Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers (2010) 24(9) : 108~117
DOI : 10.5207/JIEIE.2010.24.9.108

논문 24-9-15

배전계통 PQM 시스템 구축 및 고조파전압 분석사례

(A Case of the Distribution Power System PQMS Construction & Harmonic Voltage Analysis)

박용업* · 이건행
(Yong-Up Park · Keon-Hang Lee)

Abstract

The main contents of this paper are the PQM system construction case and distribution system harmonic voltage analysis. The PQM system has constructed by KEPCO in order to investigate power quality of distribution power system for new power quality standard of KEPCO. In result, we have confirmed that voltage harmonic measurement value of the high voltage contract customer 8 households is suitable the KEPCO harmonic standard tentative plan. And the voltage harmonic value of distribution line end side is not always more high than source side by harmonic current offset effect. In the future, acquired data by season, region, load from the PQMS will be used on the resonable harmonic standard enactment in KEPCO.

Key Words : PQMS, Voltage harmonic, Power Qualtiy standard, IEC 61000-3-6, 4-30

1. 서 론

KEPCO(한국전력공사)의 현행 고조파 관리기준은 IEEE 방식에 근거하여 운용하고 있지만, 현재 국내 산업규격 체계가 IEC로 전환되고 있어 이에 대한 규격 부합을 위하여 최근 IEC 방식의 고조파 관리기준 잠정(안) 제정을 완료하여 현재 전국 배전사업소에서 시범운용 중에 있다. 개정예정인 관리기준의 고조파전압 종합왜형률은 5[%]이며, 50차수까지 각 차수별로 고조파전압 계획레벨을 제정하여 관리할 예정이다[1]. 배전계통의 고조파전압은 부하설비에서 발생되는 고조파전류와 계통임피던스의 상호작용으로 인한 전압강하로 발생되는 현상으로, 전력회사는 고조파전압을 규정값 이하로 관리해야 할 책임을 가지고 있다[2]. 최근 KEPCO에서는 신규 전기품질 관리기준 적용을 위한 실계통 전기품질 수준 조사를 위하여 전기품질을 상시 모니터링할 수 있는 PQM(Power Quality Monitoring) 시스템을 수용가 인입점 50호에 구축하였다[3]. 본 논문에서는 전체 설치개소 중 공단지역에 설치된 8호 고압 수용가의 배전계통 고조파전압 분석결과를 소개하고자 한다.

* 주저자 : 한전 전력연구원 송배전연구소 선임보연구원
Tel : 042-865-5956, Fax : 042-865-5944
E-mail : upup22@kepco.co.kr
접수일자 : 2010년 6월 9일
1차심사 : 2010년 6월 15일
심사완료 : 2010년 8월 2일

2. KEPCO 고조파 관리기준 개요

2.1 현행 관리기준

한전의 현행 고조파 관리기준은 IEEE에 근거하여 제정되었으며, 기본공급약관 시행세칙 제26조에 표 1과 같이 규정되어 있다[4].

표 1. 한전 고조파 관리기준
Table 1. Harmonic standard of KEPCO

구분	지중선로가 있는 S/S에서 공급하는 수용가		가공선로가 있는 S/S에서 공급하는 수용가	
	전압 왜형률	등가방해전류	전압 왜형률	등가방해전류
66[kV]이하	3[%]	-	3[%]	-
154[kV]이상	1.5[%]	3.8[A]	1.5[%]	-

한전의 배전계통 공칭전압은 22.9[kV]로서 현재 고조파전압 종합왜형률은 3[%]로 관리되고 있다[5].

2.2 신규 관리기준

IEC 61000-3-6에 근거한 한전의 고조파 관리기준 잠정(안)은 IEC 고조파 평가 방법의 3단계 중 2단계에 해당한다. IEC에서 제시하는 2단계 평가에서는 실 계통의 일일 부하곡선을 이용하여 동시율 적용하는 방법도 있으나, 이는 산출의 어려움과 결과의 정확성 확보가 어려워 일반적으로 동시율이 제외된 아래의 수식을 사용하고 있다[6].

$$G_{hMV+LV} = \sqrt[\alpha]{L_{hMV}{}^{\alpha} - (T_{hUM} \times L_{hUS})^{\alpha}} \quad (1)$$

- G_{hMV+LV}은 MV(1[kV] 〈Un≤35[kV]) 계통에서 h차 고조파 전압에 대한 MV 및 LV(Un≤1kV) 부하의 허용 가능한 전역 수용값
- L_{hMV}는 MV 계통에서의 h차 고조파의 계획 레벨
- L_{hUS}는 상위 계통의 h차 고조파의 계획 레벨
- T_{hUM}는 상위 계통에서 MV 계통까지의 고조파 왜곡 전압의 전달 계수
- α는 합성멱지수

표 2는 전역 수용값에 적용되는 고조파 차수별 합성멱지수이며, 이는 계통에 존재하는 고조파 특성을 평가결과에 반영하기 위해 적용된 것으로 차수가 높을수록 할당되는 전역 수용값는 증가하게 된다.

표 2. 합성 멱지수
Table 2. Summation exponents for harmonic

Harmonic Order	α
$h < 5$	1
$5 \le h \le 10$	1.4
$h > 10$	2

MV 계통에서 h차 고조파 전압에 대한 MV와 LV 부하의 허용 가능한 전역 수용값에 대한 개요도는 아래 그림 1과 같다. 여기서, S_i는 수용가 i 의 계약 용량이며, S_t는 변전소 MTr. 공급 용량을 나타낸다. 각 수용가별 배전계통의 허용 고조파전압이 할당되면, 이 값에 근거하여 비선형부하에 의해 발생하는 고조파전류를 산출하여야 한다. 이는 아래 수식과 같이 평가지점에서의 고조파전압을 고조파 임피던스(Z_h)로 나누어 각 수용가에게 할당되는 고조파전류를 계산할 수 있다.

$$E_{Ihi} = \frac{E_{Uhi}}{Z_h} \quad (2)$$

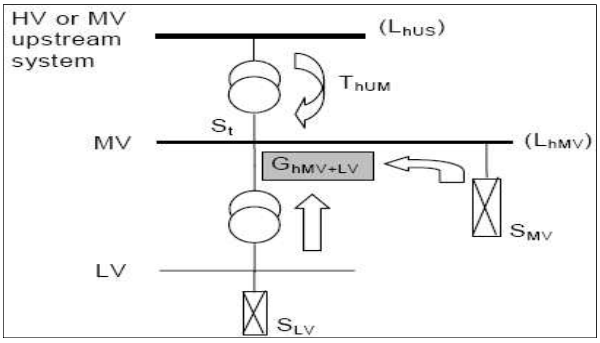

그림 1. 전역 유출 제한값 산출개요
Fig. 1. Sharing global contributions at MV system

한전의 고압수용가 고조파전류 방출값 평가는 시범기간 중에는 계약용량 1,000[kW] 이상의 고압수용가만 대상으로 한다. 평가 방법은 IEC의 기본개념을 준용하였으며, 단 영상분 임피던스는 별도로 산정하여 영상분 고조파전류 평가에 적용하였으나, 현재 검토대상 차수에서는 제외하고 있다. 또한 전력회사가 유지해야 할 고조파 전압값은 IEC에서 제시한 값의 약 77[%]로 선정하였으며, 이에 대한 비교값은 아래 표 3과 같다[7].

표 3. IEC 및 한전 계획레벨 비교표
Table 3. IEC & KEPCO Harmonic Voltage PL

차수	고조파 전압([%])		차수	고조파 전압([%])		차수	고조파 전압([%])	
	한전	IEC		한전	IEC		한전	IEC
5	3.8	5	3	3.1	4	2	1.3	1.8
7	3.1	4	9	0.9	1.2	4	0.6	1
11	2.2	3	21	0.2	0.3	6	0.3	0.5
13	1.9	2.5	> 21	0.2	0.2	8	0.3	0.5
> 13	{1.36 × (17/h)} - 0.16	{1.9 × (17/h)} - 0.2				> 8	{(0.15 × (10/h)} + 0.15	{(0.25 × (10/h)} + 0.22
• 한전 배전계통 THDv : 5[%]								
• IEC MV계통 THDv : 6.5[%]								

3. 배전계통 PQMS 구축

본 절에서는 개정예정인 고조파 관리기준에 근거한 배전계통의 전기품질 수준 파악을 위해 수용가 인입점에 PQM 시스템 50대를 구축한 사례를 소개한다.

3.1 시스템 개요

본 논문에서 구축한 PQM 시스템의 구성도는 그림 2와 같다.

전기품질 측정지점은 수용가 MOF(Metering Out Fit) 2차측으로서 전력량계 입력단자에 P/CT 센서를 체결하여 데이터를 취득하였다. 측정된 전기품질 데이터는 DWB(DAS Wireless Bridge)와 무선안테나를 통하여 인근 자동화기기의 FRTU(Feeder Remote Terminal Unit)로 전송되어 배전자동화통신망을 통해서 관할 배전사업소까지 전송되도록 설계되었다.

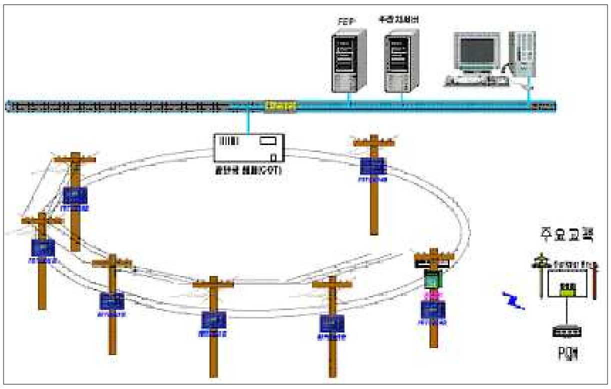

그림 2. DAS 연계형 PQM 시스템 개요도
Fig. 2. PQMS concept of DAS(Distribution Automation System) connection type

3.2 시스템 구성기기

3.2.1 PQ Meter

전력회사 및 수용가의 전기품질 규제를 위한 측정개소는 현재 전력량계가 부설되어 있는 위치와 동일하다. 본 논문에서 소개하는 전기품질 측정기기는 IEC 61000-4-30 Class B에 부합하는 기능을 구비하고 있으며, 세부사양은 다음과 같다[8].

- THD(Total Harmonic Distortion)
- Pst, Plt 및 Sag 크기/지속시간 검출 및 제공
- 통신방식 : RS-232/RS-485, Ethernet
- 프로토콜 : DNP 3.0, MODBUS
- 샘플링율 : 128[Sampling Rate]
- 측정장치간 시간 동기화를 위해 GPS 기능 내장
- 정밀도(전압/전류) : 0.5[%] 이하

그림 3은 PQ Mter 및 SMPS(Switching Mode Power Supply)/DWB가 포함된 외함의 모습이다. 외함은 MOF를 지지하고 있는 수용가 H전주에 부설하였으며, 내부 결선도는 그림 4와 같다.

그림 3. PQ Meter 및 외함
Fig. 3. PQ Meter and case

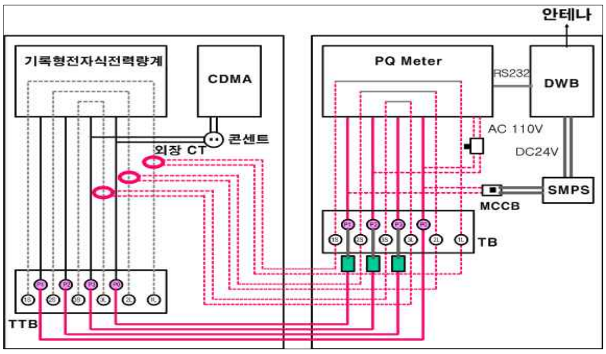

그림 4. 내부 결선도
Fig. 4. Curcuit diagram

3.2.2 DWB 및 안테나

본 기기는 수용가 인입점에 설치된 PQ Meter와 배전자동화용 단말장치(FRTU)간의 통신데이터를 중계하는 역할을 수행하며, 그 구성방식은 FRTU 마스터 및 PQ Meter 슬레이브로 구분된다. 기기 세부사양은 다음과 같으며, 그림 5는 외함 내부에 설치된 DWB 및 SMPS를 나타내고 있고, 그림 6은 PQM 시스템에 적용된 H 전주의 지향성 안테나 모습이다.

- 사용주파수 : 5.725~5.825[GHz]
- 통신속도 : 6[Mbps](실효속도)
- 정격전류/전압 : 0.7[A](최대)/24[Vdc]
- 통신반경 : 최대 5[km](지향성 안테나 적용 시)

3.3 설치개소 선정

본 PQM 구축을 위한 설치개소 표본수는 단순 확률추출법을 적용하여 산출하였다. 단순 확률추출법은

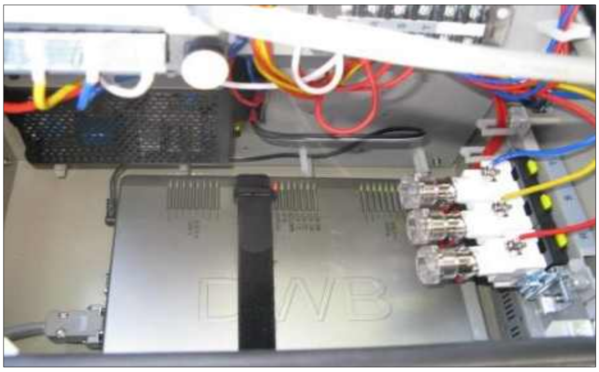

그림 5. DWB 및 SMPS(외함내부)
Fig. 5. DWB and SMPS(case inside)

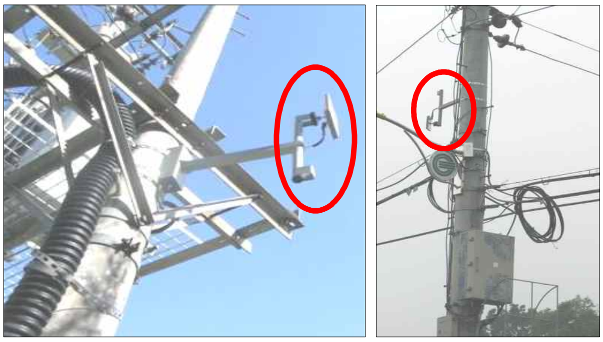

그림 6. 지향성 송수신 안테나
Fig. 6. directional transmission antenna

크기가 N인 모집단에서 n개의 표본을 추출하는 경우 각 원소의 추출확률을 모두 동일하게 하여 표본을 추출하는 방법이다. 따라서 표본의 확률성을 확보하는 것 이외에는 표본 추출상의 다른 제약이 없는 가장 단순한 표본추출방법이다. 본 표본수 선정을 위한 표준정규화 변수는 1.96, 신뢰도 95[%], 표준편차는 1.0[%], 오차는 0.2[%]를 적용하였으며, 오차 0.2[%]는 표본의 평균이 5.0[%]일 경우, 신뢰구간이 4.8~5.2[%]를 의미한다. 따라서 측정수용가 표본수는 다음과 같다.

$$\text{측정고객표본수} = \left(\frac{1.96 \times 0.01}{0.002}\right)^2 \fallingdotseq 100\text{호}$$

1차 구축단계에서는 현장의 여러 가지 제약조건에 따른 구축기간을 감안하여 50호만 설치를 완료하였으며, 차후 나머지 부분에 대한 설치범위를 확대할 예정

이다. 또한 대상수용가는 일반용 및 산업용 전력을 사용하는 수용가로 국한하였으며, 고조파가 많이 발생하는 산업용 수용가를 약 60[%] 정도로 선정하였다.

4. 고조파전압 측정결과

본 절에서는 한국전력공사 A지점 관할내 공단지역의 고압수용가 8호에서 취득한 고조파전압 분석결과를 소개하고자 한다. IEC 61000-3-6의 장기측정에 적합하도록 측정하였으며, 10분 간격으로 산출된 왜형률의 10일간 측정데이터를 분석하였다.

4.1 최대값 및 95[%]값 비교

아래 표 4는 전압/전류 종합왜형률의 최대값과 95[%] 값을 각각 나타내고 있다. 표의 결과에서 볼 수 있듯이 전체 전압왜형률은 대부분 2~3.5[%] 범위에 있으며, 특히 전압왜형률의 크기와 전류왜형률의 크기에는 밀접한 관련이 없음을 확인할 수 있다. 이는 특정수용가에서 방출되는 고조파 전류가 타수용가의 고조파 전류와 상쇄되는 효과로 인하여 결국 전압왜형에 미치는 영향이 크게 저감되는 것을 의미한다. 표에서 전류의 왜형률이 '999.9'로 기록된 자료는 설치된 측정기의 외부의 노이즈 또는 연산 프로세스 오류로 판단된다.

표 4. 고조파전압 최대값 및 95[%]값
Table 4. THDv Maximum & 95[%] value

수용가명	THDv			THDi		
	채널	최대값	95[%]	채널	최대값	95[%]
A	Vb	2.1	1.90	Ib	61.3	45.39
B	Va	3.2	2.48	Ia	137.6	89.80
C	Vc	2.2	1.71	Ia	126.5	92.58
D	Vc	3.4	2.83	Ib	41.9	24.98
E	Va	2.6	1.83	Ia	38.3	30.73
F	Vc	3.2	2.44	Ia	999.9	343.19
G	Vb	2.8	2.43	Ia	463.3	85.10
H	Vc	2.1	1.61	Ib	32.7	18.99

그림 7은 전압 왜형률이 상대적으로 높게 나타나는 D 수용가의 종합왜형률 누적확률분포를 그래프로 나타낸 것이다. 여기서 X축은 전압왜형률을 나타내고 있으며, Y축은 각각의 전압왜형률에 대한 측정개수를 나타낸다.

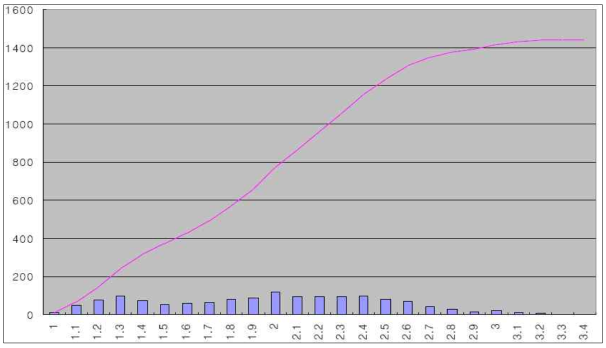

그림 7. D 수용가 누적확률분포표
Fig. 7. D customer comulative probability distribution function

4.2 동일선로 고조파전압 비교

본 절에서는 동일 배전선로에 연계된 2개의 수용가의 고조파전압 왜형률을 비교한 결과를 기술하였다.

4.2.1 B, F 수용가 고조파전압

전절의 표 4에서 B와 F는 동일 배전선로에 연계되어 있는 수용가로서 두 수용가 공급지점은 1.9[km] 정도 떨어져 있으며, B의 계약용량은 300[kW], F의 계약용량은 350[kW]이다.

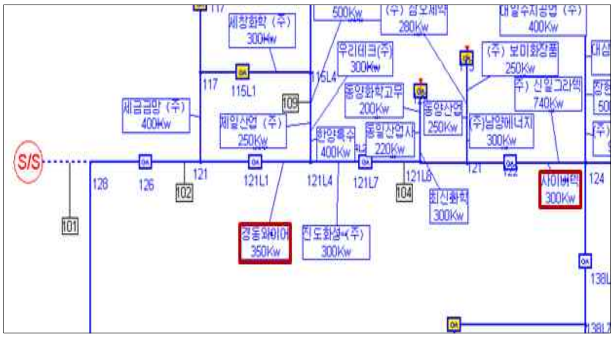

그림 8. 수용가 인입위치(전원측 F, 말단측 B)
Fig. 8. Position of F(upstream) & B(downstream)

표 5. F & B 수용가의 고조파전압 종합왜형률
Table 5. THDv of F&B customer

수용 가명	Va		Vb		Vc	
	최대값	95[%]	최대값	95[%]	최대값	95[%]
F	2.9	2.26	3.1	2.28	3.2	2.44
B	3.2	2.48	3.2	2.32	2.8	2.16

본 수용가의 공급선로는 공단지역의 산업용 설비를 주부하로 하고 있으며, 두 측정지점 사이에 수많은 고압수용가 및 분기선로에서 발생하는 부하전류의 변동 패턴 및 크기가 다양하므로 이들로부터 유입되는 고조파전류의 변동 또한 상당한 차이가 있을 것으로 예상된다. 일반적인 고조파 평가에서는 각 지점별 부하기기 사용패턴 및 위상차를 반영한 고조파전류 크기를 예측하는 것이 불가능하므로 최악조건을 전제로 평가하고 있다. 따라서 위와 같은 조건에서 IEC를 포함한 일반적인 고조파 관리기준에서는 고조파 발생원의 위치에 관계없이 전원측의 고조파전압은 말단측에 그대로 영향을 미치게 되어 말단측의 고조파전압 왜형률이 항상 높아진다는 것이 기본 전제이다. 그러나 위의 표에서는 Va, Vb 두개의 상에서 말단측의 왜형률이 더 크게 나타나고 있으나, C상인 Vc에서는 전원측에서 더 크게 나타나고 있다. 이는 각 수용가에서 발생하는 각 고조파전류의 위상차로 인하여 각 측정지점마다 상쇄되는 효과가 달라져 선로 말단이라도 고조파전압 왜형률이 개선되어 전원측보다 낮게 나타나는 것이다. 그림 9, 10, 11은 측정 전기간(10일)의 각 상 고조파전압 왜형률을 나타내고 있으며, 그림 12, 13, 14는 측정기간 중 가장 높게 나타난 날의 전압왜형률을 확대한 그래프이다. 여기서 적색그래프는 B수용가, 청색그래프는 F수용가의 고조파 전압을 나타내며,

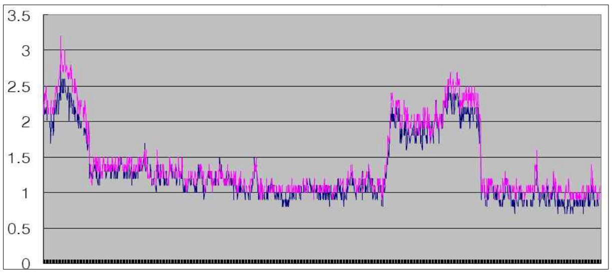

그림 9. A상 고조파전압 왜형률(측정 전기간)
Fig. 9. THDv of Phase A(the whole period)

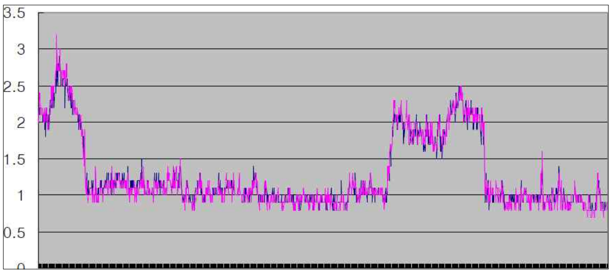

그림 10. B상 고조파전압 왜형률(측정 전기간)
Fig. 10. THDv of Phase B(the whole period)

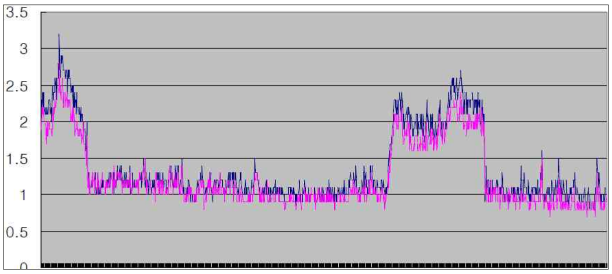

그림 11. C상 고조파전압 왜형률(측정 전기간)
Fig. 11. THDv of Phase C(the whole period)

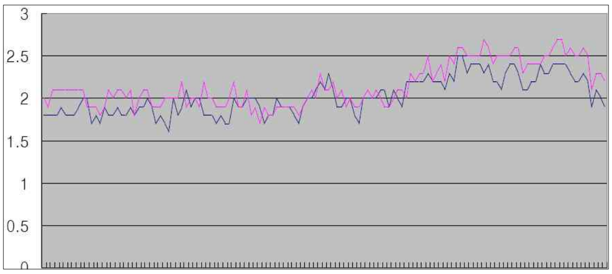

그림 12. 일일 고조파전압 왜형률(A상)
Fig. 12. THDv of one-day(Phase A)

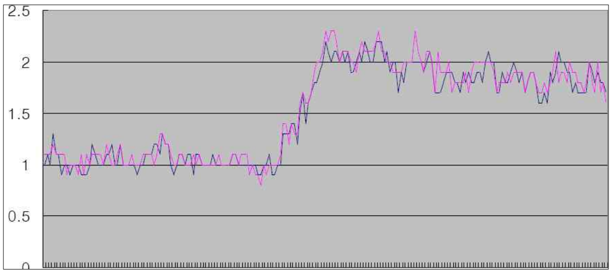

그림 13. 일일 고조파전압 왜형률(B상)
Fig. 13. THDv of one-day(Phase B)

X축은 시간, Y축은 고조파전압 왜형률을 나타내고 있다. 측정전기간 및 일일 고조파전압 왜형률을 살펴보면, 앞에서 설명한 바와 같이 말단측인 B수용가의 고조파전압 왜형률이 더 낮게 나타나는 경우가 발생되는 것을 확인할 수 있다.

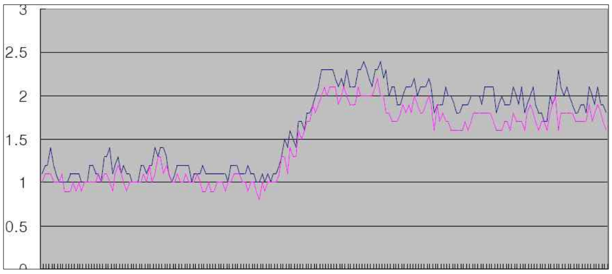

그림 14. 일일 고조파전압 왜형률(C상)
Fig. 14. THDv of one-day(Phase C)

4.2.2 C, H 수용가 고조파전압

전절의 표 4에서 C와 H 역시 동일 배전선로에 연계되어 있는 수용가로서 공급지점은 0.9[km] 정도 떨어져 있으며, C의 계약용량은 850[kW], F의 계약용량은 950[kW]이다.

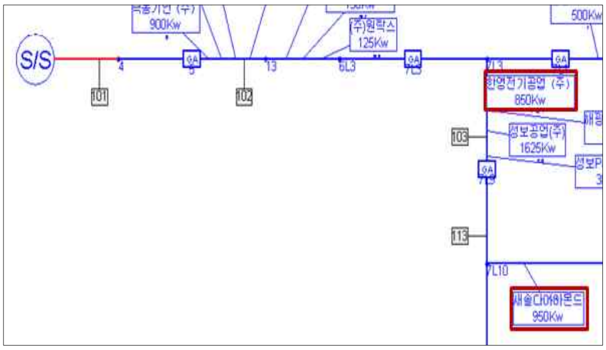

그림 15. 수용가 인입위치(전원측 C, 말단측 H)
Fig. 15. Position of C(upstream) & H(downstream)

아래의 표 6에서 확인되는 결과는 A, B, C상 모두에서 전원측의 왜형이 높게 나타나고 있어, 결국 고조파 부하의 증가가 오히려 배전계통의 고조파전압 왜형을 일정부분 감소 또는 일정한 값으로 수렴시킬 수 있다는 추정을 가능하게 해 준다.

그림 16, 17, 18은 측정 전기간(10일)의 각 상 고조파 전압 왜형률을 나타내고 있으며, 그림 19, 20, 21은 측정기간 중 가장 높게 나타난 날의 전압왜형률을 확대한 그래프이다. 여기서 청색그래프는 C, 적색그래프는 H 수용가의 고조파 전압을 나타낸다.

표 6. C&H 수용가의 고조파전압 종합왜형률
Table 6. THDv of C & H customer

수용가명	Va		Vb		Vc	
	최대값	95[%]	최대값	95[%]	최대값	95[%]
C	2.0	1.64	2.0	1.71	2.2	1.71
H	1.8	1.44	1.9	1.61	2.1	1.57

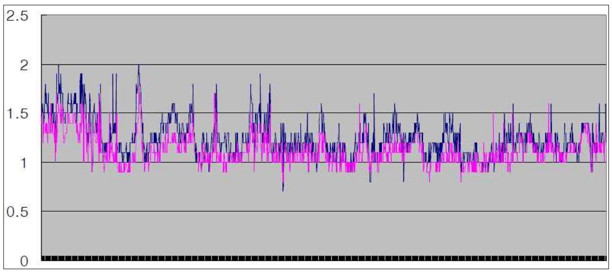

그림 16. A상 고조파전압 왜형률(측정 전기간)
Fig. 16. THDv of Phase A(the whole period)

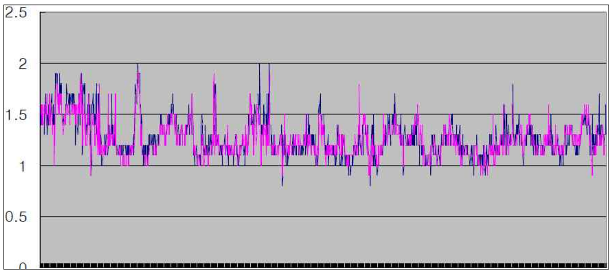

그림 17. B상 고조파전압 왜형률(측정 전기간)
Fig. 17. THDv of Phase A(the whole period)

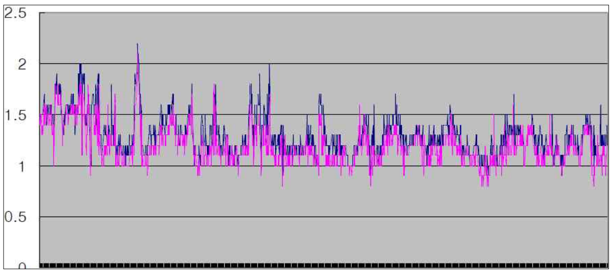

그림 18. B상 고조파전압 왜형률(측정 전기간)
Fig. 18. THDv of Phase A(the whole period)

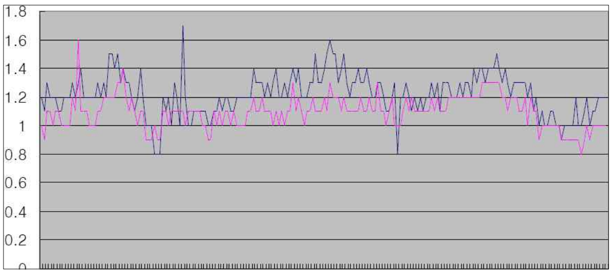

그림 19. 일일 고조파전압 왜형률(A상)
Fig. 19. THDv of one-day(Phase A)

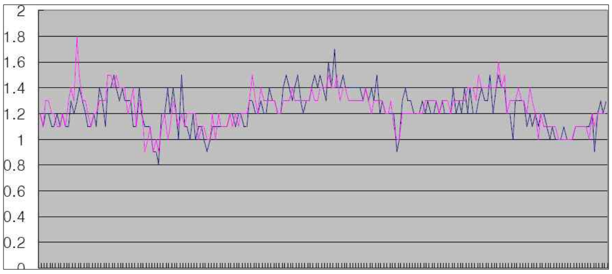

그림 20. 일일 고조파전압 왜형률(B상)
Fig. 20. THDv of one-day(Phase B)

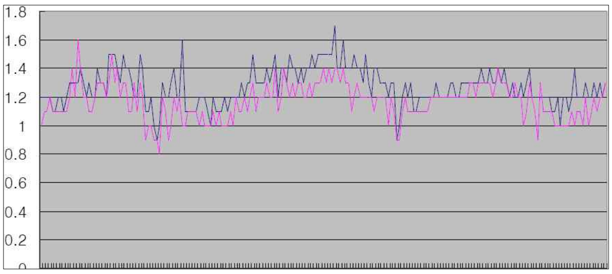

그림 21. 일일 고조파전압 왜형률(C상)
Fig. 21. THDv of one-day(Phase C)

4.3 차수별 고조파전압 분포

각 수용가에서 측정된 차수별 고조파를 분석해 본 결과, 본 측정지역에서는 대부분 5차 고조파전압이 최고값을 나타내고 있으며, 두 번째로는 7차 고조파전압, 세 번째로는 3차와 11차가 대부분 차지하고 있다. 따라서 본 지역에서 사용하고 있는 대부분의 부하는 3상 정류회로가 적용된 산업용 설비로 판단된다.

표 7. 각 수용가 고조파전압 1순위
Table 7. First rank THDv of each customer

수용	Va		Vb		Vc	
가명	차수	95[%]	차수	95[%]	차수	95[%]
A	7	1.11	5	1.12	3	1.13
B	5	2.20	5	2.10	5	1.94
C	5	1.41	5	1.38	5	1.32
D	5	2.27	5	2.22	5	2.62
E	5	1.38	5	1.35	5	1.32
F	5	2.02	5	2.07	5	2.21
G	5	1.97	5	2.19	5	2.12
H	5	1.10	5	1.30	5	1.25
최대값	2.20		2.22		2.62	
평균값	1.68		1.72		1.74	

표 8. 각 수용가 고조파전압 2순위
Table 8. Second rank THDv of each customer

수용	Va		Vb		Vc	
가명	차수	95[%]	차수	95[%]	차수	95[%]
A	3	0.82	7	1.05	7	0.99
B	3	0.69	7	0.65	7	0.62
C	7	0.65	7	0.81	7	0.81
D	7	0.62	3	0.79	3	0.80
F	3	0.78	7	0.52	7	0.51
E	7	0.47	7	0.61	7	0.76
G	7	0.67	7	0.82	7	0.88
H	7	0.78	7	0.73	7	0.75
최대값	0.78		0.82		0.99	
평균값	0.69		0.75		0.77	

표 9. 각 수용가 고조파전압 3순위
Table 9. Third rank THDv of each customer

수용	Va		Vb		Vc	
가명	차수	95[%]	차수	95[%]	차수	95[%]
A	5	0.79	3	0.78	5	0.97
B	7	0.55	3	0.30	3	0.47
C	11	0.30	3	0.41	3	0.59
D	3	0.55	7	0.62	7	0.74
F	11	0.48	11	0.43	3	0.36
E	3	0.34	9	0.32	3	0.57
G	3	0.56	3	0.57	3	0.77
H	11	0.42	3	0.52	3	0.56
최대값	0.79		0.78		0.97	
평균값	0.50		0.49		0.63	

4.4 차수별 고조파전압 IEC Std. 비교

위에서 분석해 본 상위 5위의 고조파전압을 IEC에서 정하고 있는 배전계통의 계획레벨과 비교하여 평가해 보았다. 아래 표에서와 같이 15차 고조파의 경우 95[%] 누적확률값 중 가장 높은 경우는 계획레벨을 초과하여 나타났으며, 이 외에도 고조파전압 계획레벨이 낮게 정해진 21차 고조파에서 한계값에 근접하거나 10분 측정 값의 일부(5[%]이내)가 계획레벨을 초과하는 측정값이 관찰되어 저차에서보다는 15차 21차 등의 고조파에서 문제가 될 수 있음을 확인할 수 있었다.

표 10. 측정값 대비 IEC 계획레벨 비교표
Table 10. IEC PL value comparison of THDv

순위	차수	IEC PL	95[%] 값	비교값
1순위	3차	4[%]	2.62[%]	65.5[%]
	5차	5[%]	1.77[%]	35.4[%]
	7차	4[%]	1.11[%]	27.8[%]
2순위	3차	4[%]	0.82[%]	20.5[%]
	7차	4[%]	1.05[%]	26.3[%]
3순위	3차	4[%]	0.78[%]	19.5[%]
	5차	5[%]	0.97[%]	19.4[%]
	7차	4[%]	0.74[%]	18.5[%]
	9차	1.2[%]	0.32[%]	26.7[%]
	11차	3[%]	0.48[%]	16.0[%]
4순위	2차	1.8[%]	0.18[%]	10.0[%]
	3차	4[%]	0.37[%]	9.3[%]
	7차	4[%]	0.48[%]	12.0[%]
	9차	1.2[%]	0.74[%]	61.7[%]
	11차	3[%]	0.31[%]	10.3[%]
	13차	2.5[%]	0.16[%]	6.4[%]
5순위	2차	1.8[%]	0.19[%]	10.6[%]
	3차	4[%]	0.27[%]	6.8[%]
	9차	1.2[%]	0.37[%]	30.8[%]
	11차	3[%]	0.33[%]	11.0[%]
	13차	2.5[%]	0.30[%]	12.0[%]
	15차	0.3[%]	0.35[%]	116.7[%]

5. 분석결과 검토

산업용 부하가 밀집되어 있는 지역의 수용가 인입점에서 측정한 고조파 전압을 분석한 결과, 한전의 개정 예정인 고조파 관리기준에 대부분 적합하게 나타났다. 또한 배전선로 각 측정지점마다 고조파전압의 왜형률이 다르게 나타나며, 서로 다른 부하에서 발생되는 고조파전류의 상쇄효과로 인하여 일부 구간에서는 오히려 말단측에서 고조파전압 왜형률이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 대용량 설비를 사용하는 전용선로 수용가나 기기운전 특성에 따라 배전계통 고조파전압 왜형률에 영향을 미치는 경우에는 고조파전류의 상쇄효과가 거의 나타나지 않는다. 아래 그림 22는 대용량 기기를 사용하는 수용가의 전용선로 연계 모선의 인출점에서 측정한 고조파전압 왜형률로서 대용량 기기에서 발생되는 고조파전류에 의해서 모선의 고조파전압이 크게 영향을 받는 것을 알 수 있다. 또한 그림 23은 일반선로에서 사용중인 시험설비(계약용량 6,000[kW])의 돌입전류로 인하여 배전계통의 고조파전압 왜형률에 영향을 미치는 것을 나타내고 있다. 따라서 이와 같은 수용가는 타수용가에게 고조파

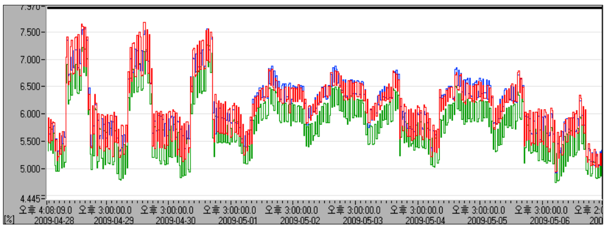

그림 22. 전용선로 연계계통 고조파전압 왜형률
Fig. 22. THDv of the exclusive line

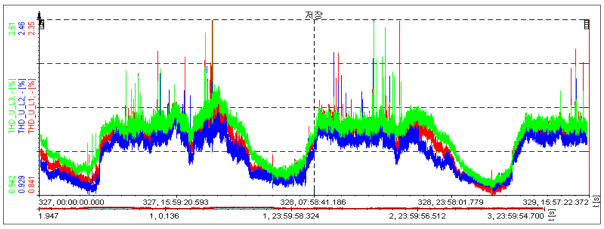

그림 23. 특수설비 연계계통 고조파전압 왜형률
Fig. 23. THDv of the distribution common line connected special equipment

인한 영향을 줄 수 있으므로, 인입점에서 고조파 전류를 엄격하게 제한해야 하며, 근본적인 원인 해결을 위해 인입점 또는 기기별로 고조파 보상설비를 설치해야 할 것으로 판단된다.

6. 결 론

본 논문에서는 배전계통 PQM 시스템 구축사례 및 고조파전압 분석결과를 소개하였다. 앞에서 살펴본 바와 같이 고조파전압은 각 위치별로 일정한 변동패턴이 형성되지 않으며, 기기용량이나 운전특성에 따라 여러 가지 형태로 나타나는 것을 알 수 있었다. 차후 PQM 시스템에서 취득한 지역별, 계절별, 부하특성별 장기간 고조파데이터의 분석을 통하여 전력회사에서 합리적으로 운용할 수 있는 고조파 관리기준 제 · 개정에 활용할 예정이다.

References

〔1〕 한국전력공사, "배전계통 고조파 관리기준 잠정(안) 및 시범적용 계획", 2009.
〔2〕 Electrical Power Systems Quality, Mcgraw-Hill, 1996.
〔3〕 한국전력공사, 배전계통 플리커 관리기준 제정 및 순간전압강하 관리방안 수립에 관한 연구, 2010.
〔4〕 IEEE Std. P519-1996, Guide for applying harmonic limits on power system.
〔5〕 한국전력공사, "기본공급약관 시행세칙", 2007.
〔6〕 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.
〔7〕 산업자원부, 배전계통 고조파 관리기준 연구, 산업자원부, pp.81-181, 2005.
〔8〕 IEC/TR 61000-4-30, First Edition, Testing and measurement techniques-Power quality measurement methods, 2003.

◇ 저자소개 ◇

박용업(朴用業)
1976년 7월 19일생. 2005년 강원대학교 전기전자공학부 졸업(석사). 현재 한전 전력연구원 송배전연구소 선임보연구원.

이건행(李健行)
1966년 6월 21일생. 1992년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1999~2007년 한전 배전처 근무. 현재 한전 전력연구원 송배전연구소 책임연구원.