

A Study on the Harmonic Current Characteristic and Emission Value Assess Method Considering the Linear Load

박 용 업[†] · 최 성 훈* · 장 준 수**
 (Yong-Up Park · Seung-Hoon Choi · Joon-Soo Chang)

Abstract - In order to operate the power system satisfactory for both system operators and customers, it is important to limit the harmonic currents to the allowable levels which injected into the system from the distorting installations. In this regard, the principles for the allocation of emission limits on individual customer were introduced in the technical report of IEC61000-3-6. According to these general principles, the emission limits are dependent on the agreed power of the customer, the power of the harmonic-generating equipment, and the system characteristics. The considerations in this report are very comprehensive and the process introduced is practical enough to implement as it is. However, there is a fact not appropriately dealing in the report that could be a very tickle but has a huge impact on determining the emission limit. This is the effect of non-harmonic load currents. More precisely, these are from the equipments which do not emit any harmonic or may emit harmonics but this specific order under the consideration by themselves if the source power is sinusoidal. The load currents originated from these equipments have an effect of active filter against the specific order of harmonic therefore, these should be dealt as a significant factor on the process of determining the emission limits for individual customer.

Key Words : Harmonic, Non-harmonic load, Emission limit

1. 서 론

전기기기의 효율적 제어를 위한 전력전자 기술이 발전하면서 가전제품, 산업용설비 등 거의 모든 기기에 스위칭 소자가 보급되어 실용화되고 있다. 이와 같은 전력전자 소자는 기기의 효율화 및 서비스의 품질 향상 등과 같은 장점을 가지고 있지만, 전력계통으로 고조파를 방출하는 단점을 가지고 있다. 계통 측면에서 고조파는 중성선의 전류증가, 보호기기 오동작, 통신장애, 기기 열화 및 소음 등 다양한 문제들을 발생시킬 수 있어 이에 대한 합리적인 관리 및 운용기준이 반드시 필요하다. 이미 선진국에서는 이와 같은 문제점을 인식하고, 고조파 관리기준을 제정하여 효과적으로 억제 대책을 수립하고 있다[1]. 국내에서도 최근 고조파에 대한 대책수립을 위해 정부, 전력회사, 제조회사 및 연구기관에서 관련 연구가 활발하게 진행 중이다.

이의 일환으로 한국전력공사는 IEEE에 근거한 현행 고조파 관리기준을 IEC 기반의 관리기준으로의 제·개정을 완료하였으며, 09년 7월부터 1년간 전국사업소를 대상으로 이에 대한 시범 운용을 시행하고 있다.

IEC의 평가 방식은 고조파 전류로 인한 MV계통의 최악 조건을 고려하였으며, 이 때 모든 고객설비가 고조파를 방출하는 것으로 가정하여 방출값을 산정한다. 그러나 고조파 발생 부하와 선형 부하가 병렬로 운전할 경우, 고조파 전류는 선형 부하로 인하여 감소하는 특성을 가지고 있다. 고조파 발생 부하에서 특정 고조파 전류가 방출될 경우, 전압은 전류와 반대의 위상으로 변동하며, 이와 같은 현상으로 인하여 선형부하에는 고조파 전류와 반대의 위상을 가지는 전압이 공급된다. 결국 선형부하의 전류는 비선형부하의 고조파 전류와 반대되는 위상을 가진 고조파 성분을 포함하게 되어 특정 고조파 전류를 감소시키는 역할을 하게 되는 것이다.

또한 고조파 전류와 계통 임피던스의 상호작용으로 발생하는 고조파 전압도 이와 같은 현상으로 인하여 왜형률이 개선되는 것을 확인할 수 있었다.

본 논문에서는 이와 관련된 현상을 해석하기 위하여 전력계통 과도현상 해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하여 계통 해석을 수행하였으며, 실제 측정결과를 바탕으로 현행 및 제안된 평가방법의 결과를 비교하였다.

고조파 전류 허용 방출값은 연계지점의 계통 임피던스가 클수록 작아지게 되는데, 이로 인하여 선로 말단에 연계된 고객은 매우 엄격한 방출값이 적용된다.

본 논문에서 제안된 방법은 선로 전원측에 연계되어 있는 고객보다는 선로 말단에 연계된 고객에게 더 큰 완화 효과를 줄 수 있다. 따라서 현재의 공용선로 전력공급 절차에서는 연계지점을 임의로 지정 할 수 없으므로, 본 평가방법은 사용자 입장에서 좀 더 형평성에 부합할 것으로 판단된다.

† 교신저자, 정회원 : 한국전력공사 전력연구원 일반연구원
 E-mail : upup22@kepcoco.kr

* 정 회원 : 한국전력공사 전력연구원 선임연구원

** 정 회 원 : 한국전력공사 배전계획처 차장

접수일자 : 2009년 7월 22일

최종완료 : 2009년 10월 8일

2. 현행 고조파 전류 방출값 평가 방법

2.1 IEC 평가 방법

IEC 61000-3-6의 고조파 평가 방법은 3단계로 이루어져 있는데, 한전의 고압수용가 평가방법 및 본 논문에서 적용하는 방식은 2단계에 해당한다. IEC에서 제시하는 2단계 평가에서는 실 계통의 일일 부하곡선을 이용하여 동시율을 적용하는 방법도 있으나, 이는 산출의 어려움과 결과의 정확성 확보가 어려워 일반적으로 동시율이 제외된 아래의 수식을 사용하고 있다.

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

여기서,

- G_{hMV+LV} 은 MV 계통에서 h차 고조파 전압에 대한 MV 및 LV 부하의 허용 가능한 전역 수용치
- 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
- α 는 합성역지수

표 1 합성 역지수

Table 1 Summation exponents for harmonic

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

표 1은 전역 수용치에 적용되는 고조파 차수별 합성역지수이며, 이는 계통에 존재하는 고조파 특성을 평가결과에 반영하기 위해 적용된 것으로 차수가 높을수록 할당되는 전역 수용치는 증가하게 된다. MV 계통에서 h차 고조파 전압에 대한 MV와 LV 부하의 허용 가능한 전역 수용치에 대한 개요도는 아래 그림 1과 같다[2]. 여기서, S_i 는 수용가 i의 계약 용량이며, S_j 는 변전소 MTr. 공급 용량을 나타낸다. 각 수용가별 배전계통의 허용 고조파 전압이 할당되면, 이 값에 근거하여 비선형부하에 의해 발생하는 고조파 전류를 산출하여야 한다. 이는 아래와 같이 평가지점에서의 고조파 전압을 고조파 임피던스(Z_h)로 나누어 각 고객에게 할당되는 고조파 전류를 계산할 수 있다.

$$E_{thi} = \frac{E_{Uhi}}{Z_h}$$

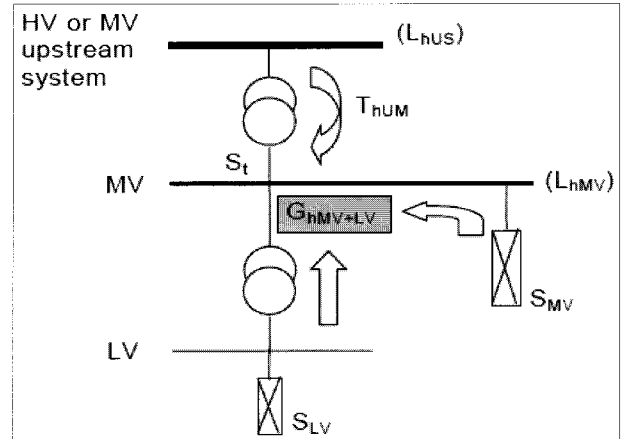


그림 1 전역 유출 제한치 구성

Fig. 1 Sharing global contributions at MV system

2.2 한전 평가 방법

한전의 고압수용가 고조파 전류 방출값 평가는 시범기간 중에는 계약용량 1000[kW] 이상의 고압수용가만 대상으로 한다. 평가 방법은 IEC의 기본개념을 준용하였으며, 단 영상분 임피던스는 별도로 산정하여 영상분 고조파 전류 평가에 적용하였다. 또한 전력회사가 유지해야 할 고조파 전압값은 IEC에서 제시한 값의 약 77%로 선정하였으며, 이에 대한 비교값은 아래 표와 같다[3].

표 2 IEC 및 한전 Planning Level 비교표

Table 2 IEC & KEPCO Harmonic Voltage PL

3의 배수가 아닌 기수 고조파			3의 배수인 기수 고조파			우수 고조파		
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				> 21	0.2	0.2

- 한전 배전계통 THD_v : 5%
- IEC MV계통 THD_v : 6.5%

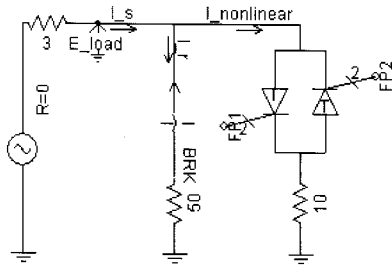
3. 부하구성에 따른 고조파 특성

3.1 모의계통

부하구성에 따른 고조파 전류 특성을 분석하기 위하여 스위칭 소자와 저항성분이 병렬로 연계된 단상 회로를 구성하

였다. 각 소자별 파라미터 및 모의 회로는 아래의 그림 2와 같다[4].

일반적으로 전력계통 및 부하의 L/C 정수는 고조파의 위상과 관련하여 그 특성에 매우 큰 영향을 미치므로, 이에 대한 해석 시 반드시 고려되어야 할 중요한 요소이다. 그러나 본 논문에서 적용하는 평가기법에서는 차수별 위상 변화를 고려하지 않으며, 고조파 전류의 특성분석 편의를 위하여 L/C 정수를 적용하지 않았다.



- 전원전압 : 10[kV]
- 전원임피던스 : 3[Ω]
- 선형부하 : 50[Ω]
- 비선형부하 : 10[Ω]
- 선형부하 투입 : 모의 후 1초

그림 2 고조파특성 모의회로

Fig. 2 Harmonic characteristic simulation circuit

3.2 모의결과

그림 3은 부하인입점에서의 공급전압을 나타내며, 1초에 투입되는 선형부하로 인하여 전압강하가 발생한다. 그림 4는 부하인입점에서의 3차와 5차 고조파 전압을 나타내고 있다. 선형부하 투입 전, 3차의 경우 0.368[kV], 5차의 경우에는 0.125[kV]의 값이었으나, 선형부하가 투입되면서 각각 0.332[kV], 0.115[kV]로 감소하는 것을 볼 수 있다. 고조파 전압의 감소로 인하여 그림 5와 같이 이에 대한 전압왜형률도 개선되는 것을 볼 수 있다.

그림 6, 그림 7, 그림 8은 각각 부하인입점에서의 기본파 전류, 고조파 전류 및 왜형률을 나타내며, 전압특성과 마찬가지로 선형부하가 투입되면서 고조파 전류가 감소하는 것을 볼 수 있다. 일반적으로 선형부하가 병렬로 접속될 경우에는 합성저항이 감소하여 부하 전류가 증가하지만, 비선형 부하에 선형부하가 접속될 경우 고조파 전류는 이와 반대의 현상이 나타나게 된다. 서론에서 언급한 바와 같이 비선형 부하에서 발생하는 고조파 전류의 위상과 이로 인한 고조파 전압의 위상은 반대로 나타나게 되는데, 이 때 선형부하에서 발생하는 고조파 전류와 전압의 위상은 동상이 된다. 따라서 비선형부하와 선형부하의 고조파 전류는 위상이 반대가 되어 서로 상쇄되는 효과를 나타내게 된다. 그림 9는 이에 대한 고조파 특성을 모의한 결과로서, 모의 후 1.5초에 측정된 3차 고조파 전류는 비선형부하 전류가 117.32[A], 선형부하 전류가 6.64[A], 그리고 부하로 인입되는 전류의 크기가 110.68[A]로 나타났다. 결국 회로정수가 저항성분으로만 구성되어 있을 경우, 비선형부하 전류에서 선형부하 전류를 차감하면 계통으로 방출하는 고조파 전류의 크기가 된다.

선형부하가 고려된 고조파 전류 특성 및 방출값 평가

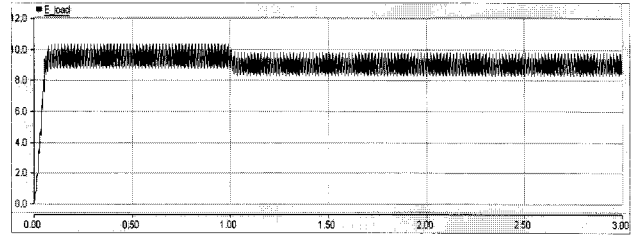


그림 3 부하인입점 공급전압[kV]

Fig. 3 PCC supply voltage [kV]

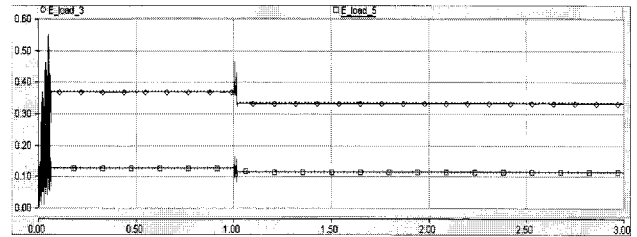


그림 4 부하인입점 고조파 전압[kV]

Fig. 4 PCC harmonic voltage[kV]

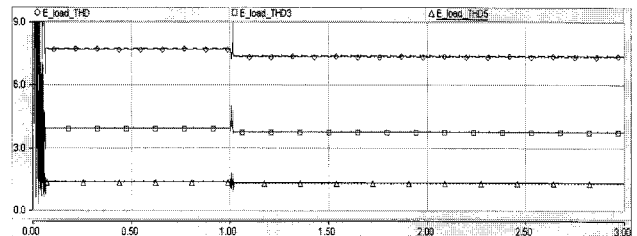


그림 5 부하인입점 고조파 전압 왜형률[%]

Fig. 5 PCC Harmonic voltage distortion[%]

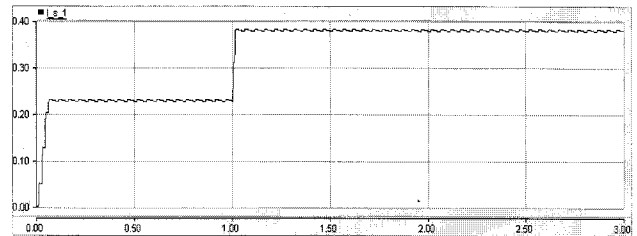


그림 6 부하인입점 전류[kA]

Fig. 6 PCC load current[kA]

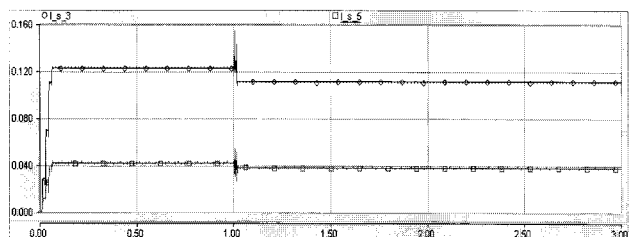


그림 7 부하인입점 고조파 전류[kA]

Fig. 7 PCC harmonic current[kA]

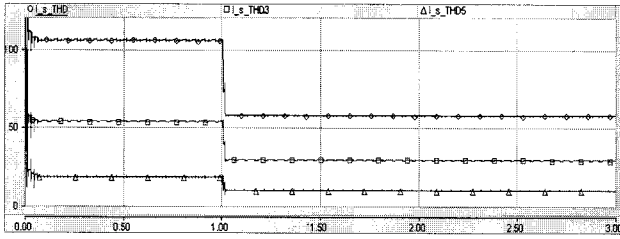


그림 8 부하인입점 고조파 전류 왜형률[%]
Fig. 8 PCC harmonic current distortion[%]

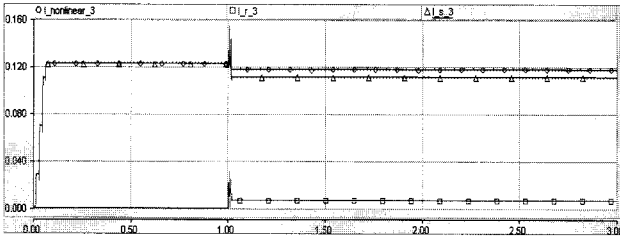


그림 9 부하회로 위치별 3차 고조파 전류[kA]
Fig. 9 3rd harmonic current each position in simulation circuit[kA]

3.3 부하구성에 근거한 평가 기법

3.3.1 전압왜형률 및 고조파 전류 방출값 산정

전질의 모의결과에서 선형부하가 투입될 경우 고조파 전압 왜형률 및 고조파 전류 방출값이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 현상을 실제 고조파 전류 평가에 적용하기 위해서 아래와 같이 수식을 유도하였다.

- $I_h = I_{sh} - I_{rh} \text{ [A]}$
 - I_h : h차 고조파전류 방출량
 - I_{sh} : 비선형부하에서 방출되는 h차 고조파전류
 - I_{rh} : 선형부하에서 방출되는 h차 고조파전류
- $I_{rh} = VTHD_h \times I_{r1}$
 - $VTHD_h$: h차 고조파 전압 왜형률
 - I_{r1} : 선형부하의 기본파전류
- $VTHD_h = \frac{I_h \times Z_h}{E}$
 - Z_h : h차 고조파 임피던스
 - E : 공급전압

위 세 식을 근거로 전력계통의 h차 고조파 전압의 왜형률 $VTHD_h$ 및 고조파 전류 방출값은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- $VTHD_h = \frac{(I_{sh} - VTHD_h \cdot I_{r1}) \times Z_h}{E}$
- $I_{sh} - VTHD_h \cdot I_{r1} = \frac{VTHD_h \cdot E}{Z_h}$
- $I_{sh} = VTHD_h \left(\frac{E}{Z_h} + I_{r1} \right)$
- $VTHD_h = \frac{I_{sh}}{\frac{E}{Z_h} + I_{r1}} \text{ [%]}$

3.3.2 모의결과에 근거한 평가 결과

본 절에서는 전질에서 유도된 평가수식을 근거로 3차 고조파의 경우에 대한 결과값을 산정하였으며, 부하인입점에서 측정된 번수값은 아래 표 3과 같다. 여기서 선형전류는 3차 고조파 전류를 제외한 기본파 및 고조파 전류의 총 합을 의미하며, 본 모의계통의 3차 고조파 전압의 전역 수용치는 5%로 가정하였다.

표 3 시뮬레이션 결과

Table 3 Simulation results

	투입전	투입후
계통전압[V]	9,432	8,913
선형전류[A]	230	380
고조파 전압[V]	368	332
고조파 전류[A]	123	110
고조파 임피던스[Ω]	2.99	3.02
전압왜형률[%]	3.9	3.7

선형부하 투입 전의 전압왜형률은 아래 수식의 결과와 같이 약 3.9[%]로 모의 결과와 일치하며, 선형부하 투입 후의 전압왜형률은 약 3.5[%]로 나타나 모의 결과보다 작게 나타났다.

- $VTHD_3 = \frac{123}{\frac{9432}{2.99} + 0} = 3.9\%$
- $VTHD_3 = \frac{123}{\frac{9432}{2.99} + 380} = 3.5\%$

3차 고조파 전류 방출값은 IEC 평가기법으로 계산하면 아래 수식과 같이 약 167[A]로 산정되지만, 선형부하를 고려할 경우에는 186.2[A]로 허용값이 증가하게 된다.

- $I_{s3(IEC)} = \frac{0.05 \times 10000}{2.99} = 167 \text{ [A]}$
- $I_{s3} = 0.05 \times \left(\frac{10000}{2.99} + 380 \right) = 186.2 \text{ [A]}$

4. 고압수용가 사전 및 사후평가 적용사례

한국전력공사의 배전계통 고조파 관리기준은 고조파 전류 방출 예측 프로그램을 이용한 사전 평가와 정기적인 모니터링을 통한 사후 평가로 이루어진다. 본 절에서는 고압수용가의 고조파 실측사례를 근거로 사전 및 사후평가에 대한 현행방식과 제안방식에 대한 각각의 결과를 비교하였다[5].

4.1 고압수용가 공급조건 및 고조파전류 방출값

검토대상 고객의 공급조건 일반현황 및 구내설비 중 대용량 고조파 발생 부하기기는 아래의 표와 같다[6].

표 4 고압수용가 공급조건 및 전역수용치

Table 4 Supply condition & acceptable global contribution

항목	적용값	
계약용량	6000[kW]	
연계선로	CNCV 325mm ²	2.143[km]
	ACSR 95mm ²	4.643[km]
변전소 변압기	운전용량	45[MVA]
	임피던스(1차-2차)	15.57[%Z]
5차 고조파 전압 관리기준	배전계통 PL	3.8[%]
	송전계통 PL	1.7[%]
	배전계통 전역수용치	2.872[%]

표 5 고조파 발생기기 현황

Table 5 Harmonic equipment

No	기기종류	용량[KVA]	대수
1	전동기	1200	2
2	전동기	120	5
3	전동기	200	5

본 고압수용가 연계지점의 5고조파 전류 방출 한계값은 4.55[A]로서 아래 수식과 같이 산정되어진다.

- 고조파 임피던스 : 19.78[Ω]
- 고조파 허용전압 영역 :

$$THD_v = 2.872 \times \sqrt[3]{\frac{6000}{45 \times 10^3}} = 0.68[\%]$$

- 고조파 허용전류 영역 :

$$THD_i = \frac{22900^2 \times 0.68}{19.78 \times 6000 \times 10^3} = 3.01[\%]$$

- 허용 전류값 : $I_{s3} = \frac{22900 \times 0.68}{100 \times \sqrt{3} \times 19.78} = 4.55[A]$

아래 표 6에서는 현행 평가방법과 본 논문에서 제안한 평가방법에 대한 결과를 비교하였다. 본 수용가에서의 5고조파 전류의 유출 제한치는 현행 방식에서는 4.54[A]이지만, 제안 방식에서는 5.57[A]로 방출치가 완화되었다. 제안방식의 산출수식에서 선형전류값인 151.18[A]는 정격전류에서 5고조파 방출전류 예측값을 제외한 전류값이다. 본 수용가의 경우 5고조파 전류방출 예측치는 5.292[A]이며, 이에 대한 예측 근거는 다음 절에서 설명하였다.

표 6 평가방식별 산출결과

Table 6 assessment results of harmonic current emission

평가방식	산출수식	방출값
현행	$0.0068 \times (\frac{13200}{19.78})$	4.54[A]
제안	$0.0068 \times (\frac{13200}{19.78} + 151.18)$	5.57[A]

4.2 고압수용가 공급전 평가

전력공급전 고조파 평가에서는 고압수용가의 고조파 발생기기에서 방출되는 전류값을 예측 산정한 후, 방출치와 비교하여 공급여부를 결정하게 된다. 고조파 전류 예측기법은 지식경제부(구 산업자원부)에서 주관한 「고압수용가 고조파 대책 수립 및 업종별 고조파 환산계수 산정 기술개발(07.02)」 연구과제의 알고리즘을 적용하였다. 고조파 전류 발생량 산정을 위한 수식은 다음과 같다[7].

- 고조파 전류 유출 발생량 = 기기정격용량 × 대수 × 최대가동율 × 고조파 함유율
- 합계 고조파 전류 발생량 = 차수별 고조파 전류 발생량 × 계약전력 보정계수

최대가동율은 수용가 최대전력 사용 시 30분간 부하운전률을 의미하며, 계약전력 보정계수는 수용가 용량이 클수록 부하의 동시 운전률이 감소하는 것을 감안하여 적용한 계수이다.

고조파 전류 방출값의 예측을 위해서는 고조파 설비의 구성요소 및 제어 기법에 대한 정확한 조사가 이루어져야 하는데, 본 수용가의 경우 전동기 제어에 사이클론 컨버터 6펄스 및 12펄스 제어방식을 적용하였다. 아래 표 7은 표 5과 같은 부하설비 구성 시 5고조파 전류 방출치를 예측한 결과이다.

표 7 5고조파 전류 방출치 예측결과

Table 7 Estimation of 5th harmonic current emission

No	가동율 (%)	5차 고조파 발생전류[A]	보정 계수	최종 방출값 [A]	평가결과	
					현행	제안
1	80	0.968	0.8	5.292	초과	적합
2	80	2.118				
3	80	3.529				

현행 방식으로 5차 고조파 전류 허용 방출값을 평가 할 경우, 본 수용가는 방출 한계치인 4.55[A]를 초과하므로 이에 대한 저감 대책을 수립해야 한다. 그러나 제안된 평가방식 결과에서는 방출 한계치가 5.57[A]로 산정되므로, 공급조건에 적합한 결과로 나타나게 된다.

4.3 고압수용가 공급후 평가

일반적으로 전력공급 후 부하설비는 지속적으로 증가하므로 정기적인 모니터링을 통해 공급후 평가를 받게 된다. 본 절에서는 실측정에 근거한 고조파 전류 평가기법을 비교하였다.

4.3.1 고압수용가 고조파 측정 결과

검토대상 고압수용가의 MOF 2차측에서 약 1주일간 고조파 전류를 측정하였으며, 측정기간 중 최대전력사용을 기록한 일자의 오후 15시부터 16시까지의 결과를 나타내었다. 그림 10과 그림 11은 각각 배전계통 전압과 왜형률을 측정 한 결과이며, 이는 한전 공급전압 유지범위인 12[kV]~13.8[kV] 및 전압왜형률 3[%]에 모두 적합하였다[8]. 또한 그림 12는 부하전류이며, 그림 13은 같은 시간대의 5고조파 전류를 나타내고 있다. 표 8은 5고조파 전류에 대하여 현행 평가방식과 제안된 평가방식의 방출값 허용치 산정결과에 따른 적합 여부를 나타내고 있다. B상의 경우 현행 방식에서는 기준치 초과로 나타나지만, 선형전류가 반영된 제안 방식에서는 적합 판정을 얻게 된다.

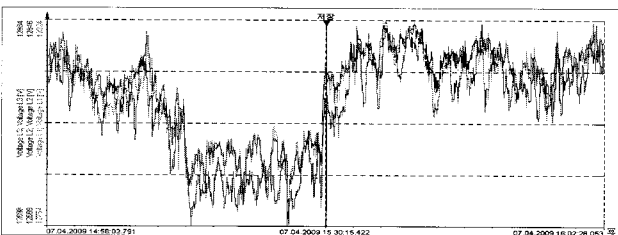


그림 10 부하인입점 공급전압[kV]
Fig. 10 PCC supply voltage [kV]

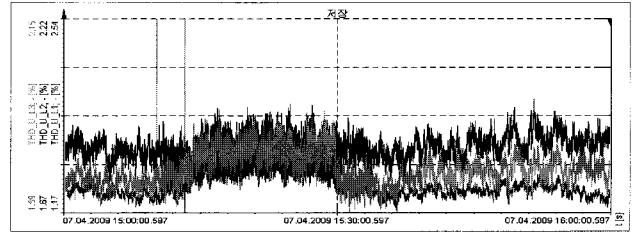


그림 11 부하인입점 전압왜형률[%]
Fig. 11 PCC Harmonic voltage distortion[%]

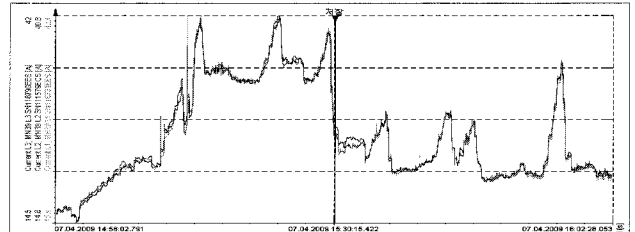


그림 12 부하인입점 전류[A]
Fig. 12 PCC load current[A]

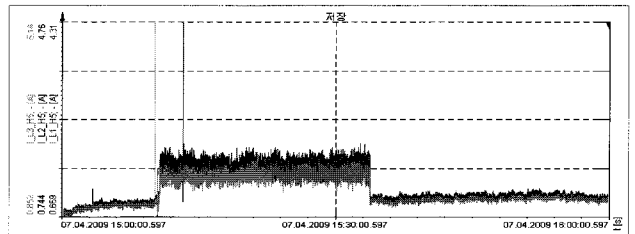


그림 13 부하인입점 5고조파 전류[A]
Fig. 13 PCC 5th harmonic current[A]

표 8 5고조파 전류 측정 및 평가결과

Table 8 5th harmonic current measurement & assessment result

상	전류		5고조파 전류	제안수식 적용	평가결과	
	부하	선형			현행	제안
A	42.4	42.34	4.31	4.83	적합	적합
B	40.8	40.74	4.76	4.81	초과	적합
c	42	41.94	5.14	4.82	초과	초과

3. 결 론

본 논문에서는 고압수용가에 대한 고조파 전류 유출제한 평가 시 선형부하를 고려한 평가방식을 제안하였다. 선형부하는 비선형부하와 병렬 운전될 경우 비선형부하에서 발생하는 고조파 전류를 감쇄시키고, 이로 인해 공급전압 왜형률을 개선시키는 특성을 가지고 있다. 본 논문 평가 방식에 적용되는 선형전류는 평가 대상 차수의 고조파를 제외한 나머지 전류 성분의 합으로 간주하였으며, 이와 같은 산정 방식을 통하여 방출량에 대한 기준치가 완화 되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 이와 같은 방식은 선로 말단에 연계되

어 유출제한 평가에서 불리한 입장을 가진 수용가에서 더 큰 완화 효과를 가지기 때문에 사용자 입장에서 좀 더 합리적인 평가 방법이 될 것으로 판단된다.

차후 본 연구 결과는 현재 한전에서 적용하는 배전계통 고조파 관리기준 시범적용 기간 동안, 관련 데이터를 수집하여 이에 대한 결과 검증 및 적합성 검토를 통하여 정식 관리 기준 운용 시 반영 할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 송양희 외, “저압 전기기의 고조파 영향 평가 및 방출 한계기준에 관한 연구”, 산업자원부, pp.49-58, 2008
- [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] 조남훈 외, “배전계통 고조파 관리기준 연구”, 산업자원부, pp.81-181, 2005
- [4] Manitoba HVDC Reserch Centre, PSCAD/EMTDC Manual part(2/2), 1988
- [5] 한국전력공사, “배전계통 고조파 관리기준 잠정(안) 및 시범적용 계획”, 2009
- [6] 한국전력공사, “배전설계기준, 가공편 총칙”, 2009
- [7] 남기영 외, “고압수용가 고조파 대책 수립 및 업종별 고조파 환산계수 산정 기술개발”, 산업자원부, 2007
- [8] 한국전력공사, “기본공급약관 시행세칙”, 2007

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 일반연구원

Tel : 042-865-5956

Fax : 042-865-5944

E-mail : upup22@kepco.co.kr



최 성 훈 (崔 成 勳)

1968년 4월 7일생. 2007년 한국방송통신대학 컴퓨터과학부 졸업. 현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 선임연구원

Tel : 042-865-5955

Fax : 042-865-5944

E-mail : dukuby@kepco.co.kr



장 준 수 (崔 成 勳)

1972년 8월 15일생. 1998년 서울대학교 전기공학부 졸업. 현재 한국전력공사 배전계획처 배전계획팀 차장

Tel : 02-3456-5215

Fax : 02-3456-5299

E-mail : dooing@kepco.co.kr