2011년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2011. 7. 20 - 22

배전계통 고조파 상시감시 시스템 구축 및 측정사례

박용업, 최선규, 이병성
한국전력공사 전력연구원

A case of the PQMS construction in the distribution power system

Yong-Up Park, Sun-Kyu Choi, Byung-Sung Lee
KEPCO Research Institute

Abstract - Recently, the korea power quality standard has been established based on the IEC Std. By IEC Std., the power quality assessment point is measured in PCC. In this case, the utility has to construct PQM system in all customer PCC point and the PQ meter cost would be very high in order to acquire the suitable data. Accordingly the utilities could not apply to PQM system in the distribution power system by the cost and communication problem. In this paper, the proposed economical PQMS(Power quality monitoring system) of Utility.

1. 서 론

KEPCO 배전계통 고조파 관리기준은 IEC 규격에 근거하여 개정을 완료하였으며, 현재 전국 배전사업소에 적용중이다. 전력회사는 통상 계획레벨 수준으로 배전계통의 고조파 전압을 관리하며, 제조사에서는 고조파 발생부하기기에서 고조파 전류 방출을 기준값 이하로 방출하도록 설계하는 것이 IEC 고조파 관리기준의 주요방식이다. 고조파는 전력회사와 제조사간 입장차가 상반되므로, 통상 정부가 개입하여 적절한 수준의 양립성레벨을 제정하게 되는데, 한국의 경우 현재 이 작업이 진행중이다. 현재 KEPCO에서 정부기관과 공동으로 제정한 계획레벨에 근거하여 고조파 관리기준을 운용하고 있다. KEPCO의 고조파관리기준에서 고조파 평가는 수용가 인입점(PCC)에서 수행하게 되는데, 이럴 경우 전력회사는 전기품질을 관리하기 위해서 배전계통의 모든 수용가 인입점에 PQM(Power Quality Monitoring) 시스템을 구축해야 하고, 관련규격에 적합한 데이터를 취득하기 위하여 고성능의 연산기능과 정밀도를 구비한 고가의 장비가 필요하게 된다. 따라서 이와 같은 대규모 구축비용 및 통신문제 때문에 전력회사에서는 PQM 구축을 통한 상시 모니터링이 현실적으로 불가능하다. 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 경제적인 PQM 시스템 구축 사례를 소개하였다.

2. 본 론

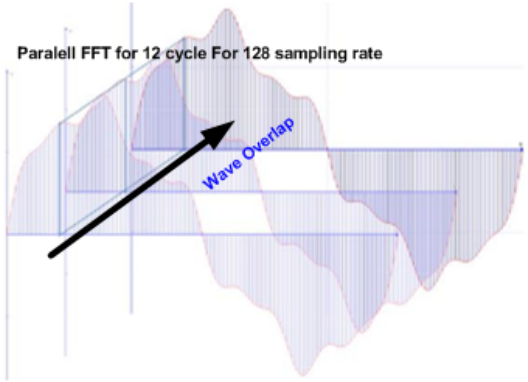
2.1 고조파 측정조건

고조파 측정조건 및 결과값 산출방식 역시 IEC에 근거하여 상시 모니터링을 수행해야 한다. 전력회사 관점의 전기품질 모니터링 시스템은 계통운영 최적화를 위한 전기품질 수준파악 및 통계자료 등으로 활용되기 때문에 IEC 61000-4-30에서 규정하는 Class B등급으로 운용한다. Class B등급 측정기기의 정밀도는 고조파의 경우 0.5급이 적용되며, 측정기간(Time interval)은 IEC 61000-3-6에서 규정하는 장기측정 방법에 근거하여 10분 단위로 대표값을 산출한다. 여기서 대표값이란 IEC에서 규정하는 12Cycle(전원 주파수 60Hz 경우) 단위로 FFT(Fast Fourier Transform) 연산을 수행하여 사용자가 지정하는 데이터 추출시간에 해당되는 RMS 연산값을 의미하며, 1주일간 측정값의 95% 확률값이 계획레벨을 초과하지 않도록 규정하고 있다.

2.2 측정방법

전절에서 설명한 바와 같이 10분 대표값은 12cycle 단위로 FFT를 수행하여 산출하게 되는데, 일반적으로 PQM의 적용개소가 매우 많은 배전계통에서는 측정과 동시에 FFT 연산이 가능한 고가형 기기적용이 불가능하기 때문에 측정조건을 완화하기 위하여 12cycle 샘플링 간격을 길게 설정한다. 그러나 전압이나 전류신호를 직렬방식으로 입력하여 FFT를 연산하는 기존의 방식과 달리 그림 4와 같이 병렬방식으로 입력신호를 중첩하여 대표파형 1개를 산출 한 후, 이에 대한 FFT를 수행하면 이와 같은 문제점을 해소할 수 있다. 또한 이는 대푯값 산출을 위한 인터벌 없이 연속적으로 신호를 입력하여 FFT를 수행하므로 데이터의 신뢰도가 증가하게 된다.

<그림 1> 직렬방식 순시파형 샘플링자료 압축방식



<그림 2> 병렬방식 순시파형 샘플링자료 압축방식

고조파의 경우 KEPCO에서는 최대 50차수까지의 고조파를 관리하게 되어 있으므로 측정파형 샘플링은 최소 128Sampling Rate 이상이어야 한다. 기존방식으로 이와 같은 조건에서 10분 대표값 산출을 위한 전체의 연속사이클의 샘플링수는 다음과 같다.

$$60[\text{cycle}]\times 60[\text{sec}]\times 10[\text{min}]\times 128[\text{samples}] = 4{,}608{,}000$$

그러나 입력되는 신호를 128sampling rate의 속도로 저장하면서, 10분 동안의 입력파형을 중첩시켜 1개의 파형으로 산출한다면 128개의 샘플링 값으로 감소시킬 수 있다. 아래 표 3은 표 1의 첫 번째 입력파형과 표 2의 두 번째 입력파형에 대한 중첩값 분석 결과를 나타내고 있다.

<표 1> 1st 입력파형 FFT 결과

period	sampling value	Sin component	Cos component
π/4	154.008	108.9	108.9
2π/4	222.2	222.2	1.36E-14
3π/4	154.008	108.9	-108.9
4π	3.91E-01	4.79E-30	-3.91E-14
5π/4	-154.008	108.9	108.9
6π/4	-222.2	222.2	4.08E-14
7π/4	-154.008	108.9	-108.9
2π	-7.82E-14	1.92E-29	-7.82E-14
Cn(fundamental value)		220	

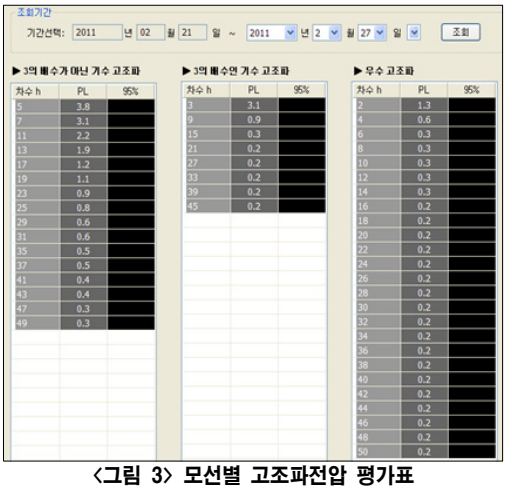
〈표 2〉 2nd 입력파형 FFT 결과

period	sampling value	Sin component	Cos component
π/4	141.4214	100	100
2π/4	200	200	1.23E-14
3π/4	141.4214	100	-100
4π	2.45E-14	3.00E-30	-2.45E-14
5π/4	-141.421	100	100
6π/4	-200	200	3.68E-14
7π/4	-141.421	100	-100
2π	-4.90E-14	1.20E-29	-4.90E-14
Cn(fundamental value)		200	

〈표 3〉 파형중첩에 의한 FFT 결과

period	sampling value	Sin componen	Cos component
π/4	147.8486	104.5448	104.5448
2π/4	211.3916	211.3916	1.29E-14
3π/4	147.8486	104.5448	-104.545
4π	3.26E-14	4.00E-30	-3.26E-14
5π/4	-147.849	104.5448	104.5448
6π/4	-211.392	211.3916	3.88E-14
7π/4	-147.849	104.5448	-104.545
π	-6.52E-14	1.60E-29	-6.52E-14
Cn(fundamental value)		210.141	

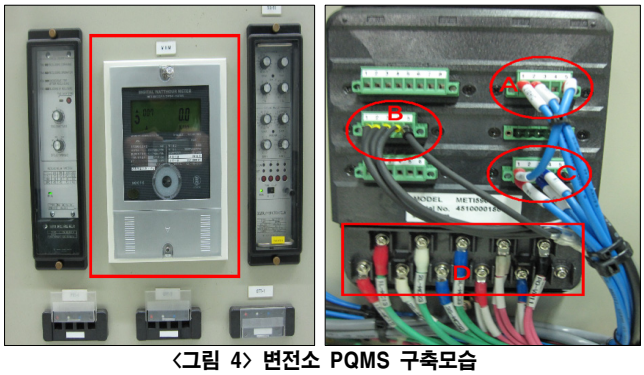
표 1과 표 2에서의 입력파형을 직렬방식을 통한 FFT를 수행하게 되면, 최종값은 210.139의 값이 산출되게 된다. 또한 두 주기의 파형을 한 주기의 파형으로 중첩한 후, FFT를 수행하게 되면 표 3과 같이 210.141의 값이 산출되어 직렬방식과 병렬방식에 의한 산출값 차이가 발생하지 않는다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 알고리즘이 적용된 PQMS는 주기적으로 아래와 같이 모선별 고조파전압을 평가하게 되며, 문제발생시 각 배전선로의 고조파전류를 분석하여 주요 발생원을 추적하여 관리하게 된다.



〈그림 3〉 모선별 고조파전압 평가표

2.3 구축개소

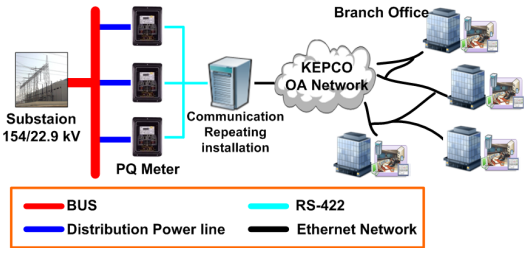
IEC에서는 전기품질 평가를 위해서 평가대상 수용가의 공통결합점(Point of Common Coupling)에서 측정 및 평가를 수행하도록 되어있으나, 모든 수용가에 이와 같은 모니터링 시스템을 적용하는 것은 불가능하다. 또한 선로 말단일수록 고조파전압의 왜형률이 높아지는 조건은 배전계통의 고조파전류 위상이 동일하다는 조건이 전제되어야 한다. 그러나 배전선로에서 발생하는 고조파전류는 선로 각 노드별 위상차로 인한 상쇄효과로 인하여 선로 위치별로 고조파전압의 일정한 변동패턴이 발생하지 않으므로, 배전계통 고조파전압의 최악조건을 선정하기 위하여 선로 말단의 측정값을 적용하는 것은 적합하지 않다. 따라서 송전계통을 포함한 전체 전력계통 측면에서 볼 때, 각 배전선로를 부하군으로 가정하면 선로인출점을 PCC로 가정할 수 있다. 또한 배전선로 인출점은 전력계통 보호계전기 동작을 위한 PT/CT가 구비되어 있어, 결국 PQM 시스템 적용 및 측정이 용이한 변전소 2차측 모선 및 배전선로 인출점에서 모니터링 하는 것이 가장 적합하다. 아래 그림 4는 변전소의 배전반 인출측에 설치된 PQ meter이며 이는 일반 전자식 전력량계 및 전기품질 모니터링 기능을 포함하고 있다. 오른쪽의 그림은 PQ meter 뒷면을 나태내고 있으며, A는 DI 단자로서 차단기 접점상태를 점검하며, B는 RS422 통신을 수행하며, C는 보조제어전원단자이며 DC 110~125V까지 입력이 가능하다. 또한 D는 3상 4선식 전력량계 전압, 전류 입출력 단자이다.



〈그림 4〉 변전소 PQMS 구축모습

2.4 통신방식

KEPCO에서는 DNP 프로토콜 기반의 배전자동화시스템을 적용하고 있는데, 본 PQM은 이더넷 방식으로 데이터를 전송하는 방식을 적용하였다. 이를 통하여 KEPCO의 사내망에 접속하여 장소와 시간에 관계없이 해당 배전선로의 전기품질 데이터 취득이 가능해지며, 기존의 배전자동화시스템에 전혀 영향을 미치지 않는다. 기존의 전기품질 측정데이터는 대용량의 통신부하로 인하여 여러 가지 문제가 발생하였으나, 본 기기는 병렬방식의 FFT로 인하여 이와 같은 통신부하를 획기적으로 감소시켰다.



〈그림 5〉 PQMS 통신방식 개요

2.5 장점 및 경제성 분석

본 논문에서 제안한 파형중첩 방식을 적용하면 매 12Cycle에 대한 측정이 지속되더라도 사용자가 지정한 기간 동안의 대표파형 1개만 산출하여 FFT를 수행하므로 연산에 대한 부담이 낮아진다. 향후에는 Meter에 구비되어 있는 FFT 연산기능을 서버로 이관시켜, Meter에서는 10분 대표 파형만 측정하게 된다. 측정된 파형은 서버로 전송시켜 DB에 저장이 되며, 사용자가 필요한 시기의 대푯값만 FFT 하는 방식을 적용할 예정이다. 이렇게 되면, 기존 방식의 PQM보다 약 80% 이상의 구축비용 절감이 가능하게 된다.

3. 결 론

본 논문에서는 국제규격에 부합한 전력회사 배전계통의 경제형 PQM 시스템 구축 방안을 제시하였다. 배전계통의 고조파전류는 위상차에 따른 상쇄효과로 인하여 선로 위치별로 고조파전압의 일정한 변동패턴이 발생하지 않는다. 따라서 배전계통의 고조파전압은 시스템 적용 및 확장이 용이한 배전선로의 인출점에서 측정하는 것이 가장 적합하다. 또한 본 논문에서는 IEC에서 제시하는 고조파 측정절차에 적합하면서 통신 및 FFT 연산을 최소화 할 수 있는 파형중첩 기법 및 시스템을 제시하였다. 본 논문에서 제안한 PQM 시스템은 한전 배전계통에 실적용 한 후, 계절별, 시간별, 부하별 장기 데이터 취득 및 분석을 통하여 합리적인 관리기준 및 절차서 수립에 활용될 예정이다.

[참 고 문 헌]

[1] 한국전력공사, 배전계통 고조파 관리기준, 2010.08
[2] IEC/TR 61000-3-6 Ed2, 2005
[3] IEC 61000-4-30, 2003