

송전계통 고조파 방출 한계 평가 소프트웨어

왕용필*, 정중원*, 정동일**, 곽노홍***, 전영수***, 박상호***
 *동아대학교, **동의공고, ***한국전력연구원

Assessment Software of Harmonic Emission Limits for Transmission System

Y. P. Wang*, J. W. Jeong*, D. I. Jeong**, N. H. kwak***, Y. S. Jeon***, S. H. Park***
 *Dong-A University, **Dong-Eui Tech. High School. ***KEPCO

Abstract - In recent years, equipment and network standards have been increasing in both number and complexity. Two standards that will soon be introduced to KOREA are the HV standards for assessing distorting and fluctuating loads, IEC 61000-3-6. Utility engineers, being under increasing time constraints, are turning more and more to software to quickly solve problems. This paper describes the methodology used to implement the above standards in Microsoft Excel in order to assist utility engineers to readily apply these standards in practical situations.

1. 서 론

고조파는 송전계통에 존재하는 공해와 같은 것으로 각종 사고 및 장애의 원인이 되고 있다. 최근 비선형 부하의 증대로 이를 기로부터 발생하는 고조파로 인해 전력 품질의 악화가 날로 심화되고 있다. 이에 대비하기 위해 송전계통의 고조파 계획레벨을 정하고, 이를 기반으로 고조파 허용 기준치를 적용함으로써 고조파 관리를 할 필요가 있다.

따라서 전력회사는 양질의 전압을 공급해야 하고, 수용가는 할당된 범위 이내에서 고조파 전류를 방출하여 계통의 전력 품질을 일정 수준 이상으로 유지할 수 있도록 할 책임이 있게 된다.

본 논문에서는 송전 계통의 고조파 방출 한계를 평가하는 프로그램을 개발하여 현장에서의 실무자들이 빠른 시간 내에 직접적으로 그 한계를 평가하는데 있어 도움이 되고자 한다.

2. 기본적인 고조파 제한 범위와 절차

국제 기준의 고조파 제한 절차는 유사한 개념을 바탕으로 3단계로 이루어져 있어 국내 송전 계통 고조파 관리 기준도 3단계로 구성해야 할 것으로 생각되어진다. 본 연구에서 중점적으로 참고할 IEC 61000-3-6의 고조파 제한 절차도 그림 1에서 보이는 것처럼 3단계로 이루어져 있으며, 세부 사항은 다음과 같다.

1단계 : 외란 방출에 의한 평가

일반적으로 송전계통에 미치는 영향이 작은 수용가는 수용가 단위로 고조파 유출을 평가 받는다. 따라서 송전계통인 경우 단락비가 0.1~0.4% 이하인 수용가, 배전계통인 경우 단락비가 0.1% 이하인 수용가는 고조파 관리기준의 대상에서 제외하고 있다. 만약 부하용량이 단계 1을 위반한다면 고조파를 발생하는 비선형 부하를 단계 1에서 같은 방법으로 적용할 수 있다.

2단계 : 실제 네트워크 특성에 관계되는 유출 한도치

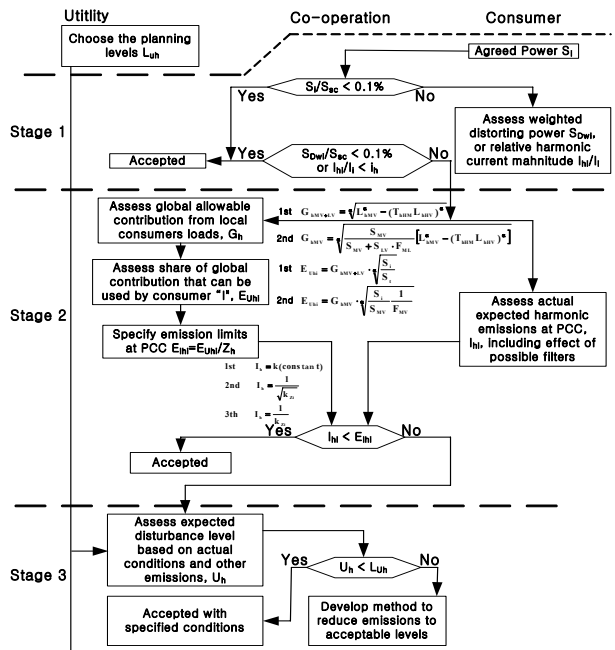
1단계 기준을 만족하지 못한다면, 고조파와 관련한 송전계통의 여유용량과 고조파 발생 기기의 특성이 고려되어야 한다. 계획 레벨로 표현되는 여유용량은 시스템 특성과 부하특성에 따라 수용가나 부하용량별로 나누어져 고조파 유출이 제한된다.

3단계 : 예외적이고 특수한 조건에서의 수용

단계 2의 유출 제한치를 만족하지 못한 수용가에서 전력공급을 요청할 때 전력회사는 부하와 시스템의 특성을 고려하여 계통에의 연결을 허용할 수 있다.

단계 1은 간단히 적용할 수 있고 단계 3은 정형화할 수 없는 사례로 종합적인 검토가 필요하다. 단계 2는 가장 핵심적인 단계로서 부하와 시스템 특성에 따라 표 1에 주어진 계획레벨을 이용하여 계통과 수용가의 고조파 방출량을 결정한다.

표 1에 제시된 MV, HV 계획 레벨을 바탕으로 계통과 수용가의 적절한 고조파 제한치를 결정하는 것이 필요하다.



<그림 1> IEC 61000-3-6의 고조파 제한 절차

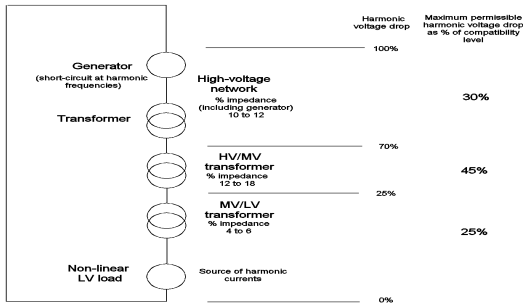
<표 1> IEC 61000-3-6의 계획레벨

홀수 고조파 (비 3배수)			홀수 고조파 (3배수)			짝수 고조파		
차수	고조파 전압(%)		차수	고조파 전압(%)		차수	고조파 전압(%)	
	MV	HV -EHV		MV	HV -EHV		MV	HV -EHV
5	5.0	2.0	3	4.0	2.0	2	1.6	1.5
7	4.0	2.0	9	1.2	1.0	4	1.0	1
11	3.0	1.5	15	0.3	0.3	6	0.5	0.5
13	2.5	1.5	21	0.2	0.2	8	0.4	0.4
17	1.6	1.0	>21	0.2	0.2	10	0.4	0.4
19	1.2	1.0				12	0.2	0.2
23	1.2	0.7				>12	0.2	0.2
25	1.2	0.7						
>25	0.2+1.3 · (25/h)							

MV에서 THD : 6.5%, HV에서 THD : 3%

3. 국내 송전계통의 계획레벨 선정

IEEE 이외의 기준들은 양립성 레벨을 기반으로 계획 레벨을 결정하고 있는데 다음 그림처럼 각 전압 레벨에서 할당된다.



<그림 2> 변압기 임피던스에 따른 양립성 레벨의 할당

그림 2에서 보이는 것처럼 HV, MV, LV는 변압기 임피던스의 비율에 따라 30, 45, 25%의 할당을 받는다. 즉, 이 비율로 각 전압 레벨에서 고조파를 유출할 수 있는데 LV를 포함한 MV 계통에서는 70% 정도이기 때문에 계획 레벨은 양립성 레벨의 70% 내외에서 결정할 수 있다. 이러한 비율은 양립성과 계획 레벨이 공통적으로 적용되어 다음 표 2의 IEC 61000-3-6의 계획 레벨에서 확인할 수 있다.

<표 2> IEC 61000-3-6 MV 계통의 양립성과 계획 레벨

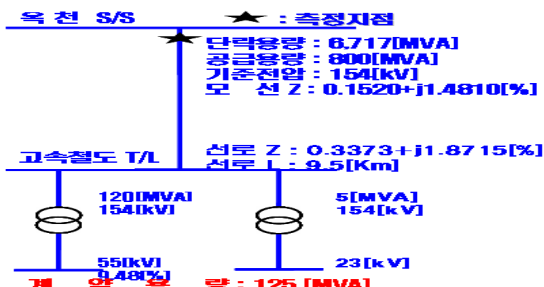
홀수 고조파 (비 3배수)			홀수 고조파 (3배수)			짝수 고조파		
차수	양립성 레벨	계획 레벨	차수	양립성 레벨	계획 레벨	차수	양립성 레벨	계획 레벨
5	6.0	5.0	3	5.0	4.0	2	2.0	1.6
7	5.0	4.0	9	1.5	1.2	4	1.0	1.0
11	3.5	3.0	15	0.3	0.3	6	0.5	0.5
13	3.0	2.5	21	0.2	0.2	8	0.5	0.4
17	2.0	1.6				10	0.5	0.4
19	1.5	1.2				12	0.2	0.2
23	1.5	1.2						
25	1.5	1.5						

THD(양립성, 계획) : (8.0, 6.5%)

표 2에서 THD에 대한 계획/양립성 비 0.8125 (=6.5/8.0)를 다른 차수에 곱해보면 표 1과 유사하다.

4. 고조파 유출 허용치 산정 프로그램화

2, 3의 내용을 바탕으로 고조파 유출 허용치 산정 프로그램을 엑셀화하여 그림 3과 같은 고속철도 부하에 적용하였다. 이 절차를 그림 4에서 그림 8에 나타내었다..



<그림 3> 육천 S/S (고속철도 부하)

기준전압	154kV	허용기준치	0.1
단락용량(Ssc)	6,716,910 kVA		
고조파 수용가의 고조파 발생기 용량(S _{hp})	100,000 kVA		

국내 송전계통 0.1 [%]

2 단계 적용

<그림 4> 단계1

Odd harmonics		Odd harmonic multiple of 3		Even harmonics	
Order h	Harmonic voltage %	Order h	Harmonic voltage %	Order h	Harmonic voltage %
5	1.8	3	1.5	2	0.6
7	1.5	9	0.5	4	0.3
11	1.1	15	0.1	6	0.2
13	0.9	21	0.1	8	0.2
17	0.6	27	0.1	10	0.1
19	0.5	33	0.1	12	0.1
23	0.4	39	0.1	14	0.1
25	0.4	45	0.1	16	0.1
29	0.3			18	0.1
31	0.3			20	0.1
35	0.2			22	0.1
37	0.2			24	0.1
41	0.2			26	0.1
43	0.2			28	0.1
47	0.2			30	0.1
49	0.2			32	0.1
				34	0.1
				36	0.1
				38	0.1
				40	0.1

<그림 5> 단계 2 적용을 위한 GL

공급 용량 (S _h [kVA])	자체변전소	인접변전소(S1)	인접변전소(S2)	인접변전소(S3)	HVDC	SVC
	0	0	0	0		
800,000	0	0	0	0	0	0
기준용량	100	MVA		공급 용량(S)	800,000	[kVA]
기준전압	154	kV		계약 용량(S)	125,000	[kVA]
모선등가 임피던스		선로 임피던스			임피던스 합계 [%]	
0.15	1.48	저중선로	가공선로		0.15	1.48
km당 임피던스[%]		0.00	0.00	0.00		
거리[km]		0.0	0.0			

<그림 6> 단계 2 전력회사 및 수용가 정보

Odd harmonics		Odd harmonic multiple of 3		Even harmonics	
Order h	Harmonic voltage [%]	Order h	Harmonic voltage [%]	Order h	Harmonic voltage [%]
5	0.48	3	0.23	2	0.09
7	0.40	9	0.12	4	0.05
11	0.42	15	0.05	6	0.04
13	0.36	21	0.04	8	0.04
17	0.24	27	0.02	10	0.02
19	0.21	33	0.02	12	0.03
23	0.17	39	0.02	14	0.03
25	0.15	45	0.02	16	0.03
29	0.13			18	0.03
31	0.12			20	0.03
35	0.10			22	0.03
37	0.09			24	0.03
41	0.08			26	0.03
43	0.07			28	0.03
47	0.07			30	0.03
49	0.06			32	0.03
				34	0.03
				36	0.03
				38	0.03
				40	0.03

<그림 7> 단계 2 고조파 전압 방출 레벨

Order h	Odd harmonics		결과	Odd harmonic multiple of 3		결과	Even harmonics		결과		
	기준치 [z]	측정치		기준치 [z]	측정치		기준치 [z]	측정치			
5	0.48	0.01	위반	3	0.23	0.25	위반	2	0.09	0.05	정상
7	0.40	0.28	정상	9	0.12	0.04	정상	4	0.05	0.02	정상
11	0.42	0.04	정상	15	0.05	0.08	위반	6	0.04	0.02	정상
13	0.36	0.06	정상	21	0.04	0.05	위반	8	0.04	0.02	정상
17	0.24	0.06	정상	27	0.02	4.00	위반	10	0.02	0.02	정상
19	0.21	0.05	정상	33	0.02	0.04	위반	12	0.03	0.01	정상
23	0.17	0.05	정상	39	0.02	0.02	위반	14	0.03	0.01	정상
25	0.15	0.04	정상	45	0.02	0.01	정상	16	0.03	0.01	정상
29	0.13	0.06	정상					18	0.03	0.01	정상
31	0.12	0.04	정상					20	0.03	0.01	정상
35	0.10	0.02	정상					22	0.03	0.02	정상
37	0.09	0.01	정상					24	0.03	0.01	정상
41	0.08	0.01	정상					26	0.03	0.01	정상
43	0.07	0.01	정상					28	0.03	0.01	정상
47	0.07	0.01	정상					30	0.03	0.01	정상
49	0.06	0.01	정상					32	0.03	0.01	정상
								34	0.03	0.02	정상
								36	0.03	0.01	정상
								38	0.03	0.01	정상
								40	0.03	0.01	정상

<그림 8> 고조파 전압 방출레벨과 측정값 비교

5. 결 론

본 논문에서는 국내 송전 계통의 고조파 방출 한계를 평가하기 위하여 마이크로소프트 엑셀을 이용하여 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 전력회사 사업소 실무자들이 빠른 시간 내에 직접적으로 그 한계를 평가하는데 있어 유용하게 사용될 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC 61000-3-6 Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 3: Limit - Section 6: Assessment of Emission Limits for Distroting Loads in MV and HV system.
- [2] Gosbell, V. J. et al, "A review of the new Australian harmonics standard AS/NZS 61000.2.0". Proceedings of AUPEC/EECON' 99, 1999, pp. 134-135
- [3] 송전계통의 고조파 관리기준 및 해석기법개발 중간보고서, 전력산업연구개발사업, 2006.