

송전계통의 전기품질 측정 시스템에 관한 연구

김영노*, 신봉일*, 이희철* 광노홍**, 전영수**, 박상호** 이일무***
 (주)피에스디테크* 한전전력연구원** MP***

Study on the measuring system of power quality for transmission system

Yeoung Noh Kim*, Bong Il Shin*, Hee Chul Lee*
 No Hong Kwak, Young soo Jeon, Sang Ho Park**, Il Moo Lee***
 PSDTECH.,Inc.* Korea Electric Power Research Institute** MicroPower***

ABSTRACT - The additional matters appear to be considered in several aspects for building up power-quality measuring system of transmission system(high voltage system) compared to distribution system(middle or low voltage system). Like in distribution system, input signals are also received from PT and CT source of voltage and current respectively in transmission system and applied in accordance with a certain rate. In this case, very big error rate can be occurred according to the specification of the measuring system as the applying rate is bigger than in distribution system beyond comparison. In addition, when the abnormal signal occurred such as sag/swell, interruption, transient etc., power quality of other sites linked to the system also should be checked to find the accurate cause of the abnormal power-quality signals from the corresponding site. Accordingly, the accurate diagnosis on the condition of power quality for the system depends on the way how the synchronization system is brought along for each site.

This paper will suggest the solution for the most effective system building focused on how to solve the problem of the error rate and synchronization described in the above when building up the measuring system of power quality for transmission system.

분석하기 위해서 측정장비가 갖추어야할 사양 중 몇가지 중요한 부분을 제시한다. 논문에 사용된 참고문헌은 IEC61000시리즈의 규정집이 전부이며 시제품을 직접만들어 시험 하였다.

2. 본 문

2.1 송전계통의 전력품질 측정 시스템

일반적인 전력품질 측정시스템은 지금까지 많은 문헌 및 자료에서 공개되었던 사항과 크게 다르지 않으며 또한 본 논문에서는 여러 기본적인 사양이외에 자리수 프로토콜 및 과형지원 또한 동기화 부분에 대해서만 언급하도록 한다.

2.1.1 기본시스템 구성

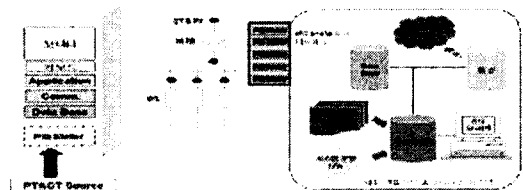
아래 그림 1.에서와 같이 송전계통의 주된 측정지점에 PQ Meter를 설치하는 것이 아니고 소스만 입력을 받아 전체 시스템을 한 렉에 구성한다. 각 소스는 전선을 타고 하나의 렉에 구성되어 있는 각각의 PQ Meter에 입력한다. 이는 나중에 설명할 동기화에도 밀접한 연관이 있는 부분이다. 그림 2.는 실제 시제품을 구성한 사진이며 총 10개 Feeder를 동시 측정하는 것을 기본으로 설계하였다.

1. 서 문

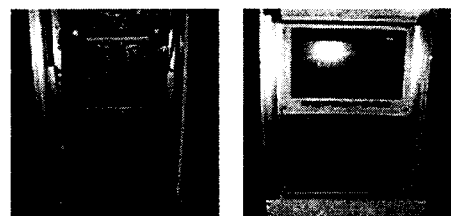
송전계통에는 저압 말단에서부터 기인한 전력품질 상태도 있을 수 있고 또한 154[kV]의 고압 수용가로부터 직접 영향을 받은 전력품질 상태도 있을 수 있다. 송전급으로 전압레벨이 올라갈 수록 고압수용가의 영향에 기인한 전력품질 상태는 정확히 보일 수 있겠지만 저압말단에서부터 기인한 미묘한 품질의 변화는 일반 트랜드형 전력품질 측정 기기로는 판단하기 힘든 부분이 많다. 따라서 송전계통의 전력품질을 판단하기 위해서는 배전계통과는 달리 일반 트랜드형장비의 기능과 더불어 고성능의 전력분석기급의 계측장비가 필요하다. 일반적인 상황시에는 트랜드형 장비의 기능을 하지만 경보 발생시나 또한 사용자가 원할 경우 언제든지 과형지원이 가능한 기능이 있어야 한다. 또한 송전계통 측정시 대부분 장비는 PT와 CT를 사용하게 되는데 이때 PT의 비율이 너무 크기 때문에 일반적인 측정기의 소수점 자리수 프로토콜로는 또한 이러한 오차율을 만족시킬 수 없게 된다.^[1]

또한 송전계통의 전력품질을 제대로 파악하기 위해서는 메인 변압기에서 각 T/L에 이르기까지 동시에 측정을 할 필요성이 제기되는데 이때 문제가 되는 것이 각 장비별 동기화에 대한 문제이다. 보통의 장비들은 요즘 GPS 기술이 발달하면서 GPS를 이용한 동기화를 하는 경우가 많은데 이러한 기술도 실질적인 오차가 1초이상 날 수 있기 때문에 세밀한 과형에 대한 정보(Sag/Swell, Transient 등)를 파악하기 위해서는 보다 정밀한 동기화 기능이 추가되어야 한다.

따라서 본 논문에서는 송전계통의 전력품질을 보다 정밀하게 측정



〈그림 1〉 송전계통 전력품질 측정 시스템 개략도
 〈Fig 1〉 HV PQ Measurement System Diagram



(a) 후면부 (b) 전면부
 〈그림 2〉 송전계통 전력품질 측정 시스템 모듈사진
 〈Fig 2〉 HV PQ Measurement System Module

그림 2.에서 보면 위쪽은 PQ Meter에서 올라오는 데이터를 취합하여 분석할 Server System을 구성하였고 PQ Meter는 모듈의 아래쪽에 양쪽으로 나누어 5대씩 구성하였다. 각 장비는 256 Sampling을 기본으

로 하고 있다.

1.2 시스템의 성능을 향상시킬 주요 제시사항

여러 가지 고려해야 할 사항이 있지만 본 논문에서는 주되게 전압의 자리수 프로토콜, 파형지원, 동기화에 대한부분에 대해서 언급하기로 한다.

1.2.1 측정전압의 자리수 프로토콜

대부분의 트렌드형 측정장비는 그 장비의 정밀도에 따라 자리수 프로토콜을 결정한다. 자리수 프로토콜은 보통 128 Sampling 장비의 경우 소수점 2자리까지 표현을 하는 것으로 되어 있다. 이러한 경우에 배전계통에서는 MV계통의 22.9[kV] 레벨에서도 배율이 13200:110 정도이기 때문에 배율이 120배 정도로 최소한 소수점 첫째자리까지는 표현이 가능하다. 그러나 송전계통으로 가게 되면 이야기는 달라진다. 송전계통은 전압배율이 154[kV] 레벨의 계통이 보통 1400배까지 되기 때문에 실제 전압을 측정해서 배율을 곱하게 되면 소수점 자리수가 없게 되는 경우가 대부분이다. 송전계통에서 전압이 다소 차이가 있는 것이 무슨 상관이었는다고 할 수도 있지만 이는 전압측정만으로 끝나지 않고 이 측정된 값을 다시 연산해서 각 차수별 고조파 전압을 산출하고 플리커지수를 산출하는데 매우 많은 오차를 가져오게 할 수 있는 요소이다. 송전계통의 전압 THD는 매우 적은 수치로 변화를 판단하게 되기 때문에 이러한 오차는 계통 전반에 대한 판단을 흐리게 할 수 있는 요소가 된다. 따라서 이러한 변화를 민감하게 판단하기 위해서는 실제 전압 자리수 프로토콜을 소수점 3자리 이상이 나올수 있도록 하여야 하며 345[kV], 765[kV]까지 고려한 상황이라면 소수점 5자리 까지 나와야 기본적인 전압 및 연산값들에 대한 정밀도를 보장받을 수 있다. 다음은 동일 장비로 측하였을 경우 각 전압값에 대한 측정값이다. 측정 전압은 154[kV] 레벨을 기준으로 하였고 배율은 1400배에 입력소스는 65.14526[V]이다.

〈표 1〉 전압 소스의 프로토콜 차이에 따른 값의 변화

〈Table 1〉 The variation of value according to the protocol of voltage source

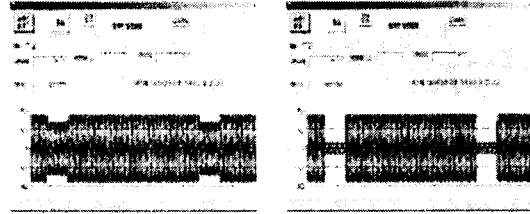
입력소스	표시된 상전압 값		
	자리수(1)	자리수(3)	자리수(5)
65.14526	91140	91203.00	91203.3640

표 1.에서 나타난 것과 같이 자리수 표현에 따라 똑같은 소스를 입력받아도 크게 표시되는 값에는 많은 차이가 있음을 알 수 있다.

1.2.2 파형지원 부분

일반적인 트렌드형 장비는 파형지원을 하지 않고 RMS값으로만 전력품질의 상태에대해서 판단을 하고 있다. 가격대비 성능이 좋아야 하기 때문에 상시 파형지원이 가능하게는 할 수 없지만 특수한 상황(경보발생, 혹은 사용자 요청시)에서는 파형지원이 가능하여야 정확한 전력품질 상태를 판단할 수 있다.

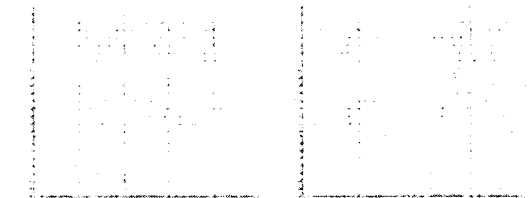
파형을 지원하려면 메모리 용량 처리 속도 등을 고려하여야 하므로 하드웨어의 성능을 고려하여 적당한 Cycle을 결정하여야 한다. 본 논문에 적용된 시작품의 경우 Sag/Swell 발생시에는 32 Sampling 54Cycle(발생전 4, 발생후 50) 그 외의 상황에서는 256 Sampling 10Cycle(발생전 1, 발생후 9)을 적용하였다. Sag/Swell의 경우 판단기준이 실제는 RMS값이고 32 Sampling 이상의 파형지원이면 충분히 분석이 가능하고 메모리 용량도 안정적으로 가져갈 수 있다. 다음은 정밀 분석장비와 비교하여 측정된 파형그림이다. 그림 3은 본 논문작업에 활용된 시작품에 저장된 파형이고 그림 4는 상용화되어 있는 정밀 분석장비 BMI PX5로 측정된 파형이다.



(a) 20% Sag 발생시 (b) 80% Sag 발생시

〈그림 3〉 Sag 발생시 파형캡처 1

〈Fig 3〉 Waveform Capture in case of Sag 1



(a) 20% Sag 발생시 (b) 80% Sag 발생시

〈그림 4〉 Sag 발생시 파형캡처 2

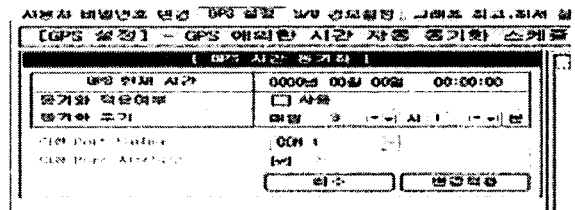
〈Fig 4〉 Waveform Capture in case of Sag 2

본 논문을 위한 시작품에서는 54Cycle의 파형을 지원하기 때문에 이후 연속적으로 발생한 Sag 파형도 같이 잡았지만 오히려 정밀 측정 장비에서는 한번의 파형밖에 잡지 못한 것을 볼 수 있다.

각 상별로 부분확대가 가능하게 설계되었으므로 정밀한 수치를 파악하는데는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다.

1.2.3 동기화

동기화에 대한 부분은 송전계통의 여러 현상을 파악하는데 매우 중요한 부분을 차지하고 있다. 어떤 T/L에서 경보가 발생했는데 그러한 경보상황이 다른 T/L 및 MTR에 어떠한 영향을 주었는지 파악이 되지 않으면 계통 전반을 파악하기가 매우 어렵기 때문이다. 이러한 동기화에 대한 부분은 보통 GPS 기술의 발달로 인해 동기오차가 많이 줄어들었다. 그림 5는 본 논문의 시작품에 기본으로 적용되어 있는 GPS 동기의 설정화면이다. 매일 GPS 위성신호를 받아 서버를 통해서 각 장비에 동기시간을 설정해주고 있다.



〈그림 5〉 GPS 시간동기 설정화면

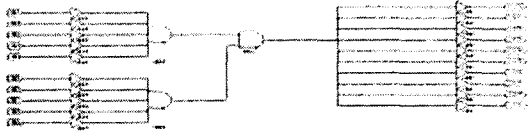
〈Fig 5〉 Setting Screen of Time Synchronization

하지만 이러한 시간동기 역시 서버에서 각장비의 통신시간등에 따른 오차 및 각 장비의 시간 설정 칩의 오차로 인하여 최대 1초까지의 시간오차를 가져올 수 있게 되며 이러한 오차는 각 장비별로 최대 54Cycle(타장비에 비해 많은 파형을 저장함에도 불구하고)을 저장할 수 있는 장비의 성능과 대비해 동시시간대의 파형을 가지고 각각의 계통을 비교 분석할 수 없는 경우도 발생할 수 있다. 따라서 이러한 방식 이외의 좀 더 확실한 동기화 대책이 필요하게 된다. 따라서 본 시작품에서는 이러한 GPS 시간동기의 기능을 그대로 유지하면서 각 장비를 기계적으로 연결하여 어떠한 장비에서라도 파형발생 조건이 생성되면 무조건 같이 유선으로 연결되어 있는 장비들은 동시시간대의 파형을 보내도록 필스를 보내주도록 하는 장치를 고안 부착하였다. 이러한 방식을 썼을 경우 기기별 동기오차는 최대 5Cycle 이내로 줄어들어 정확한 분석을 할 수 있다. 그림 6은 동기화 모드를 록에 부착한 모습이다.



〈그림 6〉 동기화 모듈
 <Fig 6> Synchronization Module

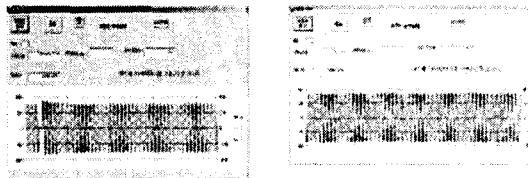
랙에 부착되어 있는 장비는 총 10대이고 설계는 최대 40개의 장비를 동기화 시킬 수 있도록 되어 있다. 그림7은 동기화 모듈에 설계된 IC의 내부 회로도이다.



〈그림 7〉 CPLD 내부 회로도
 <Fig 7> Internal Circuit Diagram

내부회로도에는 10대에 대한 펄스를 보내도록 되어 있지만 총 40개까지 병렬로 추가가 가능하다. 신호를 받을 때 즉시 동기 펄스를 보내도록 설정된다.

다음은 두 대의 장비에 서로 다른 전압 소스를 입력하여 경고상황을 발생하였 경우 파형이 동기화된 상황을 캡처한 그림이다. (a)에는 AC 220V 전원에 interrupting Event 를 주어 경보가 발생하도록 하였고 (b)장비에는 AC 25V 전원을 주어 동기화된 시간에 파형이 올라오는 것을 확인하였다.



(a) AC 220V, interrupting Event 발생 (b) AC 25V
 <그림 8> 동기화 실험
 <Fig 8> Synchronization Test

표시시간이 정확하게 06년05월04일14시29초 41s로 표시됨을 확인하였다. 또한 동일 파형을 주고 경보를 주었을 때도 정확한 파형이 똑같이 올라오는 것을 확인하였다.

3. 결 론

본 논문에서는 송전계통의 전력품질을 측정할 때 고려할 사항으로 전압의 자리수 프로토콜, 파형지원, 동기화에 대해서 어떻게 적용을 하여야 보다 장비가 신뢰성을 가지고 분석에 도움이 될 수 있을지를 연구하여 보았다. 자리수 프로토콜을 세밀하게 적용함으로써 좋은 장비를 만들고도 PT배율이 높은 송전계통에서 큰오차를 보일 수 있는 오류를 방지하였으며 고 신뢰도의 파형지원을 통해 일반적인 트랜드형 장비만으로는 송전계통 분석에 어려운 점이 있을 수 있는 부분을 해결하였으며 계통을 전반적으로 동기화하여 분석하는데 기존장비들이 가질 수 있는 오차를 간단한 CPLD를 활용하여 획기적으로 줄임으로써 송전계통 분석이 더욱 용이하도록 하였다.

전력품질이 점점더 중요한 문제로 대두되고 있는 이 시점에 이러한 정확한 분석을 할 수 있는 기법을 지속적으로 개발 적용함으로써 전력품질 분야의 지속적인 발전을 도모하여야 할 것이다.

이 논문은 한국전력공사 전력연구원과 같이 시행하는 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] ION7600 매뉴얼집
- [2] 이일무, 전력품질 분석 시스템의 구성, Micro Power
- [3] IEC 61000-3-6