

## 컴퓨터부하의 직렬 동조필터 적용 및 평가에 관한 연구

(A Study on the Series Resonant Filter Application and Evaluation for Personal Computer Loads)

김경철\* · 강윤모 · 이일무 · 송영주

(Kyung - Chul Kim · Yun - Mo Kang · Il - Moo Lee · Young - Joo Song)

### 요 약

컴퓨터 부하는 현대사회 전반에 걸쳐 널리 사용되고 있다. 개인용 컴퓨터의 스위칭 모드 전원공급 장치는 고조파 전류를 발생시키는 주된 발생원이다. 고조파 전류는 전압파형 왜곡, 과도한 중성선 전류, 측정오차, 컴퓨터 일시 정지등 많은 고조파 장애를 일으킬 수 있다. 본 논문의 목적은 단상 개인용 컴퓨터 부하의 고조파 해석용 등가회로 모델링과 고조파 전류를 저감하기 위한 상품화된 직렬 동조 필터를 국제 고조파 관리 기준인 IEEE 519-1992와 IEC 1000-3-2를 근거로 평가하는데 있다.

### Abstract

Computer loads can be found in all of modern society. The switching mode power supplies used in personal computers are major sources of harmonic currents. Harmonic currents can cause lots of harmonic problems such as voltage waveform distortion, excessive neutral currents, errors in measurements, and disruption in computer performance. The purpose of this paper is to give an equivalent circuit modeling methodology for the harmonic currents generated by single-phase personal computer loads and to evaluate a commercially available series resonant filter for the harmonic currents compensation based on the IEEE 519-1992 and IEC1000-3-2 standards for limiting harmonic distortion.

**Key Words:** Harmonic Currents, Switching Mode Power Supplies, Equivalent Circuit, Series Resonant Filter, IEEE 519-1992, IEC 1000-3-2

### 1. 서 론

교육용 건물에는 개인용 컴퓨터, 레이저 프린터,

\* 주저자 : 홍익대학교 전기공학과 교수  
Tel : 041-860-2568, Fax : 041-863-7605  
E-Mail : yangjier@wow.hongik.ac.kr  
접수일자 : 2003년 1월27일  
1차심사 : 2003년 2월 4일  
심사완료 : 2003년 2월21일

형광등, 반도체 소자의 스위칭을 이용하는 전자 장비등 비선형 부하가 많이 쓰이고 있다. 이들 부하는 고조파 전류를 발생시켜 전압파형 왜곡, 과도한 중성선 전류, 측정오차, 컴퓨터 일시정지등 많은 고조파 장애를 일으킬 수 있다[1-4].

본 논문에서는 개인용 컴퓨터 부하가 고조파를 얼마나 발생시키는지 실측을 통하여 데이터를 얻고, 실측한 데이터를 근거로 고조파 해석용 등가회로를

모델링하고 MATLAB[5]으로 컴퓨터 시뮬레이션 하고자 한다.

고조파 전류를 저감시키는 일반적인 방법으로는 고조파 필터[6-9]를 사용한다. 본 논문에서는 상용화 되어있는 단상 직렬 동조필터를 적용하여 고조파 저감 효과를 알아보고, 고조파 국제 관리기준인 IEEE 519-1992[10] 와 IEC 1000-3-2[11]를 근거로 평가 하고자 한다.

## 2. 직렬 동조 필터

개인용 컴퓨터(PC, Personal computer)는 스위칭 모드 전원 공급장치를 사용하고 있어 부하 전류는 제 3, 5, 7등의 고조파를 주로 포함하게 된다.

고조파 전류를 저감시키는 수단으로 동조 필터가 널리 쓰이고 있다.

그림1은 상용화된 직렬동조 필터의 회로도이다. 이 필터는 일반적으로 소비자가 사용하기 편리하도록 2~4 밀터램을 가지고, 용량은 6[A]가 주로 쓰인다.

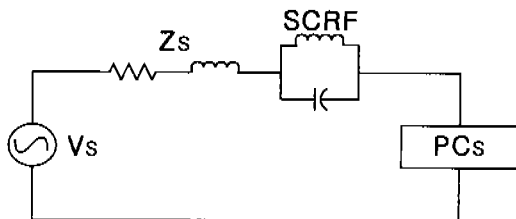


그림 1. 직렬동조 필터의 회로도  
Fig. 1. Circuit Diagram of a Series Connected Resonant Filter

그림1에서 Vs 는 공급전압[V], Zs는 전원 임피던스[Ω]이다. 직렬 동조 필터(SCRF, Series Connected Resonant Filter)는 콘덴서(C)와 리액터(L)가 병렬로 구성되어 있다. 회로도에는 표시하지 않았으나 무부하시 콘덴서에 저장된 전압을 방전시키는 목적으로 콘덴서에 병렬로 저항을 연결시키는데, 일반적으로 필터에 영향을 주지 않고, 방전을 짧은 시간에 시키기 위해서 1/2[W], 15[kΩ]이상의 저항을 쓰고 있다.

동조필터의 설계값은 부하에 따라 정해진다. 제거하고자 하는 고조파( $\omega_r$ )에서 동조가 일어나도록 하면 된다. 즉,

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LrCr}} \quad [rad/s] \quad (1)$$

부하의 주파수가 동조 주파수와 일치하면 동조 필터의 임피던스는 무한대가 된다. 따라서 동조 주파수의 전류는 동조 필터에서 차단(block) 되는 원리이다. 개인용 컴퓨터 부하의 제 3 고조파를 제거하려면 동조 필터의 임피던스를 제 3 고조파에서 무한대가 되도록 설계하면 된다.

본 논문에서는 동조 필터로 상용화된 제품으로 단상 고조파저감장치(SED, Single-phase Harmonics Eliminating Device[12])를 컴퓨터 부하에 적용하고자 한다. 동조필터 용량은 컴퓨터 8대 정도를 사용할 수 있는 6[A]이다. 동조필터에 인덕턴스와 콘덴서 값은 동조 주파수에서 전류의 크기를 작게하여 필터의 소비전력을 줄이도록 설계되었다.

인덕턴스 값을 크게하여 콘덴서 용량을 시중에서 구하기 쉬운 것으로 택한 것이다. 20[%]리액터를 사용했는데, 20[%]리액터는 220[V]전압, 60[Hz]주파수, 6[A]정격 전류에서 44[V]의 전압강하를 일으키는 리액턴스를 말한다.

$$X_L = \omega L = \frac{44 V}{6 A} = 7.3 \quad [\Omega]$$

$$\therefore L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{7.3}{2 \times 3.14 \times 60} \times 10^3 \approx 19.5 \quad [mH]$$

컴퓨터 부하의 고조파 성분을 보면 주로 제 3 고조파와 제 5 고조파가 많이 포함되어 있으므로, 동조 주파수를 3.8 고조파로 선택하여 콘덴서 값을 구하면 된다.

$$X_C = h^2 X_L = 3.8^2 \times 7.3 = 105.4 \quad [\Omega]$$

$$\therefore C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 60 \times 105.4} \times 10^6 \approx 25 \quad [\mu F]$$

단상 직렬 동조 필터가 현장에 주로 적용될 수 있는 이유는 저렴한 가격, 설치용이, 견고함, 매우 효율적인것 등을 들 수 있다. 앞으로 우리나라에도 한국전력 공사에서 추진중인 고조파 관리 기준이 마련

되면 동조필터를 비롯한 많은 고조파 저감 장치가 활용될 것으로 사료된다.

### 3. 고조파 측정

고조파 전류, 전압 및 전력 측정은 홍익대 조치원 캠퍼스의 D동 513호에 설치된 개인용 컴퓨터를 대상으로 수행 되었다. 그림 2는 사례연구 시스템의 단선도이다.

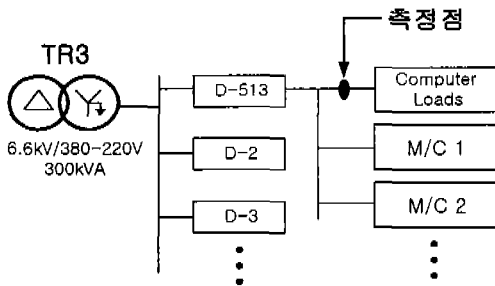


그림 2. 사례연구 시스템의 단선도  
Fig. 2. Single-Line Diagram of the Electrical Distribution System under Study

3번 주 변압기는 6.6[kV] 공급전압을 2차측에 380-220[V]전압으로 낮추어 D-513 자동제어 실험실등 여러 부하에 전력을 공급하고 있다. 설치된 7대의 컴퓨터는 팬티엄IV, 1GHz CPU, 220[V], 최대 250[W]를 소비하는 비선형 부하이다.

고조파 측정 장비는 BMI모델 3030[A]를 사용하였다. 그림 3은 측정 장비를 나타낸다. 이 장비는 50차 고조파까지의 전압(240[V]), 전류(3000[A]) 및 전력을 측정하여 모니터에서 확인하고, 노트북과 연결시켜 데이터를 저장할 수 있다.



그림 3. 측정 장비  
Fig. 3. Measurement Equipment

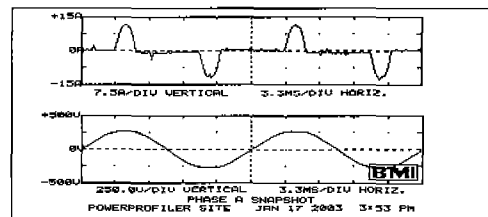
고조파 평가 기준은 종합 고조파 왜형률(THD, Total Harmonic Distortion)로 나타낼 수 있다.

$$V_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \times 100 [\%] \quad (2)$$

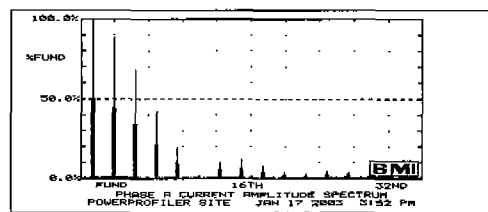
$$I_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \times 100 [\%] \quad (3)$$

여기서,  $V_1, I_1$ 은 기본파(60Hz)의 전압과 전류이고  $V_n, I_n$ 은 n차 고조파 전압과 전류를 나타낸다.

컴퓨터 부하는 동작상태에 따라 변화하므로 어느 한 순간의 전압, 전류 및 전력의 파형을 분석 하여야 한다. 그림 4(a)는 필터 설치전의 전류 및 전압의 파형으로 2cycle(33msec)동안 측정된 값이고, 그림 4(b)는 전류 스펙트럼이다. 그림 5(a)는 필터 설치후의 전류 및 전압 파형이고 그림 5(b)는 전류 스펙트럼으로 고조파 저감 효과를 알 수 있다.



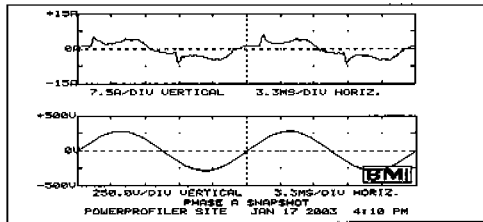
(a) 전류 및 전압파형



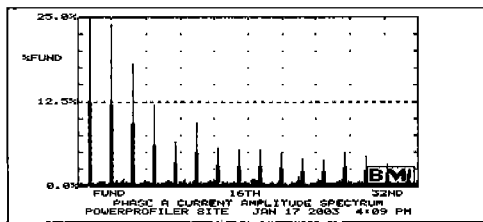
(b) 전류 스펙트럼

그림 4. 필터 설치전 전류 및 전압파형  
Fig. 4. Current and Voltage Waveforms Without SCRF

공급 전압은 전압 왜형률이 2.0[%] 이내로 거의 정현파이다. 필터 설치전후의 고조파 함유율 분석은 표 1에 나타내었다.  $V_{OL}$ 에서 1은 기본파를 의미한다.



(a) 전류 및 전압파형



(b) 전류 스펙트럼

그림 5. 필터 설치후 전류 및 전압파형  
Fig. 5. Current and Voltage Waveforms With SCRF

표 1. 전압 파형의 고조파 함유율  
Table1. Harmonic Spectrum of Voltage Waveform

고조파차수	필터설치전		필터설치후	
	크기(%)	위상(°)	크기(%)	위상(°)
기본파	100.0	0.0	100	0.0
3	1.1	16	0.2	-163
5	1.3	-157	0.2	-111
7	0.9	26	0.5	66
9	0.2	156	0.2	-1
11	0.4	6	0.4	7
13	0.2	80	0.4	140
15	0.2	177	-	-
17	0.2	8	0.2	65
19	0.1	-20	-	-

주]  $V_{01} = 200.7 \angle 0^\circ$  [Vrms],  $V_{THD0} = 2.0$  [%]  
 $V_{F1} = 201.7 \angle 0^\circ$  [Vrms],  $V_{THDF} = 0.8$  [%]

첨자 0 는 필터 설치전을 나타내고,  $V_{F1}$ 에서 첨자 F 는 필터 설치시 전압을 표시한다.

전류 파형은 비선형 부하로 인하여 고조파가 많이 포함되어 있음을 그림 4에서 알 수 있다. 표 2는 필터 설치전후의 고조파 함유율 분석표이다. 필터 설치의 영향으로 전류 왜형율이 123.0[%]에서 37.3[%]로 저감 되었다.

표 2. 전류 파형의 고조파 함유율  
Table2. Harmonic Spectrum of Current Waveform

고조파차수	필터설치전		필터설치후	
	크기(%)	위상(°)	크기(%)	위상(°)
기본파	100.0	-352	100	-349
3	89.0	-186	24	-284
5	68.5	12	18.2	132
7	42.2	-196	12.0	167
9	18.9	23	6.5	-259
11	2.0	-235	9.4	-306
13	10.0	-205	5.6	19
15	11.3	41	5.3	64
17	7.9	-228	5.4	148
19	3.7	75	4.8	170
21	2.4	12	4.0	-250
23	4.4	-126	3.9	-215
25	4.0	65	4.9	16
27	2.1	-262	4.3	102
29	2.3	171	3.2	150
31	2.0	28	2.4	-239
33	3.1	-256	2.0	-228
35	2.2	103	2.1	-342
37	1.9	12	3.1	1
39	1.0	-237	1.7	94

주]  $I_{01} = 2.9 \angle 8^\circ$  [Vrms],  $I_{THD0} = 123.0$  [%]  
 $I_{F1} = 2.9 \angle 8^\circ$  [Vrms],  $I_{THDF} = 37.3$  [%]

측정 장비가 2cycle 동안 계산한 필터 설치전후의 평균 전력은 다음과 같다.

$$S_0 = 563.6 + j728.0 \quad [VA]$$

$$S_F = 563.5 + j254.9 \quad [VA]$$

그림 6은 필터 설치전의 유효전력 파형으로 2cycle(33msec)동안 측정된 값이다. 그림 7은 필터 설치후의 유효전력 파형이다.

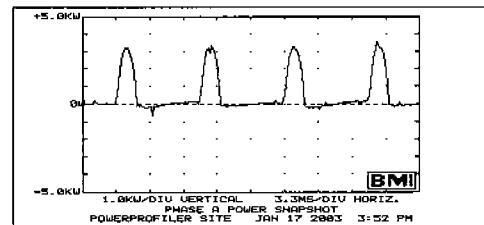


그림 6. 필터 설치전의 유효전력 파형  
Fig. 6. Active Power Waveform Without SCRF

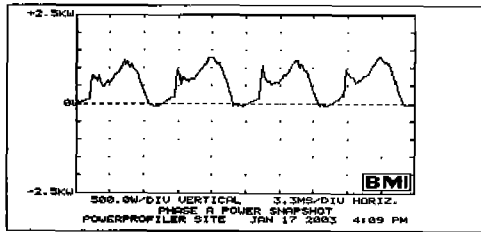


그림 7. 필터 설치후의 유효전력 파형  
Fig. 7. Active Power Waveform With SCRF

#### 4. 컴퓨터 부하 모델링

고조파 해석용 등가회로를 구성하려면, 비선형 부하의 고조파 전압과 전류의 측정이 우선되어야 한다. 측정점에서 본 전압원( $V_S$ )은 기본파 전압( $V_1$ )과 고조파 전압( $V_h$ )의 합으로 나타낼 수 있다.

$$V_S = V_1 + V_h \quad (4)$$

여기서  $V_h$ 의  $h$ 는 2, 3, 4, ...이다.

IEEE Std. 519-1992에 따르면 비선형 부하전류( $I_L$ )는 기본파 전류( $I_1$ )에 의한 임피던스 부하( $Z_L$ )와 고조파 전류( $I_h$ )의 합으로 나타낼 수 있다.

$$I_L = I_1 + I_h \quad (5)$$

$$Z_L = R_L + jX_L = \frac{|V_N|^2 (P_L + jQ_L)}{P_L^2 + Q_L^2} [\Omega] \quad (6)$$

여기서  $P_L$ 은 부하의 유효전력[W],  $Q_L$ 은 부하의 무효전력[VAR],  $V_N$ 은 부하의 정격전압[V]이다.

따라서 측정점에서 본 컴퓨터 부하의 단상 등가회로는 그림 8과 같이 유도된다.

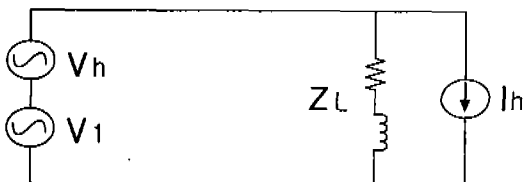
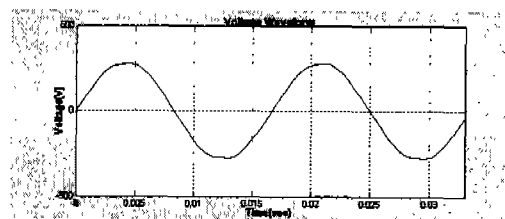


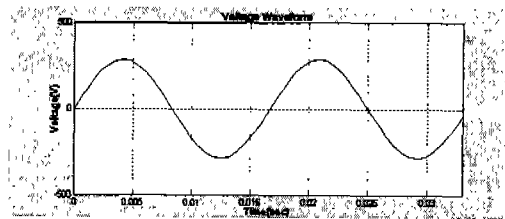
그림 8. 컴퓨터 부하의 단상 등가회로  
Fig. 8. Single-phase Equivalent Circuit of Computers

고조파 해석용 단상 등가 회로(그림 8)에 실측한 데이터를 적용하여 MATLAB을 사용한 시뮬레이션 결과를 요약한다.

그림 9는 필터 설치전후의 전압파형이고, 그림 10은 필터 설치전후의 전류파형이며, 그림11은 필터 설치전후의 유효전력 파형을 나타낸다. 시뮬레이션 시간은 2cycle(33msec)이다.

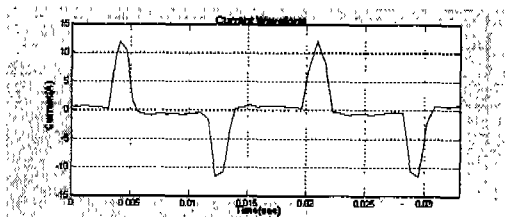


(a) 필터 설치전 전압

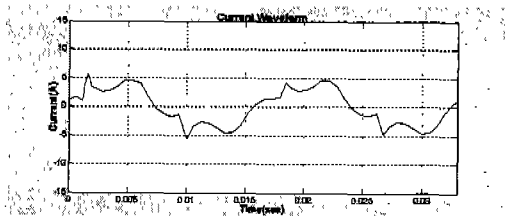


(b) 필터 설치후 전압

그림 9. 전압파형  
Fig. 9. Simulated Voltage Waveforms

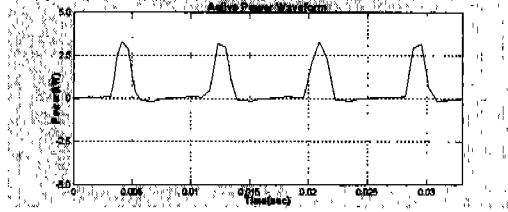


(a) 필터 설치전 전류

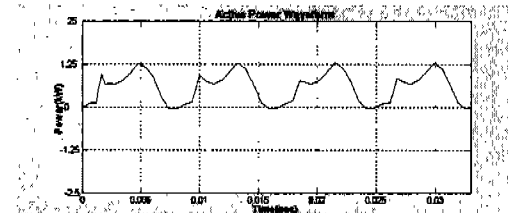


(b) 필터 설치후 전류

그림 10. 전류파형  
Fig. 10. Simulated Current Waveforms



(a) 필터 설치전 유효전력



(b) 필터 설치후 유효전력

그림 11. 유효전력 파형  
Fig. 11. Simulated Active Power Waveforms

표 3은 필터 설치전후의 전압의 측정치와 시뮬레이션 값을 비교한 것이다. 표 4는 필터 설치전후의 전류의 측정치와 시뮬레이션 값을 비교한 것이다. 표 5는 필터 설치전후의 전력의 측정치와 시뮬레이션 값을 비교한 것이다. 약간의 차이가 나는 이유는 등가 모델에 고조파 함유율이 작은 것은 생략했기 때문이다.

표 3. 전압비교  
Table 3. Voltage Comparisons between Measurement and Simulation

	측정		시뮬레이션	
	필터설치전	필터설치후	필터설치전	필터설치후
$V_s[V_{rms}]$	200.8	201.7	200.7	201.7
$V_{THD}[\%]$	2.0	0.8	2.18	1.49

표 4. 전류비교  
Table 4. Current Comparisons between Measurement and Simulation

	측정		시뮬레이션	
	필터설치전	필터설치후	필터설치전	필터설치후
$I_L[A_{rms}]$	46	3.1	4.59	3.08
$I_{THD}[\%]$	123.0	37.3	122.8	36.9

표 5. 전력비교  
Table 5. Power Comparisons between Measurement and Simulation

	측정		시뮬레이션	
	필터설치전	필터설치후	필터설치전	필터설치후
$P_t[W]$	563.6	563.5	573.3	566.4
$Q_t[VAR]$	728.0	254.9	725.0	255.4

### 5. 국제 고조파 관리 기준

비선형 부하는 많은 고조파 전류를 발생시켜, 다른 부하뿐만 아니라 전력 공급자 측에도 고조파 장애를 일으킨다. 외국의 많은 국가들이 고조파 관리 기준을 마련하여 고조파를 관리하고 있다. 앞으로 우리나라에도 한국 전력공사에서 추진 중인 고조파 관리 기준이 생길 전망이다. 가장 널리 사용되고 있는 국제 고조파 관리 기준은 IEC 1000과 IEEE 519 이다.

#### 5.1. IEC 1000-3-2

IEC 1000-3-2는 컴퓨터 부하와 같은 특별한 파형을 가진 전자 장비의 고조파 관리 기준이다. 전압은 240[V]이내, 유효 전력은 600[W]이내, 부하 전류는 16[A]이내에 속하는 전자 장비를 일컫는다.

직류 동조필터(SCRF)를 사용한 고조파 저감 효과를 IEC 1000-3-2 기준으로 평가하기로 한다. 그림 12는 그래프로 비교한 것이고, 표 6은 수치로 비교해 보았다.

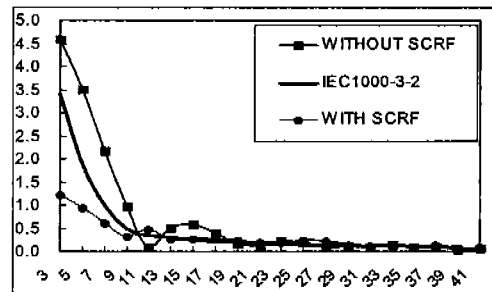


그림 12. 필터 설치 전후와 IEC 1000-3-2 기준과의 비교 그래프  
Fig. 12. Comparison between the IEC 1000-3-2 standard and SCRF Results

표 6. 필터 설치 전후와 IEC 1000-3-2 기준과의 비교표  
Table 6. Comparison between the IEC 1000-3-2 standard and SCRF Results

고조파 차수[h]	Maximum permissible harmonic current per watt [mA/W]	Without SCRF	With SCRF
3	3.400	4.579	1.235
5	1.900	3.525	0.937
7	1.000	2.171	0.618
9	0.500	0.972	0.335
11	0.350	0.103	0.484
13	0.296	0.515	0.288
15	0.257	0.581	0.273
17	0.226	0.406	0.278
19	0.203	0.190	0.247
21	0.183	0.123	0.206
23	0.167	0.226	0.201
25	0.154	0.206	0.252
27	0.143	0.108	0.221
29	0.133	0.118	0.165
31	0.124	0.103	0.124
33	0.117	0.160	0.103
35	0.110	0.113	0.108
37	0.104	0.098	0.160
39	0.099	0.051	0.087

필터 설치전에는 제 3고조파(4.579), 제 5고조파(3.525)등 기준치를 초과 하지만, 필터를 설치하면, 상용화된 직렬동조 필터(SCRF)가 3.8 고조파를 동조 주파수로 선택하고 있어 종합 고조파 왜형률의 대부분을 차지하는 3, 5, 7 고조파와 9, 13 고조파가 저감되어 기준치 이하가 되는 것을 볼 수 있고 11과, 15, 17, 19~29 고조파에서는 증가되어 기준치 이상이 되는 것을 볼 수 있지만 차지하는 비율이 적어 전체적으로 볼때 고조파가 저감되는 것을 알 수 있다. 부하에 따라 고조파가 많은 경우 여러 단계의 직렬 고조파 동조 필터를 사용하면 원하는 고조파를 제거 할 수 있다.

### 5.2 IEEE 519-1992

IEEE 519는 수용가 인입구(PCC, the point of

common coupling)에서 고조파 기준을 제한하고 있다. 고조파 측정점(컴퓨터 부하의 전력 공급점)을 기점으로 IEEE 519를 적용하기로 한다. 이렇게 하는 이유는 관대하게 고조파 전류를 제한하기 위함이다. 컴퓨터 부하는 단상 변압기로부터 전력을 공급 받는다고 가정한다.

변압기 제원은 300[kVA], 380/220[V], 임피던스 5[%]이고, 평균부하 전류( $I_L$ )는 6[A]이다. 단락 전류( $I_{sc}$ )와 단락용량(SCR, Short Circuit Ratio)을 계산한다.

$$I_{sc} = \frac{300,000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.05} \approx 9100 [A]$$

$$SCR = \frac{I_{sc}}{I_L} \approx 1500$$

따라서 단락용량이 1000보다 큰 범주에 속하므로, IEEE 519-1992 기준에 따라 직렬 동조 필터를 사용한 고조파 저감 효과를 평가하기로 한다. 그림 13은 그래프로 비교한 것이고, 표 7은 수치로 비교해 본 것이다.

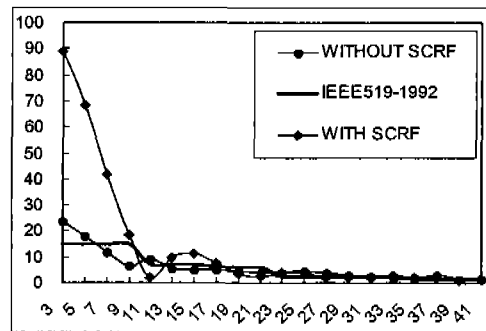


그림 13. 필터 설치 전후와 IEEE 519-1992 기준과의 비교 그래프

Fig. 13. Comparison between the IEEE 519-1992 standard and SCRF Results

표 7. 필터 설치 전후와 IEEE 519-1992 기준과의 비교표  
Table 7. Comparison between the IEEE 519-1992 standard and SCRF Results

고조파 차수[h]	Maximum harmonic current distortion in percent of $I_L$ [%]	Without SCRF	With SCRF
3	15.000	89.0	24.0
5	15.000	68.5	18.2
7	15.000	42.2	12.0
9	15.000	18.9	6.5
11	7.000	2.0	9.4
13	7.000	10.0	5.6
15	7.000	11.3	5.3
17	6.000	7.9	5.4
19	6.000	3.7	4.8
21	6.000	2.4	4.0
23	2.500	4.4	3.9
25	2.500	4.0	4.9
27	2.500	2.1	4.3
29	2.500	2.3	3.2
31	2.500	2.0	2.4
33	2.500	3.1	2.0
35	1.400	2.2	2.1
37	1.400	1.9	3.1
39	1.400	1.0	1.7

IEC 1000-3-2 기준과 마찬가지로 SCRF설치 후에도 약간의 기준치 이상이 되는 성분이 있지만, 대체로 IEEE 519 국제기준에 부합되는 것을 알 수 있다.

## 6. 결론

컴퓨터 부하는 스위칭 모드 전원공급 장치를 사용하고 있어 많은 고조파 전류를 발생시킨다. 우리나라 배전 시스템은 3상 4선식을 채택하고 있어 중성선에 고조파 전류가 흐르게 된다. 이와 같은 고조파 전류는 공급전압을 왜곡 시키고 중성선 도체의 과열 등 여러 가지 고조파 장애를 일으키므로 고조파 전류에 대한 해석이 요구된다.

고조파를 저감시키는 장치로 직렬 동조 필터가 널

리 쓰이고 있다. 제거 하고자 하는 고조파와 동조 주파수를 일치시키면 동조 필터의 임피던스는 무한대가 되어 고조파 전류를 차단시키는 원리이다. 상용화되어 현장에서 쓸 수 있는 동조 필터를 컴퓨터 부하에 적용하여 고조파 저감 효과를 알아보았다.

고조파 측정은 BMI 모델 3030[A]를 사용하여 컴퓨터 부하를 필터 설치 전후로 여러번 계측하였다. 측정된 고조파 전압, 전류, 전력은 고조파 해석용 등가회로를 구성하는데 필수적이다.

고조파 해석용 단상 등가회로는 기본파의 전압원과 고조파 전압원을 직렬로 연결하고, 비선형 부하는 측정된 전압과 전력으로 기본파 성분의 선형 임피던스 부하와 고조파 전류원을 병렬로 연결하여 구성하였다. MATLAB으로 시뮬레이션한 결과와 실험측치를 비교하여 오차가 거의 없음을 확인하였다.

외국의 많은 국가들이 고조파 관리 기준을 마련하여 고조파를 관리하고 있다. 컴퓨터 부하가 발생시키는 고조파를 국제 고조파 관리 기준인 IEC 1000과 IEEE 519를 근거로 평가해 보았다. 상용화된 직렬 동조필터를 설치하여 전류왜형을 123.0[%]를 37.3[%]로 저감 시키고, 국제 고조파 관리 기준에 가깝게 접근함을 확인할 수 있었다. 우리나라도 한국 전력공사에서 고조파 관리 기준 정립을 추진하고 있고 곧 우리나라 실정에 맞는 고조파 관리 기준이 제정될 것이다.

향후 컴퓨터 부하에 대한 다단계 직렬 동조필터를 적용하여 고조파 저감 효과를 알아보고, 병렬 동조 필터와의 관계도 정립할 계획이다.

## References

- [1] H. V. Aintablian and H. W. Hill, "Harmonic Currents Generated by Personal Computer and their Effects on the Distribution System Neutral Current", IEEE Transactions on Industry Applications, 1993.
- [2] L. Jiao and et al, "Modeling the Power Quality Characteristics of Computer Loads", Proceedings of the 1999 IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, May 9-12 1999.
- [3] T. M. Gruzs, "A Survey of Neutral Currents in Three-Phase Computer Power Systems", IEEE Transactions on Industry Applications, July/August 1990.



## 컴퓨터부하의 직렬 동조필터 적용 및 평가에 관한 연구

- [4] W. M. Grady and et al, "Estimating the Net Harmonic Currents Produced by Selected Distributed Single-Phase Loads: Computer, Televisions, and Incandescent Light Dimmers", IEEE Power Engineering Society, Winter Meeting, 2000.
- [5] "MATLAB User's manual", Math Works, 2000.
- [6] L. M. Tolbert, and et al, "Evaluation of Harmonic Suppression Devices", IEEE Industry Applications Conference, 1996.
- [7] E. Maset, and et al, "Harmonics Reduction in Low-cost Power Supplies", IEEE Power Electronics Congress, 1996.
- [8] J. S. Lai and T. key, " Effectiveness of Harmonic Mitigation Equipment for Commercial Office Buildings", IEEE Transactions on Industry Applications, 1996.
- [9] F. Z. Peng and et al, " A Series LC Filter for Harmonic Compensation of AC Drives, IEEE Power Electronic Specialists Conference, 1999.
- [10] IEEE Std. 519-1992, "IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems", IEEE Inc., April 1993.
- [11] IEC 1000-3-2, Electromagnetic Compatibility Limits for harmonic current emissions, March 1995.
- [12] 단상고조파 저감장치(Single-phase Harmonics Eliminating Device), (주)피에스티테크, 2001.

## ◇저자소개◇

### 김경철(金慶哲)

1954년 1월 20일생. 1977년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 1977~1982 국방과학연구소 연구원. 1982~1984 NMSU 전기공학과 석사. 1984~1988 UTA 전기공학과 박사. 1988~1991 한국전기연구소 선임연구원. 1991~현재 홍익대학교 전자전기컴퓨터공학부 부교수.

### 강윤모(姜倫模)

1977년 2월 26일생. 2002년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 2002년~현재 홍익대학교 대학원 석사과정.

### 이일무(李一茂)

1971년 7월 16일생. 2000년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001~현재 (주)피에스티테크 연구원. 2003~현재 동 대학원 박사과정.

### 송영주(宋榮柱)

1970년 11월 21일생. 1993년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995~2001 포스콘 기술연구소 연구원. 2001~현재 동 대학원 박사과정.