전력회사 관점의 배전계통 경제형 PQM 시스템 구축방안

논 문
59-9-3

A Study on the Economical PQMS of the Utility Distribution Power System

박 용 업† · 이 건 행*
(Yong-Up Park · Keon-Hang Lee)

Abstract - This paper describes the distribution power system econimical PQMS(Power quality monitoring system) of Utility. 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(Point of common coupling). 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. Also the distribution system would be encounter the communication overload problem due to the huge 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 has the voltage and current signal reiteration function and FFT operation function is transferred the server. Also the voltage and current measurement channels are minimized by a classified substation construction.

Key Words : Economical PQMS, Harmonic, Voltage Sag, IEC 61000 Std.

1. 서 론

현재 국내 전기품질 관리기준은 IEC 규격에 근거하여 제·개정 작업을 진행중이며, 이 중 일부는 국가규격으로 고시가 완료된 상태이다[1]. IEC 규격에 의하면 전기품질 평가를 위한 측정은 수용가 인입점(PCC)에서 수행해야 하는데, 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 논문은 전력회사 관점에서 현장여건이 고려된 경제적인 PQM 시스템 구축을 통하여 배전계통의 전기품질 상시 모니터링 및 데이터 취득이 가능한 방법을 제안하였다.

2. 배전계통 전기품질 요소 및 국제규격 관리방안

2.1 고조파(Harmonic)

본 절에서는 IEC 및 IEEE에서 규정하고 있는 고조파 관리기준에 대한 개요를 설명하였다.

† 교신저자, 정회원 : 한국전력공사 전력연구원 선임보연구원
E-mail : upup22@kepco.co.kr
* 정 회 원 : 한국전력공사 전력연구원 책임연구원
접수일자 : 2010년 6월 13일
최종완료 : 2010년 7월 8일

2.1.1 IEC Std.

IEC 61000-3-6 Std.에서 제시하는 MV(1kV<Un ≤35kV) 배전계통 고조파 관리기준에 대한 개요는 그림 1과 같다. 통상적으로 저압계통은 설비생산 단계에서 고조파전류 방출 제한에 대한 규격을 적용하기 때문에 이에 대한 관리기준은 없으며, 배전계통은 이들 저압계통 및 송전계통에서 전달되는 고조파 특성을 감안하여 고조파전압을 관리하도록 규정하고 있다[2]. 이와 관련하여 전력회사는 배전계통의 고조파 전압을 유지해야 할 의무를 가지고 있으며, 수용가 및 설비 제조사는 고조파전류 방출을 관리기준에서 제시하는 규정값 이하로 유지해야 할 의무를 가지고 있다[3]. 이와 같은 상반된 조건에서 IEC에서는 그림 2와 같이 고조파전압에 대한 적합성 레벨, 계획 레벨, 내성 레벨로 구분하여 이들을 규정하고 있다. 적합성 레벨은 전체 시스템의 EMC를 보증하기 위하여 계통에서 공급받는 기기의 방출과 내성 협조에 대한 기준값이다. 이것은 일반적으로 장해의 시간과 공간변수로 표현되는 분포를 이용한 전체 시스템의 95% 확률값에 근거한 것이며, 이는 배전계통 운영자가 항상 계통의 모든 부분을 감시할 수 없다는 사실을 고려한 것이다. 따라서 적합성 레벨에 관한 평가는 특정장소의 평가가 아닌 시스템 전체를 기초로 해야 한다. IEC에서 제시하는 차수별 적합성 레벨 지시값은 다음과 같다.

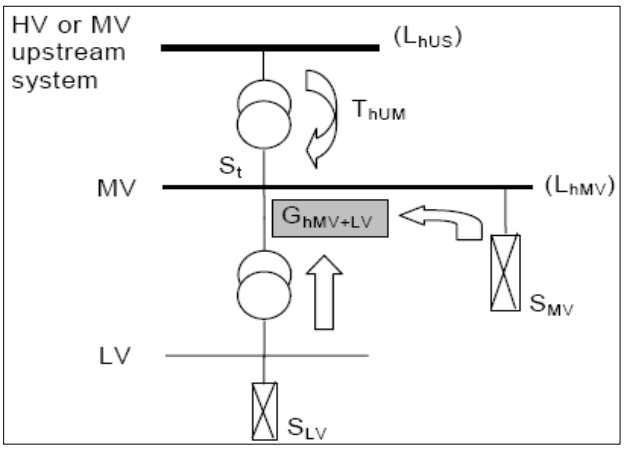

그림 1 MV계통의 전역 유출 제한값 개요
Fig. 1 Concept of the sharing global contributions at MV system

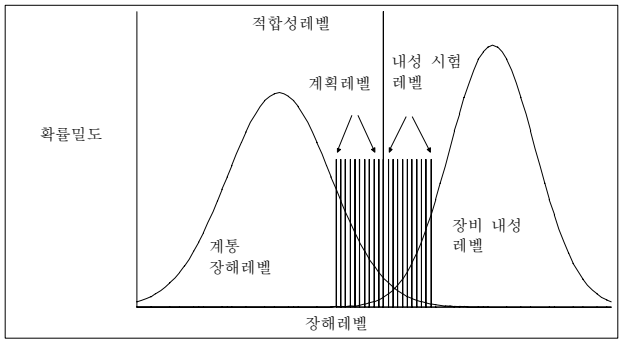

그림 2 고조파전압 등급선정 개요
Fig. 2 Concept of voltage harmonic level definition

표 1 IEC 적합성레벨
Table 1 IEC compatibility level

차수	고조파전압(%)	차수	고조파전압(%)	차수	고조파전압(%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1.5	4	1
11	3.5	15	0.4	6	0.5
13	3	21	0.3	8	0.5
> 13	{2.27×(17/h)} - 0.27	> 21	0.2	> 8	{(0.26×(10/h)} + 0.26
• IEC MV계통 적합성 레벨 THDv : 8%					

계획 레벨은 모든 왜곡설비의 공급 시스템상의 영향 평가를 계획하기 위한 목적으로 이용하는 값이다. 계획 레벨은 시스템 운영자에 의해 모든 고조파전압 레벨이 지정되며, 적합성 레벨보다 낮거나 같고 다른 전압 계통의 고조파전압과의 협조를 고려해야 한다. 계획 레벨은 경우에 따라 계통 구조와 환경에 따라 달라지므로 지시값으로만 주어진다. IEC 61000-3-6에서 제시하는 계획레벨은 아래 표 2와 같다.

표 2 IEC 계획레벨
Table 2 IEC Planning level

차수	고조파전압(%)	차수	고조파전압(%)	차수	고조파전압(%)
5	5	3	4	2	1.8
7	4	9	1.2	4	1
11	3	15	0.3	6	0.5
13	2.5	21	0.2	8	0.5
> 13	{1.9×(17/h)} - 0.2	> 21	0.2	> 8	{(0.26×(10/h)} + 0.22
• IEC MV계통 적합성 레벨 THDv : 6.5%					

2.1.2 IEEE Std.

IEC 61000-3-6과 더불어 가장 많이 사용되고 있는 IEEE Std. 519의 해설서인 P519A-1996에서 제시하는 고조파전압 왜형률 허용기준은 아래 표 3과 같다[4].

표 3 IEEE 고조파전압 관리기준
Table 3 IEEE voltage harmonic std.

PCC 전압(V_n)	각고조파의 전압 형률률(%)	총전압왜형률(%)
$V_n \le 69kV$	3.0	5.0
$69kV < V_n \le 161kV$	1.5	2.5
$V_n \ge 161kV$	1.0	1.5

또한 IEEE Std.에서는 수용가 인입점의 고조파전류 제한을 위하여 THD방식이 아닌 12달의 최대 부하전류의 평균을 분모로 사용하는 종합 부하왜형률(Total Demand Distortion)을 적용하고 있으며, 허용기준은 표 4와 같다.

표 4 IEEE 고조파전류 관리기준
Table 4 IEEE current harmonic std.

$V_n \le 69kV$						
I_{SC}/I_L	h<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20-50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50-100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100-1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

위의 표에서 I_{SC}는 단락 전류이고 I_L은 최대 부하전류(이전 12달의 월간 최대 부하전류의 평균값)이며, 짝수차 고조파는 홀수차 고조파의 제한값의 25%가 되는 값을 사용한다. 단락용량이 높은 계통은 낮은 계통보다 동일한 고조파전류에 영향을 덜 받기 때문에 단락전류가 시스템의 건전성을 나타내는 지표로서 사용되며, 부하전류는 시스템에 미치는 영향을 나타내기 때문에 단락전류와 부하전류의 비로 고조파전류를 제한한다.

2.2 순간전압강하(Voltage Sag)

IEC에서 순간전압강하는 전력계통의 특정지점에서 설정

된 전압경계값 이하로 전압이 급격히 감소하는 현상으로 정의하고 있다. 일반적으로 순간전압강하는 단락고장 또는 대용량 부하의 구동과 같이 급격한 전류증가의 발생 및 소멸과 관련되며, 전압크기와 지속시간이라는 2차원적 전자기 외란 특성을 가지고 있다. IEC 및 IEEE Std.에서 정의하는 순간전압강하 및 상승에 대한 지시값은 아래 표 5와 같다[5].

표 5 IEEE/IEC 전압변동 지시값
Table 5 IEEE/IEC Voltage variation value

Categories	Duration	Magnitude
Short duration variations(IEEE)		
Instantaneous		
Sag	0.5~30cycle	0.1 ~ 0.9pu
Swell	0.5~30cycle	1.1 ~ 1.8pu
Momentary		
Interruption	0.5cycle~3s	< 0.1pu
Sag	30cycle~3s	0.1 ~ 0.9pu
Swell	30cycle~3s	1.1 ~ 1.4pu
Temporary		
Interruption	3s~1min	< 0.1pu
Sag	3s~1min	0.1 ~ 0.9pu
Swell	3s~1min	1.1 ~ 1.2pu
Short variations(IEC)		
Interruption	0.5~30cycle	< 0.1pu
Dip(Sag)	0.5~30cycle	0.1 ~ 0.9pu
Swell	0.5~30cycle	1.1 ~ 1.8pu

순간전압강하를 표현하는데 있어 '70% 순간전압강하(70% Sag)'는 배전계통의 실효값 전압의 크기가 공칭전압의 70% 만큼 감소 또는 0.3[pu]가 됨을 의미한다. 순간전압강하에 대한 대표적인 관리지수로 SARFIx가 있으며, 산출 수식은 다음과 같다.

$$SAFRI_{\%v} = \frac{N_i}{N_T} \tag{1}$$

여기서 %v는 전압한계를 나타내며, 140, 120, 110, 90, 80, 70, 50, 10으로 주어지고 SARFIx 지수는 총 고객 수(N_T)에 대해, 이를 위반하는 고객수의 비로 주어진다. 단일 사이트의 경우에 SARFIx 지수는 전기품질 모니터링 기간 동안에 발생한 순간전압변동에 대하여 한계전압 %V보다 높아지거나, 낮게 떨어지는 순간전압변동의 평균횟수를 나타낸다. SARFIx 지수는 일반적으로 전력계통의 신뢰도 평가에 사용되는 SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)와 유사한 방식으로 산출되지만, SAIFI가 일시정전을 대상으로 하는데 반해 SARFIx는 순간전압변동을 다루고 있다. 이러한 SARFIx 지수는 송배전계통의 고장기록 및 부하기기의 특성, 순간전압강하 발생원인 등을 바탕으로 추정될 수 있는데 특정 사이트의 정확한 평가를 위해서는 지속적인 모니터링이 필요하다.

2.3 플리커(Flicker)

IEC에서는 전압 동요로 인한 전등의 깜박임 현상을 플리커로 정의하고 있으며, 그 정도를 정량화하기 위하여 피측정자를 대상으로 표준 백열전구의 전압과 분당 반복률을 가변시키면서 백열전구의 깜박임을 인지하는 정도를 파악하여 평가의 주요한 기준으로 삼았다. 그러나 뇌와 눈은 상황에 따라 결과반응이 달라지므로 객관적인 적용이 가능할 수 있는 플리커 미터에 관한 기준(60868) 및 평가기준(61000-3-3)을 제시하고 있다. 아래 표 6은 IEC에서 제시하는 Pst/Plt 계획레벨 지시값이다[6].

표 6 플리커 지수 계획레벨
Table 6 Flicker planning level

	MV	HV-EHV
P_{st}	0.9	0.8
P_{lt}	0.7	0.6

3. 전기품질 측정 및 PQM 시스템 구축방안

3.1 고조파 측정방식 및 시스템 개요

본 절에서는 PQM 시스템에서 고조파 모니터링을 위한 측정조건을 설명하고, 입력파형의 중첩을 통한 고조파 측정 시스템을 제시하였다.

3.1.1 측정조건

한전의 신규 고조파 관리기준은 IEC에 근거하고 있으므로, 측정조건 및 결과값 산출방식 역시 IEC에 근거하여 상시 모니터링을 수행해야 한다. 전력회사 관점의 전기품질 모니터링 시스템은 계통운영 최적화를 위한 전기품질 수준 파악 및 통계자료 등으로 활용되기 때문에 IEC 61000-4-30에서 규정하는 Class B등급으로 운용한다[7]. 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.

3.1.2 고조파 파형중첩을 통한 대표값 산출

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[8].

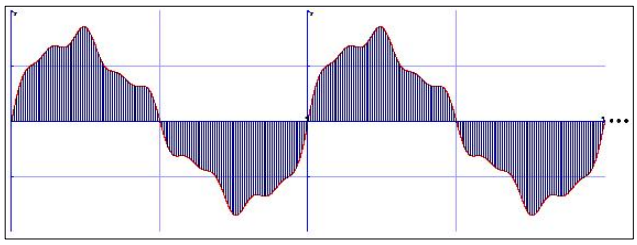

그림 3 직렬방식의 순시파형 연속샘플링
Fig. 3 Serial sampling type of the moment value

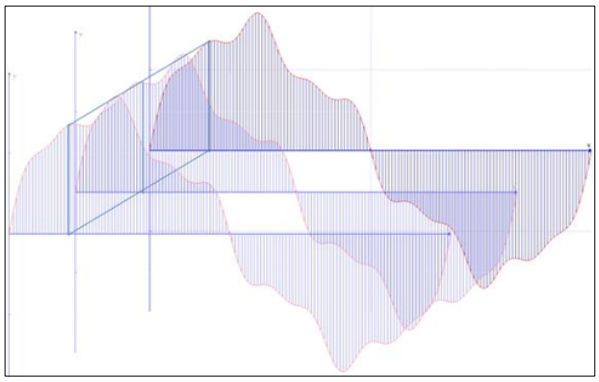

그림 4 병렬방식의 순시파형 샘플링자료 압축방식
Fig. 4 Parallel sampling and compaction method of the moment value

고조파의 경우 전력회사에서는 IEC 61000-3-6에 근거하여 최대 50차수까지의 고조파를 측정하게 되어 있으므로 측정파형 샘플링은 최소 128Sampling Rate 이상이어야 한다. 기존방식으로 이와 같은 조건에서 10분 대표값 산출을 위한 전체 사이클의 샘플링수는 다음과 같다.

$$60[\text{cycle}]\times 60[\text{sec}]\times 10[\text{min}]\times 128[\text{samples}] = 4{,}608{,}000\text{개} \quad (2)$$

그러나 10분 동안의 각 사이클의 샘플링 데이터 중 동일주기의 전체값에 대한 산술평균값을 산출하여 전송한다면, 전송량은 단 128개의 샘플링 값으로 감소될 수 있다. 아래 표 9는 표 7의 첫 번째 입력파형과 표 8의 두 번째 입력파형에 대한 중첩값 분석 결과를 나타내고 있다.

표 7 첫번째 입력파형 FFT 결과
Table 7 Ist input signal FFT result

주기	샘플링 값	Sin성분 an	Cos성분 bn
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(기본파크기)		220	

표 8 두번째 입력파형 FFT 결과
Table 8 2nd signal FFT result

주기	샘플링 값	Sin성분 an	Cos성분 bn
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(기본파크기)		200	

표 9 파형중첩에 의한 FFT 결과
Table 9 Piled signal FFT result

주기	샘플링 값	Sin성분 an	Cos성분 bn
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(기본파크기)		210.141	

표 7과 표 8에서의 첫 번째와 두 번째 파형을 직렬방식을 통한 FFT를 수행하게 되면, 최종값은 210.139의 값이 산출되게 된다. 또한 두 주기의 파형을 한 주기의 파형으로 중첩한 후, FFT를 수행하게 되면 표 9와 같이 210.141의 값이 산출되어 직렬방식과 병력방식에 의한 산출값 차이가 발생하지 않는다는 것을 알 수 있다.

3.1.3 측정시스템 적용방안

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 않는다. 표 10은 동일 배전선로에서 전력을 공급받고 있는 두 수용가의 고조파전압을 측정한 결과이며, 말단측이 전원측보다 고조파전압 왜형률이 낮게 나타나는 것을 알 수 있다. 그림에서 전원측 수용가와 말단측 수용가의 공급지점은 0.9km 정도 떨어져 있으며, 계약용량은 각각 850[kW], F의 계약용량은 950[kW]이다. 이와 같

은 실측정 사례는 배전선로에서 일반적으로 나타나고 있는 현상으로서, 배전계통 고조파전압의 최악조건을 선정하기 위하여 선로 말단의 측정값을 적용하는 것은 적합하지 않다. 따라서 송전계통을 포함한 전체 전력계통 측면에서 볼 때 각 배전선로가 고조파 발생원이 될 수 있으므로 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. 이 때 고조파전류는 각 배전선로의 특성에 따라 변동패턴 및 왜형률 등이 다양하게 나타나지만, 동일모선에 연계되어 있는 모든 배전선로의 고조파전압은 모선 임피던스를 감안하더라도 크기 및 파형이 거의 일치한다. 따라서 배전계통 PQM 시스템은 모선단위로 구축하되 전압정보는 모선에서 취득하고, 전류정보는 배전선로 인출에서 취득하도록 시스템을 구성하는 것이 경제적이다.

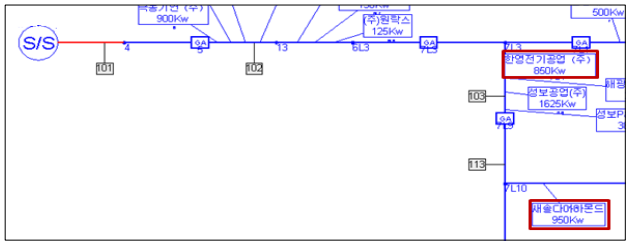

그림 5 수용가 인입위치(전원측 C, 말단측 H)
Fig. 5 Position of C(upstream) & H(downstream)

표 10 C&H 수용가의 고조파전압 종합왜형률
Table 10 THDv of C&H customer

수용가명	Va		Vb		Vc	
	최대값	95%	최대값	95%	최대값	95%
전원측	2.0	1.64	2.0	1.71	2.2	1.71
말단측	1.8	1.44	1.9	1.61	2.1	1.57

아래 그림은 대용량 고조파부하가 연계된 전용선로 인출점에서 측정한 실데이터를 근거로 위와 같은 조건을 검증하기 위하여 PSCAD/EMTDC를 이용하여 모의한 결과이다[9]. 해당 계통 변전소의 주변압기 2차 모선에는 총 5개의 배전선로로 구성되어 있으며, 이 중 한 개의 배전선로가 대용량 전용선로(14,000kW)이다. 그림과 같이 전용선로의 고조파부하설비로 인하여 각 선로의 전류특성 및 왜형률은 다르게 나타나지만, 그림 6과 같이 전압은 모선 및 각 배전선로가 모두 동일하게 나타나는 것을 알 수 있다.

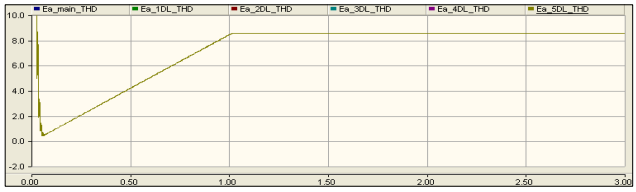

그림 6 모선 및 전용선로 인출점의 THDv
Fig. 6 THDv of S/S bus & exclusive line

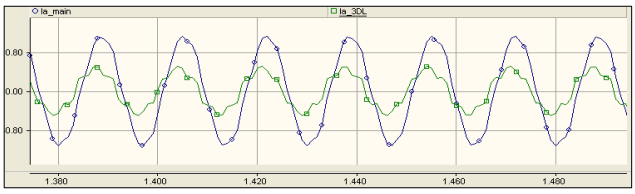

그림 7 모선 및 전용선로 인출점의 전류파형
Fig. 7 Current of S/S bus & exclusive line

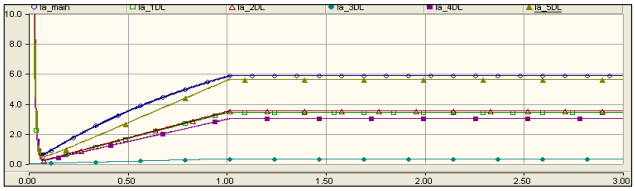

그림 8 모선 및 전용선로 인출점의 THDi
Fig. 8 THDi of S/S bus & each distribution line

3.2 순간전압강하 측정방식 및 시스템 개요

본 절에서는 순간전압강하의 측정조건 및 경제적인 PQM 시스템 구축방안에 대하여 기술하였다.

3.2.1 측정조건

순간전압강하의 경우에는 IEC에서 규정하는 순간전압강하(Momentary Sag)의 지속시간별로 전압강하의 크기를 0.1[PU] 단위로 이벤트값(시간/크기)을 저장해야 하며, 이벤트 발생구간을 기준으로 전후 3사이클의 파형이 저장되어야 한다.

3.2.2 측정시스템 적용방안

순간전압강하 역시 고조파와 같이 발생위치에 관계없이 주변압기 2차측 모선의 전압파형은 항상 동일하기 때문에 전압은 모선에서만 측정하도록 구성한다. 또한 배전계통에서 발생하는 순간전압강하는 대용량기기의 기동전류, 선로고장 및 재폐로 동작에 의한 인근 배전선로 전압강하가 주요 원인이므로 고조파 측정방식과 같이 선로별 전류값 분석을 통해 순간전압강하의 위치추정 및 원인분석을 수행한다. 또한 이와 같은 장기간의 모선별 전압, 전류 측정데이터를 수용가에게 제공하므로서 부하설비에 대한 내성을 강화하고, 경제적인 전압보상장치를 적용 할 수 있다. 표 11은 한국전력공사 E지점 관내의 고압수용가 5호의 인입점에 설치된 PQM 시스템의 3개월간 순간전압강하를 분석한 결과이다. 현장 여건상 변전소 및 배전선로별로 측정위치를 동일한 조건으로 확보하지는 못했으나, 각 배전선로의 순간전압강하 데이터를 근거로 발생원에 대한 위치 추정을 통하여 위와 같은 구축조건을 검증하였다. 취득데이터 분석결과 순간전압강하는 송전계통에서 발생한 비율이 약 70%에 해당하였으며, 이 때 배전계통에서 발생한 대부분의 순간전압강하는 PQ Meter의 이벤트 조건이 공칭전압 대비 0.9[PU] 이하로 설정되어 있어, 선로말단에 설치된 PQ Meter에서 기준값 이내의 정상적인 순간전압강하를 이벤트로 감지하여 횟수가

증가한 경우이다. 측정기간 동안 배전선로의 고장은 한 건도 발생하지 않았으며, C 변전소의 경우 인근 산업용 부하 설비의 돌입전류에 의해 발생한 순간전압강하가 일부 포함되어 있었다.

표 11 변전소 및 배전선로 순간전압강하 발생횟수
Table 11 The number of sag times in S/S & Distribution line

발생지역 추 정	S/S	A			B	C
	D/L	A-1	A-2	A-3	B-1	C-1
	Mtr	#3	#1	#3	#2	#1
	고객명 / 동시발생	a	b	c	d	e
345kV 계통	5회	●	●	●	●	●
345kV 계통	6회	●	●	●	●	
154kV 계통	4회	●	●	●		
154kV 계통	2회	●	●			
22.9kV 계통	2회	●				
22.9kV 계통	10회		●			
22.9kV 계통	3회	●		●		
추정불가	15회				●	
추정불가	23회					●

3.3 플리커

현재 한전에서는 일본의 플리커 기준인 △V10을 적용하고 있지만, 최근 IEC 지수인 Pst/Plt로 개정을 완료한 상태이다. 그러나 현재 백열등을 사용하는 부하가 감소하는 추세이며, 국내의 경우에는 사용 개소가 거의 없으므로 문제가 발생되는 특정개소에서만 별도의 측정장비를 활용하여 평가하는 것이 바람직하다. 따라서 전력회사 관점의 PQM 시스템에서 플리커 상시 측정기능은 포함시키지 않는다.

4. 배전계통 PQM 시스템 구성도

4.1 시스템 개요 및 구성도

전절의 결과를 토대로 그림 9와 같은 전력회사용 PQM 시스템을 구축할 수 있다. 전압은 모선에만 3개 채널(A,B,C상)을 구성하며, 전류 4채널(A,B,C,N)은 각 배전선로 인출점에서 측정하도록 시스템을 구성한다. 이 때 고조파전압의 10분값 대표파형에 대한 FFT는 측정기기에서 수행하지 않고, 배전자동화시스템 또는 전력회사 통신망을 통하여 서버에 저장한 후, 해당 배전사업소에서 필요한 일자의 데이터만을 추출하여 FFT를 수행한다.
5개 D/L이 연계된 모선에서 각 주기별 파형중첩을 통해 10분 단위로 대표파형을 산출할 경우 1주기당 통신 용량에 대한 산출 결과는 다음과 같다.

$$(128\text{sampling} \times 2\text{byte}) \times 23\text{channel} = 5{,}888[\text{byte}] \quad (3)$$

여기서 총 channel 수는 모선의 각 상전압 3channel과 배전선로의 각 상전류와 N상을 포함한 4channel로 구성되어 있어 23개 채널이 된다. 만일 사용자가 일일단위로 데이터를 전송하도록 설정한다면 전체 데이터 용량이 847[Kbyte]가 되며, 배전자동화 통신망 또는 사내 Ethernet을 이용하여 전송할 경우 통신과부하로 인한 전송지연이나 서버오류는 발생하지 않을 것으로 예상된다.

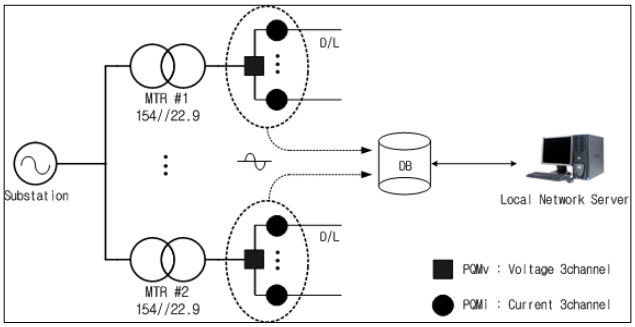

그림 9 모선단위 PQM 시스템 구성도
Fig. 9 PQMS concept by substation

4.2 시스템의 장점

IEC 규격에 적합한 기존의 PQM 장비는 기기자체에 FFT 고성능 연산기능이 포함되어 있으며, 전기품질 측정과 동시에 FFT 연산이 수행되어야 하므로 시스템 가격이 대부분 고가이다. 그러나 본 논문에서 제안한 파형중첩 방식을 적용하면 매 12Cycle에 대한 측정이 지속되더라도 사용자가 지정한 기간 동안의 대표파형 1개만 산출하여 FFT를 수행하므로 연산에 대한 부담이 낮아진다. 또한 FFT 연산의 기능 분리를 통하여 저렴한 가격의 PQM 기기 설계가 가능하며, 기존 장비에 비하여 통신부하가 적어 여러 개소의 측정 데이터를 사용자에게 동시에 전송하는 것이 가능하다.

5 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 변전소의 모선 및 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. 파형중첩을 이용하여 사용자가 지정한 시간동안의 대표파형 1개만 산출하여 서버에서 FFT를 수행하고, 고조파 및 순간전압강하의 특성을 감안하여 모선단위의 위치별 전압, 전류 측정채널을 구축하여 경제적인 전기품질 상시 모니터링 시스템을 설계하였다. 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 잠정(안) 및 시범적용 계획”, 2009
[2] IEC 61000-3-6 Ed 2, Assessment of harmonic

emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power system, 2005
[3] Electrical Power Systems Quality, Mcgraw-Hill, 1996
[4] IEEE P519A-1996 - Guide for applying harmonic limits on power system
[5] IEEE Std. 1159, EN50160
[6] IEC 61000-3-7, Limits-Assessment of emission limits for fluctuating loads in MV and HV power system-Basic EMC publication
[7] IEC/TR 61000-4-30, First Edition, Testing and measurement techniques-Power quality measurement methods, 2003
[8] 한국전전력공사, "배전계통 플리커 관리기준 제정 및 순간전압강하 관리방안 수립", pp.32-65, 2010
[9] Manitoba HVDC Reserch Centre, PSCAD/EMTDC Manual part(2/2), 1988

저 자 소 개

박 용 업 (朴 用 業)
1976년 7월 19일생. 2003년 강원대학교 전기전자공학부 졸업. 2005년 동 대학교 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 선임보연구원
Tel : 042-865-5956
Fax : 042-865-5944
E-mail : upup22@kepco.co.kr

이 건 행 (李 健 行)
1966년 6월 21일생. 1992년 서울대학교 전기공학과 졸업. '99~'07 한전 배전처 근무, 현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 책임연구원
Tel : 042-865-5951
Fax : 042-865-5944
E-mail : leekhang@kepco.co.kr