD(Analog to Digital) 채널로 정보를 취득한다. 전원 신호는 12kHz의 주파수로 샘플링 하여 취득 후 알고리즘을 적용하였다.

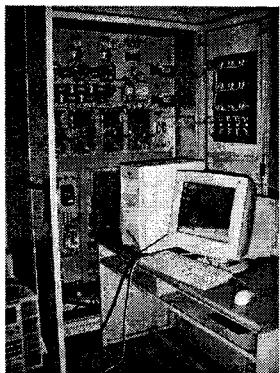


그림 8. PC와 연동하는 전력품질 감시 시스템

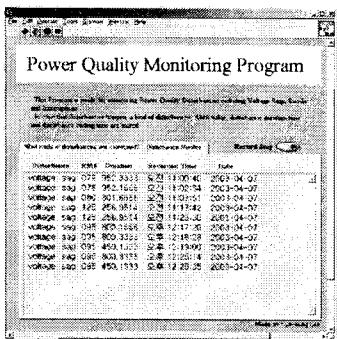


그림 9. PC 감시부

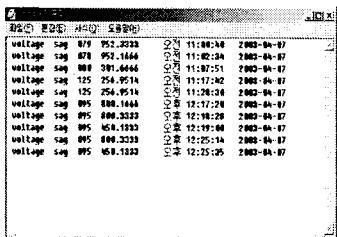


그림 10. 저장된 외란 정보 파일

PC로 전송된 정보는 그림 8의 PC 감시부에 정보가 전송된 시간과 함께 표시되도록 하였으며 동시에 파일로 저장되도록 하였으며 외란에 대한 정보가 전송될 때마다 치속적으로 업그레이드 되도록 하였다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 DSP를 기반으로 운용되는 전력품질 감시 시스템을 구성하였다. 사용된 DSP 보드는 50MHz TMS320C31<sup>TM</sup>을 메인 프로세서로 사용하며 16개의 AD 채널로 입력을 받아들여 정보의 처리가 가능하다.

여러 전력 외란 중에서 가장 큰 영향을 미치는 순간 전압강하의 검출을 주 목적으로 하였으며 순간전압상승과 순간정전의 검출도 가능하도록 알고리즘을 구성하였다. 취득된 전압은 DSP 보드에서 제안된 알고리즘에 따라 연산하고 외란으로 판명되는 경우 외란의 종류와 RMS 값, 지속시간을 연산하고 이를 PC로 전송하여 창에 표시하고 동시에 파일로 저장하도록 하였다.

구성된 전력품질 감시 시스템은 실시간으로 전력품질의 감시가 가능하며 외란 발생시 정보를 축적하여 외란에 대한 분석뿐만 아니라 차후 전력품질 향상을 위한 보상기 및 대책 마련시 최적의 선택을 위한 중요한 자료를 제공할 것으로 판단된다.

향후 외란의 검출 및 분류 알고리즘의 최적화와 PC 감시부의 기능 향상으로 전력품질 감시 시스템의 기능을 극대화 하고자 한다.

### (참 고 문 헌)

- [1] N.H.Woodley, L.Morgan, A.Sundaram, "Experience with an Inverter Based Dynamic Voltage Restorer", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.14, No.3, July, pp.1181-1186, 1999
- [2] M.F.Alves and T.N.Ribeiro, "Voltage Sag : An Overview of IEC and IEEE Standards and Application Criteria", Proceedings of the IEEE Transmission and distribution conference, Vol.2, pp.585-589, 1999
- [3] C.H.Kim and R.Agarwal, "Wavelet transform in power systems Part I", Power engineering Journal, Vol.15, pp.81-87, 2000
- [4] "Recommended practice for monitoring electric power quality", IEEE Standard 1159-1195, 1995
- [5] T.K.Abdel-Galil, E.F.Saadany and M.M.A. Salama, "Effect of new deregulation policy on power quality monitoring and mitigation techniques", Proceedings of the IEEE/PES transmission and distribution conference and exposition, Vol.1, pp.554-560, 2001
- [6] S.Santoso, E.J.Powers, W.M.Grady and G.J.Hofmann, "Power quality assessment via wavelet transform analysis", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.11, No.2, pp.924-930, 1996

본 연구는 한국과학재단  
목적기초연구지원으로 수행되었음  
과제번호: R01-2000-000267-0