

## 전력품질 보상장치의 순간전압강하에 관한 연구

이재영, 이원선, 한운동\*, 전희종

충주대학교, 승실대학교

### A study on Voltage Sag Detection of Power Quality Compensator

Lee jae-young, Lee won-sun, Han Woon-Dong\*, Jeon hee-jong

Choong-Ju Nat'l Univ\*, Soongsil University

#### ABSTRACT

The recent growth in the use of impactive and nonlinear loads, electronic, and medical devices sensitive to power quality has caused many power quality problems and power supply-and-demand problem.

Recently, in power system, not only the reliability of the power supply but also the DVR(Dynamic Voltage Restorer), UPS, and APF are being studied more and more. Hence, in this paper, Voltage sag detection algorithm for voltage sag corrector is proposed. Also, simple circuit for the experimental voltage sag is introduced.

#### 1. 서론

현대 산업이 발달하면서 대형 변압기 및 대형 전동기의 동작, 비선형 부하의 증가, 가변속 장치 및 정류기 사용 급증, 계통에서의 지락사고등의 현상이 날로 늘어나고 있다. 이런 원인은 결국, 전력품질의 저하 문제로 이어지고, 순간전압강하 등의 현상은 반도체 공정라인등에 직접적인 영향을 주어 경제적으로 심각한 문제를 야기시키고 있다.

현재 이런 전력품질의 문제를 해결하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있고, 많은 전력품질 보상장치들이 실험중이거나, 실제 설치되어 사용되고 있다. 그중에서도 DVR(Dynamic Voltage Restorer)은 효율인 우수한 점을 들어 많은 연구의 대상이 되고 있다.<sup>[1]</sup>

본 논문에서는 이와같은 DVR등의 순간전압강하 보상장치를 위한 순간전압강하 검출 기법에 관한 연구를 수행하였다.

기존의 순간전압강하 검출 기법은 평균치 검출

방법을 주로 사용하였다. 이러한 평균치 기법은 정확한 검출과 잡음에는 강인한 특성을 가지지만 검출에 최소 반주기 이상의 긴 시간을 필요로 하는 단점을 가지고 있다<sup>[2][3][4]</sup>. 따라서, 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위한 방법으로 순시치를 이용한 알고리즘으로 매 샘플링마다 평균치 값을 계산해서 순간전압강등의 사고를 검출해 내는 기법을 연구했다. 연구된 내용은 TMS320c6711의 빠른 마이크로프로세서를 사용한 실험으로 그 성능을 입증하였으며, 향후 DVR등과 같은 전력품질 보상장치의 순간전압강하 검출 연구에 많은 영향을 줄 것으로 기대된다.

#### 2. 전력품질 현상과 대책

##### 2.1 전력품질 현상

전력품질의 현상에는 고조파의 발생, 순간정전, 순간전압강하, 순간전압상승, 전압 플리커등 많은 종류의 현상이 있다. 표 1.은 이러한 전력품질 현상에 대해 간략히 정리한 내용이다.

Disturbances	Duration time
Sag	8ms - 3sec
Swell	8ms - 3sec
Interruption	8ms
Frequency Deviation	>10sec

표 1 전력품질 현상  
Table 1 Power Quality disturbances

표 1.에서와 같이 대부분의 전력품질의 현상은 상당히

짧은 시간에 일어나는 사고들이다. 따라서, 이런 사고들을 검출하기 위해서는 정확성에 바탕을 둔 빠른 검출 기법이 요구된다.

## 2.2 전력품질 대책

전력품질 현상의 대책으로는 기존의 APF(Active Power Filter), UPS(Uninterruptible Power Supply), DVR(Dynamic Voltage Restorer)등 그 밖에도 많은 기능을 하는 여러 종류의 전력품질 보상장치가 있다. 최근에는 전력품질 사고시 순간 투입되어 보상기능을 수행하는 DVR이 많은 연구의 대상이 되고 있다. 항상 정격으로 동작하는 UPS에 비해 효율이 좋은 DVR은 특히, 순간전압강하 발생시 부족분 만큼의 전압을 직렬로 주입함으로써 부하전압을 항상 일정하게 유지 시키는 역할을 수행한다.

## 2.3 순간전압강하 검출을 위한 평균치 검출기법

순간전압강하 검출을 위한 종래의 기법은 평균치를 이용한 검출 방법이었다. 평균치를 이용한 검출 기법은 매 반주기마다 샘플링값을 얻어 계산하는 방식으로 최소 반주기 이상의 긴 시간을 필요로 하게 된다.

그림 1.의 파형은 PSIM 시뮬레이션을 이용한 시뮬레이션 모의 파형이다.

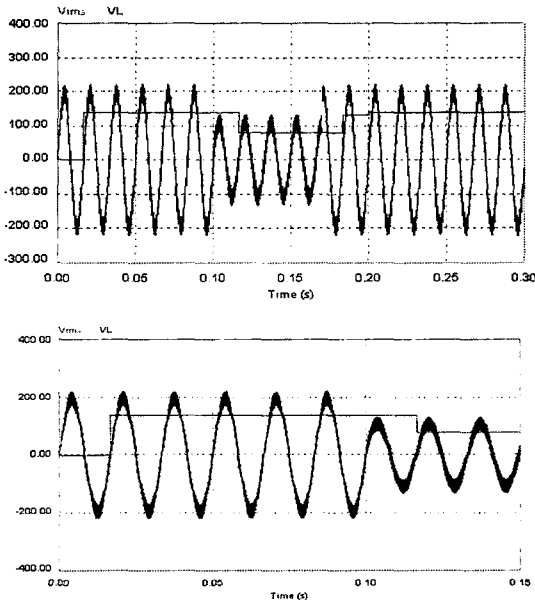


그림 1 순간전압강하의 평균치 기법 검출 파형  
Fig. 1 Detection waveform of average value

시뮬레이션 파형에서 알수 있듯이 평균치 기법을

이용한 검출 기법은 최소 반주기에서 한주기 이상의 검출 시간이 소요되는 단점을 가지고 있다.

## 3. 순시치 검출 기법

본 논문에서는 평균치 기법이 가지고 있는 단점을 보완하기 위한 방법으로 순시치(Instantaneous value) 알고리즘을 이용한 매 샘플링 검출기법을 연구 하였다.

평균치 기법이나 순시치 알고리즘을 이용한 검출 기법 모두 정확한 샘플링이 필요하다. 따라서 입력 측에 필터를 필요로하며, 단상의 상황에서 사용하게 된다. 그러나 평균치 기법은 적분을 수행하기 위해 정확한 영점검출(zero crossing)이 필요하나 본 논문에서 수행한 순시치 알고리즘을 이용한 검출 기법은 영점검출이 필요없이 수행이 가능하다.

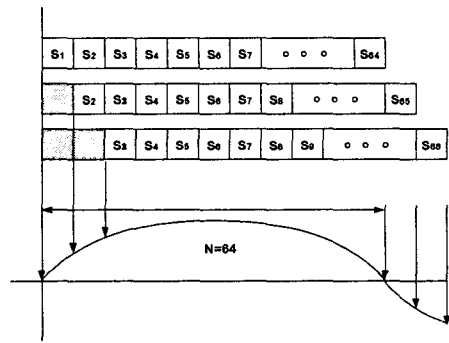


그림 2. 순시치 알고리즘을 이용한 검출 기법의 개념도  
Fig. 2. Layout diagram of instantaneous value

그림 2.는 본 논문에서 수행한 검출 기법의 개념도이다. 최초에 반주기동안은 정해진 샘플링 수 만큼의 정보를 저장하여 계산하게 되고, 이후의 계산은 하나의 샘플링값을 취할 때 마다 계산이 이루어지는 방식을 갖고 있다.

$$R_1 = \sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 \cdot \cdot \cdot + S_N^2}{N}} \quad (1)$$

$$R_2 = \sqrt{\frac{S_2^2 + S_3^2 + S_4^2 \cdot \cdot \cdot + S_{N+1}^2}{N}} \quad (2)$$

$$R_3 = \sqrt{\frac{S_3^2 + S_4^2 + S_5^2 \cdot \cdot \cdot + S_{N+2}^2}{N}} \quad (3)$$

처음 반주기 동안은 식 (1)을 수행하게 되고, 이후에는 식(2)와 식(3)을 차례로 수행하게 된다.

#### 4. 시뮬레이션

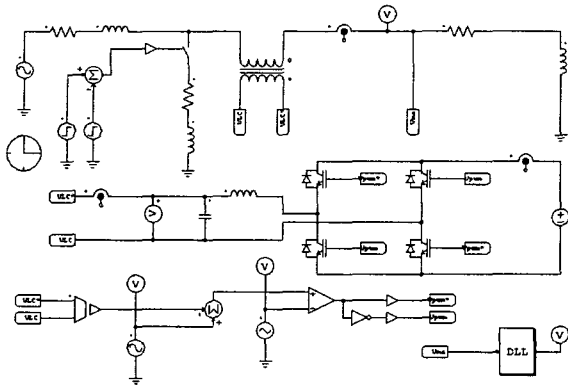


그림 3 순간전압강하의 평균치 기법 검출 파형  
Fig. 3 Configuration of simulation

그림 3.은 순간전압강하 발생시 본논문에서 서술한 순시치 알고리즘을 이용한 검출을 수행하기 위한 PSIM 시뮬레이션의 전체 구성도이다. 구성된 회로에서 DLL블록은 C++을 이용한 순시치 알고리즘을 수행하기위한 블록이다.

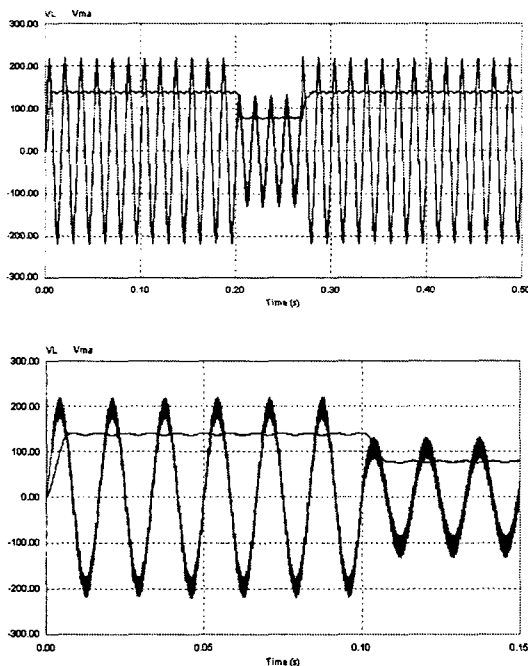


그림 4 순간전압강하의 순시 검출 파형.  
Fig. 4 A instantaneous value detection waveform of voltage sag.

그림 4.는 시뮬레이션을 통해 수행된 검출 파형이다.  
순간전압강하 발생시 검출 파형이 평균치 기법에

비해 매우 빠른 속도로 검출 되고 있는 모습을 볼 수 있다.

#### 5. 실험 및 결과

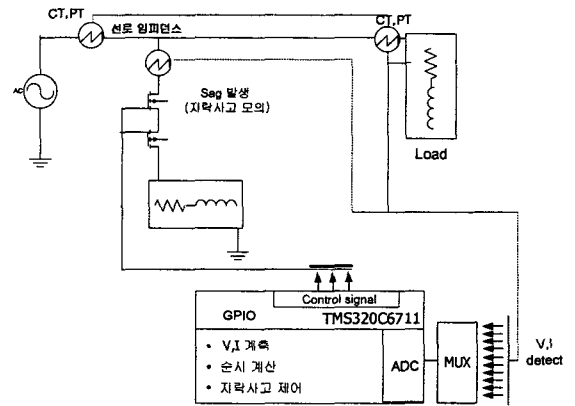


그림 5. 순간전압강하의 평균치 기법 검출 파형  
Fig. 5. Block diagram of the total system

그림 5.는 본 논문에서 순간전압강하 발생시 검출을 수행하기 위해 구성한 전체 실험구성도이다. 메인 프로세서는 150Mhz의 동작 속도를 가지며, 초당 900만개의 유동소수점 연산을 수행할 수 있는 빠른 속도를 지닌 TMS320c6711을 사용하였다.

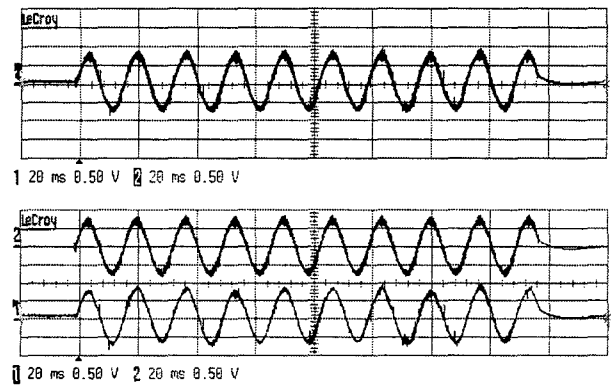


그림 6. A/D 및 D/A 출력파형  
Fig. 6. A/D and D/A conversion waveforms

그림 6은 부하측 전압을 전압 센서의 계측을 통한 A/D 및 D/A 변환 파형이다. 전압센서로는 AD(Analog Device)사의 AD210을 사용하여 계측하였고, 계측된 전압은 16bit의 A/D 컨버터를 사용하여 반주기 64 sampling을 수행하였다.  
순간전압강하 검출에 있어 A/D 변환 속도와 정확성은 매우 중요하다. 그림 5에서 보는 바와 같이 센서 전압과 A/D 및 D/A 변환된 파형의 차이가

거의 없음을 알 수 있다.

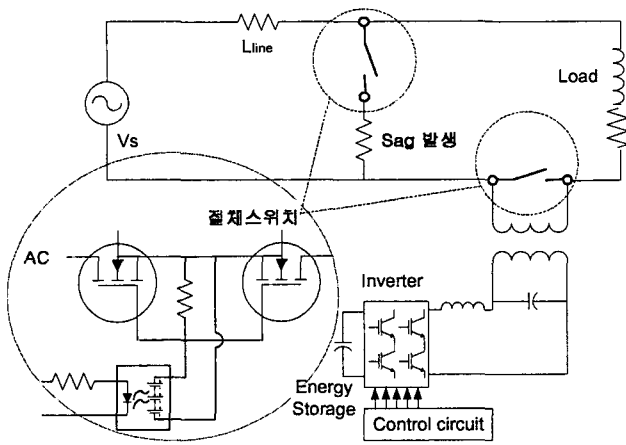


그림 7. 지락사고 모의를 위한 회로 구성  
Fig. 7. Circuit configuration for the voltage sag

지락사고 모의를 통한 순간전압강하 파형의 발생을 위한 구성은 그림7과 같다. 절체스위치의 구성은 MOSFET인 IRFP450을 사용하여 구성하였고, 메인 프로세서를 통해 제어를 수행하였다.

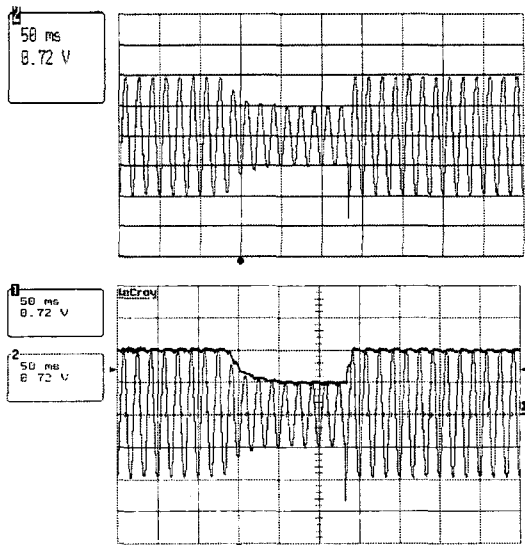


그림 8. 순간전압강하의 순시 검출 파형  
Fig. 8. Waveform of instantaneous value detection

그림 8의 상단에 있는 파형은 그림 7의 지락사고 모의 실험을 통한 순간전압강하 발생 파형을 전압 센서를 통해 계측한 파형이다. 하단의 파형은 순간전압강하 발생시 순시치 알고리즘을 이용한 검출 파형이다. 시뮬레이션에서 보인 파형과 동일함을 알 수 있다.

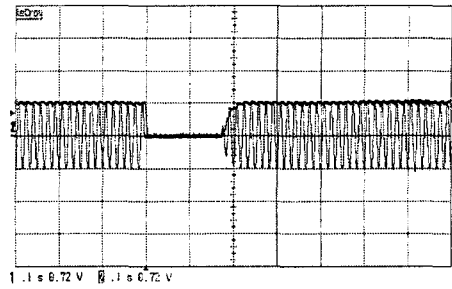


그림 9. 순간정전의 평균치 기법 검출 파형  
Fig. 9. Waveform of the instantaneous value detection when instantaneous interruption.

그림 9의 파형은 순간정전 발생시 검출된 파형으로 순간정전시에도 파형의 검출이 매우 빠른 것을 보여주고 있다.

## 6. 결론

전력품질 저하에 따른 전력회사 및 수용가측, 그리고 부하기기 기업들의 관심이 날로 증가되고 있다. 또한, 전력품질 저하에 대한 대책으로 DVR 등의 많은 보상기들이 연구 및 실험되고 있고, 이로 인해 전력품질 사고에 대한 정확하고, 빠른 검출이 절실히 필요하다. 따라서 본 논문에서는 종래의 평균치 기법을 통한 검출법 보다 매우 빠른 검출 기법을 제시 하였으며, 시뮬레이션 및 실험을 통해 그 성능을 입증하였다. 향후 전력품질의 향상을 위한 보상기기에 적용함으로써 많은 영향을 줄 것으로 기대된다.

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00497-0(2003))지원으로 수행되었음.

## 참고 문헌

- [1] Sanghoon Lee, Jaeho Choi, "Voltage Sag Detection Algorithm for Instantaneous Voltage Sag Corrector", *Journal of Power Electronics*, Vol.2, No.3, July 2002.
- [2] Chris Fitzer, Mike Barnes, "Voltage Sag Dction for a Dynamic Voltage Restorer", *IEEE Trans*, vol.40, no.1, 2004.
- [3] Oliver Poisson, Pascal Rioual, "Dtection and Measurement of Power Quality Disturbance Using Wavelet Transform", *IEEE, Trans*, vol.15, no.3, 2000.
- [4] 김철환, 고영훈, "웨이브렛 변환을 이용한 Voltage Sag 검출", *전기학회 논문집*, 49A권, 제9호, 2000.