

통신에 미치는 영향을 고려한 고조파 대책 수립에 관한 연구

김 용 하*, 정 영 식*, 박 병 주**, 이 성 준*, 이 명 민*, 최 영 주*
 인천대학교*, 전력품질기술(주)**

A Study on harmonic countermeasure establishment
 considering the influence of the communication obstacle by harmonic

Kim, Y.H.* · Jung, Y.S.* · Park, B.J.** · Lee, S.J.* · Lee, M.M.* · Choi, Y.J.*
 University of Incheon*, PQtech**

Abstract- This paper presents harmonic countermeasure establishment considering the influence of the communication obstacle by harmonic. Generally, We are not considered The communication obstacle in the influence countermeasure. But, In this paper, We used IT that is a communication obstacle exponent and designed a filter that was satisfied IT exponent. The filter will minimize the influence of the communication obstacle by harmonic. The method considered IT is applied to design a filter in the area with a communication power supply.

1. 서 론

현재 통신장비에는 전력변환장치를 필요로 하는 기기들이 대부분을 차지하고 있는데 이러한 전력변환장치들로 인해 다량의 고조파 발생하게 되어 전력품질의 문제가 대두되고 있을 뿐 아니라 통신선에도 적지 않은 영향을 미치고 있다. 현재 고조파를 저감시키기 위한 다양한 고조파 필터가 있으며 이러한 필터를 적용하게 되면 대부분의 고조파는 저감되어 전력의 품질은 향상된다. 그러나 필터를 설치한다 해서 고조파를 완벽하게 제거할 수는 없는데 이렇게 잔류해 있는 고조파가 통신에 영향을 미치게 된다.

본 연구에서는 이러한 고조파 필터를 설치하였다 해서 모든 전원품질이 고조파의 영향에서 벗어날 수 없음을 지적하고 그에 대한 대안을 마련하고자 한다. 특히 고조파 저감을 위한 고조파 필터 설계시 통신선에의 고조파 영향을 평가할 수 있는 IT 지수를 이용하였다. 결국 IT 지수까지 만족할 수 있는 고조파 필터를 설계하여 고조파로 인한 통신장애를 최소화하도록 하였다.

따라서 본 연구에서는 통신에 미치는 고조파를 최소화 하는 방안을 고려하면서 배전계통의 고조파를 제거하는 고조파 필터를 설계하는 것을 목적으로 하였다.

2. 고조파의 통신장애 분석 및 IT지수

전력품질 저하라는 것은 전력전자설비가 고조파 전류의 발생원으로 작용하여 이 고조파 전류가 각 계통을 따라 전원까지 역류하는 현상으로 요약할 수 있다. 즉, 이들 설비의 악영향이라 할 수 있는 고조파의 영향이 단순히 계통에 내재하는 수준을 넘어 계통에 명확한 영향을 미치는 수준까지 증대되게 되는 것이다. 이들 기기에서 발생하는 고조파는 수용가내의 인근 기기에 장애를 유발할 뿐만 아니라, 전력공급설비에도 유출되어 동일계통에 접속된 다른 수용가에도 장애를 유발하게 되며, 앞으로 산업설비가 첨단화되어 전력전자기기들의 사용이 더불어 증가함에 따라 고조파의 영향은 보다 심각해 질 것으로 전망되고 있다. 고조파 전류는 전원으로 부터 부하단까지의 임피던스에 의하여 전압강하를 일으키고 이 전압강하에 따라 비록 전원 전압파형이 순정현파라 할지라도 부하단의 전압 파형은 왜형파가 된다. 이러한 전압 왜형

파는 각종 계전기 오작동, 정밀 전자기기의 동작 불량, 기기 손상 및 과열의 원인이 될 수 있으며, 이상과 같은 부하는 그 자체의 성질상 전원으로 부터 왜형파 전류를 소모하게 되므로 계통 전체에 대해서 고조파 전류원으로 동작하여 계통 내를 순환하는 고조파전류를 흘리거나 계통내의 전압파형을 찌그러뜨려서 다른 기기에 영향을 주게 된다. 또한, 이 고조파전류는 수용가의 수변전설비에 흘러 전력계통에 유출하게 되므로, 전력전자 응용기기의 보급에 따라 발생하는 고조파가 전력계통에 접속된 다른 부하나 주변의 전자기기 등에 미치는 영향도 고려해야 한다.

특히, 본 연구에서는 지금까지는 심도 있게 논의 되어 지지 못했던 고조파의 통신장애에 관해서 IT 지수를 소개하고 이 지수를 기반으로 하여 고조파 저감대책을 수립하도록 할 것이다.

위에서 언급한 것과 같이 다량의 고조파를 발생시키는 전력전자설비 등의 급격한 증가와 함께 고조파와 관련한 문제가 사회적으로 대두되고 있는 현 시점에서 고조파의 규제에 기준이 되는 고조파 규제 규격은 여러 나라에서 각각의 계통환경에 적합한 기준에 맞는 규정을 사용하고 있다. 이런 규정을 가운데 IEEE, IEC 등 여러 규정이 있으며 본 연구에서는 세계적으로 통용되는 다음 표 1의 IEEE 519-1992 규격을 적용한다.

표 1. IEEE 519-1992 규격

Current Distortion Limits for General Distribution Systems (120[V]부터 69000[V]까지)

SCR= I_{sc}/I_L	Individual Harmonic Order (Odd Harmonics)					TDD
	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	
<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

$$ITDD = \frac{\sqrt{\left(\sum_{h=2}^{50} I_h^2\right)}}{I_L} \tag{1}$$

- h : 고조파차수
- I_h : 차수별 고조파 전류
- I_{sc} : PCC에서의 최대단락전류
- I_L : PCC에서의 최대부하전류(기본주파수요소)

대부분 상업용으로 사용되는 통신 주파수 범위는 200 ~ 3500Hz로서 고조파의 주파수 범위(120 ~ 3000Hz)와 거의 일치하게 된다. 그러므로 전력계통에 고조파가 많

이 함유될 경우 전자유도에 의하여 통신에 적지 않은 영향을 미치게 된다. 특히 고조파의 범위 중에서 가장 많은 영향을 미치는 고조파 차수는 제21조파에서 제61조파로서 주파수로 환산하면 1260 ~ 3660Hz로서 사람이 가장 잘 들을 수 있는 주파수(2000 ~ 3300Hz)와 거의 일치하기 때문임을 알 수 있다.

(1) IT지수의 기준

IT는 전류 고조파에 의해서 인간의 청각에 장애를 미치는 정도를 나타내며, 통신선에 대한 간섭을 나타내고, 가중치를 포함하여 식(2)과 같이 계산된다.

$$IT = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} W_h^2 \times I_h^2} \quad (2)$$

I_h : 차수별 잔류전류($3I_0$)

W_h : Telephone Interference Weighting factors

표 2은 IT 계산을 위한 가중치를 나타내고 그림 1은 IT 지수의 가중치 그래프를 보여주고 있다.

표 2. IT를 위한 가중치

th	Weight	th	Weight	th	Weight	th	Weight	th	Weight
1	0.5	11	2260	21	6050	31	7820	41	10340
2	10	12	2760	22	6230	32	8070	42	10480
3	30	13	3360	23	6370	33	8330	43	10600
4	105	14	3830	24	6650	34	8580	44	10610
5	225	15	4350	25	6680	35	8830	45	10480
6	400	16	4690	26	6790	36	9080	46	10350
7	650	17	5100	27	6970	37	9330	47	10210
8	950	18	5400	28	7060	38	9590	48	9960
9	1320	19	5630	29	7320	39	9840	49	9820
10	1790	20	5860	30	7570	40	10090	50	9670

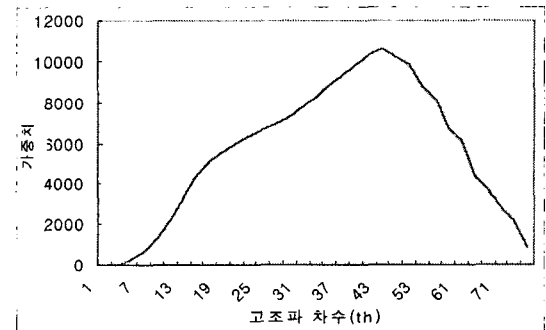


그림 1. IT지수의 가중치 그래프

식 (2)에 의해서 계산되어진 IT 지수는 다음 표 3의 IT 가이드라인에 의해 통신장애 여부를 판단할 수 있다.

표 3. IT 가이드라인

구분	판 단 내 용	I-T
I	확률적 전자유도장애가 없는 수준	~ 10,000
II	확률적으로 전자유도장애를 일으킬 만한 수준	10,000 ~ 25,000
III	확률적 전자유도장애가 있는 수준	25,000 초과

3. 사례연구

본 사례연구에서 사용할 자료는 통신용 전력변환장치들로 인하여 다량의 고조파가 발생하는 지역의 100[KVA], 380[V]인 변압기 2차측을 대상으로 하였다. 이 지역은 고조파로 인하여 통신 잡음 및 끊김현상 등이 간헐적으로 발생하고 있다. 측정된 차수별 전류 고조파 rms는 표 4와 같다.

표 4. 측정된 차수별 전류 고조파 rms

th	rms	th	rms	th	rms	th	rms	th	rms
1	58.431	11	0.157	21	0.015	31	0.27	41	0.215
2	0.748	12	0.049	22	0.416	32	0.028	42	0.007
3	5.822	13	0.849	23	0.0052	33	0.34	43	0.035
4	0.201	14	0.097	24	0.395	34	0.055	44	0.042
5	8.158	15	0.132	25	0.002	35	0.903	45	0.042
6	0.173	16	0.09	26	0.243	36	0.111	46	0.062
7	4.366	17	0.476	27	1.289	37	0.159	47	0.139
8	0.062	18	0.118	28	0.18	38	0.042	48	0.035
9	0.825	19	0.665	29	0.643	39	0.09	49	0.021
10	0.173	20	0.09	30	0.125	40	0.083	50	0.035

이 때 연중 최대부하전류는 111[A]이고 단락전류(Isc)는 3798.357[A]이다. 단락비(Isc/IL)는 36.17 이므로 본 연구에서의 ITDD 규제치는 표 1에서와 같이 IEEE 규정에 의해 8[%]미만이 되어야 한다. 이 때의 ITDD는 식 (1)로써 구할 수 있다.

그런데 측정결과 전류 THDrms는 11.22[A]이고 연중 최대부하전류(IL)는 111[A]이므로 식 (1)를 이용하여 ITDD는 10.11[%]가 되어 IEEE 규정치인 8[%]를 초과하여 규정치를 만족시키지 못하게 된다. 또한 통신장애 지수인 IT는 15917.7로 표 3에서의 IT 규정치인 10000 미만을 만족시키지 못하게 되어 통신에 장애를 초래할 뿐만 아니라 다른 전력품질도 저하시킨다.

따라서 고조파를 제거하기 위하여 고조파 필터 설계는 필수적이다. 본 연구에서는 고조파 필터 중 영상분 고조파 필터를 통하여 고조파를 저감하도록 하였다.

10.11[%]의 ITDD를 IEEE 규제치인 8[%] 이내로 저감시키기 위하여 용량 21.9[KVA]인 영상분 고조파 필터를 설치하였고 그에 따른 차수별 전류 고조파 rms는 표 5와 같다.

표 5. IT지수를 고려하지 않은 필터설계 결과 차수별 전류 고조파 rms

th	rms	th	rms	th	rms	th	rms	th	rms
1	58.431	11	0.141	21	0.003	31	0.243	41	0.194
2	0.673	12	0.009	22	0.374	32	0.025	42	0.001
3	1.065	13	0.764	23	0.005	33	0.062	43	0.032
4	0.181	14	0.087	24	0.072	34	0.050	44	0.038
5	7.342	15	0.024	25	0.002	35	0.813	45	0.008
6	0.032	16	0.081	26	0.219	36	0.020	46	0.056
7	3.929	17	0.428	27	0.236	37	0.143	47	0.125
8	0.056	18	0.022	28	0.162	38	0.038	48	0.006
9	0.151	19	0.599	29	0.579	39	0.016	49	0.019
10	0.156	20	0.081	30	0.023	40	0.075	50	0.032

표 5의 의한 전류 THDrms는 8.58[A]이고 연중최대부하전류는 111[A] 이므로 ITDD는 7.73[%]로 IEEE 규정치인 8[%] 이내로 저감시켰고 이로 인해 전력품질은 향상됨을 알 수 있다. 그러나 이 때의 고조파로 인한 통신장애 지수인 IT는 식 (2)과 표 2을 통하여 11273.2로 계산 되므로 표 3의 IT 규정치인 10000 미만을 만족시키

지 못하고 있다.

그러므로 다음으로 고조파를 최소화 시키며 고조파로 인한 통신장애 지수인 IT 지수까지 만족시킬 수 있는 용량 131.6[KVA] 영상분 고조파 필터를 설계하였다.

이와 같이 IT 지수를 고려한 필터 설계 결과 차수별 전류 고조파 rms는 표 6과 같다. 그 결과로 전류 THDrms는 7.565[A] 이고 이 때 최대부하전류는 111[A] 이므로 ITDD는 6.815[%]로서 IEEE 규정치인 8[%]이내를 만족한다. 뿐만 아니라 식 (2)과 표 2에 의하여 이 때의 IT는 9891.1로 계산되므로 표 3의 IT 규제치인 10000 미만으로 만족하게 된다.

표 6. IT지수를 고려한 필터설계 결과 차수별 전류 고조파 rms

th	rms	th	rms	th	rms	th	rms	th	rms
1	58.431	11	0.126	21	0.000	31	0.216	41	0.172
2	0.598	12	0.001	22	0.333	32	0.022	42	0.000
3	0.168	13	0.679	23	0.004	33	0.010	43	0.028
4	0.161	14	0.078	24	0.011	34	0.044	44	0.034
5	6.526	15	0.004	25	0.002	35	0.722	45	0.001
6	0.005	16	0.072	26	0.194	36	0.003	46	0.050
7	3.493	17	0.381	27	0.037	37	0.127	47	0.111
8	0.050	18	0.003	28	0.144	38	0.034	48	0.001
9	0.024	19	0.532	29	0.514	39	0.003	49	0.017
10	0.138	20	0.072	30	0.004	40	0.066	50	0.028

필터 설계 등 각각의 경우의 전류 THD rms 및 ITDD의 값을 비교하여 보면 그림 2와 같다. IEEE의 ITDD의 규제치는 8[%]이다.

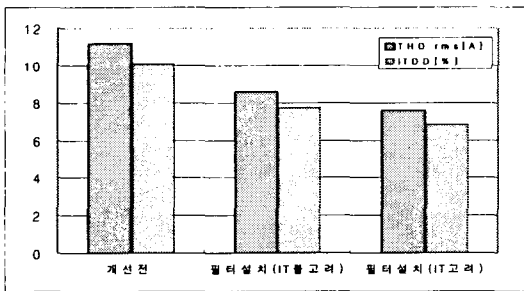


그림 2. 전류 THD rms 및 ITDD 비교

그리고 각각의 경우 IT를 비교하여 보면 다음의 그림 3과 같다. IT 규제치는 10000 미만이다.

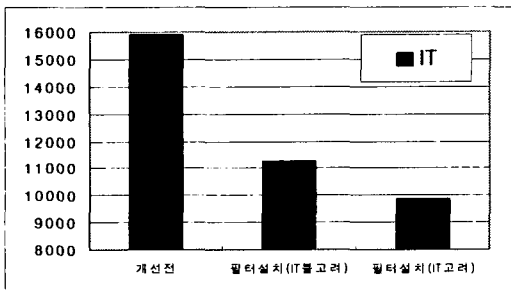


그림 3. IT의 비교

그림 2와 그림 3을 보면 개선 전에 IEEE 고조파 규제치인 8[%]를 만족시키지 못하며 통신 장애 지수인 IT지수 규제치인 10000 미만을 만족시키지 못하고 있다. 그

리하여 단지 고조파 규제치인 ITDD 8[%]만을 만족시키는 것을 목적으로 하여 고조파 저감 필터를 설계하게 되면 IEEE 고조파 규제치 이내인 7.73[%]까지 고조파를 저감시킬 수 있지만 통신 장애 지수인 IT 지수 규제치인 10000 이상을 유지하고 있어 통신장애를 유발할 수 있게 된다.

그리하여 본 연구에서는 다시 고조파 규제치 만족은 물론 통신장애 지수인 IT지수 규제치까지 만족할 수 있도록 다시 고조파 저감 필터를 설계하였다. 결국 그림 2와 그림 3에서 보는 바와 같이 필터설치(IT 불고려)에서는 IEEE 고조파 규제치인 ITDD 8[%]는 만족시키고 IT 지수는 만족시키지 못하는 반면 필터설치(IT 고려)에서는 IEEE 고조파 규제치는 물론 IT 지수까지 만족시키므로써 고조파로 인한 전력품질 저하 및 통신장애를 요인을 제거할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 고조파의 영향이 날로 증대되고 있는 점에서 전기설비들과 밀접한 관계를 가지고 있는 통신설비에 미치는 고조파의 영향을 저감시킬 수 있는 방안을 모색하여 보았다. 일반적으로 IEEE의 규제치인 ITDD만을 고려하여 설계하는 방식에서는 고조파가 통신에 미치는 영향을 고려하지 않았다. 반면에 본 연구에서는 고조파로 인한 통신장애 정도를 가능할 수 있는 통신장애 지수인 IT지수를 고려하여 필터를 설계하는 방법을 수행하였다. 그리하여 고조파 저감은 물론 고조파로 인한 통신 장애까지 함께 방지 할 수 있었다. 이후 본 연구에서 필터 설계 시 제안한 영상분 고조파 필터 뿐만 아니라 다른 여러 종류의 필터 설계를 통하여 고조파 저감 및 통신장애 방지에 보다 합리적이고 경제적인 방안을 모색할 필요가 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

"본 연구는 한국과학기술연구원 인천대학교 동북아전자물류 연구센터의 지원 및 에너지관리공단의 일부지원에 의한 것임"

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, "고조파 사용실태 조사 및 개선방안 연구", 2002
- [2] 한국전기안전공사, 윤덕량, "전기사용장소의 고조파 장애분석 연구", 1996
- [3] 한국전기안전공사, "전력계통의 고조파 장애 분석", 1992
- [4] 전력기술인협회지, 김용상, "전력기기의 고조파 발생 원인과 영향 및 특성", pp. 22~26, 10, 2001
- [5] 전기학회지, 김재철, 윤산운, "배전계통의 전력품질 및 신뢰도 평가의 방법" 전기학회지, 제50권, 3호 3, 2001
- [6] McGraw-Hill, Roger C.Dugan, Mark F.McGranaghan, H.Wayne Beaty "Electrical Power Systems Quality" 1996
- [7] WILEY, Enrique Acha, Manuel Madrigal, "Power Systems Harmonics" 2001
- [8] IEEE Interharmonic Task Force, Voltage Quality Working Group " Interharmonics In Power Systems" 12, 1997
- [9] 조명설비학회지, 김경철의 3인, "전력변환장치를 포함한 전력시스템에서 동조필터를 이용한 고조파 저감효과에 대한 분석에 관한 연구", 2000
- [10] 조명설비학회지, 유상봉, "전기설비에서의 고조파 대책기술", 12, 1999 pp. 42~46, 12, 1999
- [11] 조명설비학회지, 강창원, 이재천, "3상4선식 계통에서 중성선 영상고조파 전류 저감 대책", pp. 42~49, 4, 2002
- [12] 전력 전자 학회지, "계통 고조파현상의 원인 및 대책" pp29 37, 2, 2000
- [13] IEEE Industry Applications Society & Power Engineering Society, " IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power System", IEEE Std 519 :1992