

개인용 컴퓨터 부하의 직렬동조필터 적용에 의한 고조파 및 순간전압강하 영향에 관한 연구

(A Study on the Harmonics and Voltage Sags Effect by the Series Resonant Filter Application for Personal Computer Loads)

김경철 · 서범관* · 이일무

(Kyung-Chul Kim · Beom-Gwan Seo · Il-Moo Lee)

요 약

컴퓨터 부하는 현대사회 전반에 널리 사용되고 있다. 개인용 컴퓨터의 스위칭 모드 전원공급 장치는 고조파 전류를 발생시키는 주된 발생원이다. 고조파 전류는 컴퓨터 오동작등 많은 고조파 장애를 일으킨다. 직렬동조필터는 개인용 컴퓨터의 고조파 저감에 매우 효과적이다. 순간전압강하는 전압의 크기가 짧은 시간동안 감소하는 것으로, 순간전압의 변동원인은 주로 계통의 고장, 급격한 부하변동 등으로 발생한다. 컴퓨터 부하는 전압강하에 민감한 것으로 알려져 있다. 본 논문에서는 개인용 컴퓨터 부하에 직렬동조필터를 적용하였을 때 고조파 저감효과를 IEC 61000-3-2로 평가하였고, 순간전압강하 영향을 ITI 곡선으로 심도있게 분석하였다.

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 disruption in computer performance. A series resonant filter is very effective in harmonic reduction for personal computer loads. Voltage sags are short duration reductions in rms voltage. The main causes of voltage sags are faults, motor starting, and transformer energizing. Personal computers are another example of devices sensitive to voltage sags. A serious voltage sag at the terminals way lead mis-operation of the equipment. This paper presents an in depth analysis to evaluate the effect of harmonics reduction based on the IEC 61000-3-2 and the effect of voltage sag using ITI curve by applying a series resonant filter for personal computer loads.

Key Words : Personal computer loads, Series resonant filter, Harmonic currents, IEC 61000-3-2, Voltage sags, ITI curve

* 주저자 : 홍익대학교 전기공학과 박사과정
Tel : 041-860-2610, Fax : 041-863-7605

E-mail : elecbg@naver.com

접수일자 : 2006년 5월 4일

1차심사 : 2006년 5월 9일, 2차심사 : 2006년 6월 22일

심사완료 : 2006년 7월 4일

1. 서 론

개인용 컴퓨터, 형광등, 반도체 소자의 스위칭을 이용하는 전자장비등 비선형 부하는 고조파 전류를

발생시켜 전압과형왜곡, 과도한 중선선 전류, 측정오차, 오동작이나 일시정지등 많은 고조파 장애를 일으킬 수 있다. 이러한 고조파 전류를 저감시키는 일반적인 방법으로는 동조필터를 많이 사용한다[1-3].

순간전압강하(Voltage Sags)와 정전현상(Interruptions)은 전력품질과 관련이 있으며, 이 두 가지 사항은 대부분 계통의 고장이나 대용량 전동기의 기동에 의해 발생되어 진다[4].

본 논문에서는 동조필터 설치에 의한 개인용 컴퓨터 부하의 고조파 평가를 IEC 61000-3-2로 수행 하였으며, 고조파 저감 필터 설치에 따른 순간전압강하의 민감도 변화를 ITI(Information Technology Industry Council)곡선과 비교 평가 하였다[5-6].

2. 개인용 컴퓨터의 고조파 및 순간전압강하

개인용 컴퓨터(PC, Personal Computer)는 스위칭 모드 전원 공급장치(SMPS, Switching Mode Power Supply)를 사용하고 있어 부하전류는 제 3, 5, 7차등의 고조파를 주로 포함하게 된다. 그림 1은 PC의 등가회로를 나타낸다. DC 캐패시터 C_f 에 의해 일정 전압을 유지하는 전형적인 고조파 전압원이라 할 수 있다.

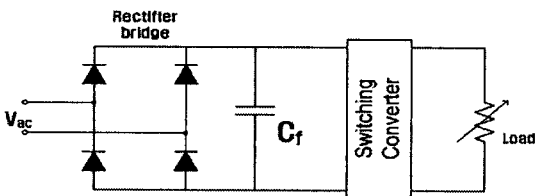


그림 1. 개인용 컴퓨터의 간략 회로도
Fig. 1. Simplified circuit diagram of a typical PC

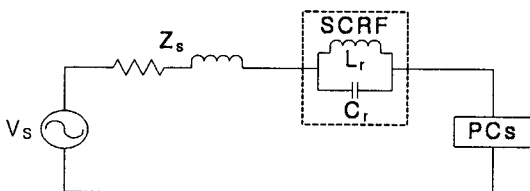


그림 2. 직렬동조필터 적용 회로도
Fig. 2. Circuit diagram of a SCRF application

고조파 전류를 저감시키는 수단으로 동조필터가 쓰일 수 있다. 동조필터는 가격이 저렴하고, 설치가 용이하며, 견고성, 효율성등의 장점이 있다.

그림 2는 컴퓨터 부하에 적용한 직렬동조필터(SCRF, Series Connected Resonant Filter)이다.

그림 2에서 V_s 는 공급전압[V], Z_s 는 전원측 임피던스[Ω]이다. 직렬동조필터는 리액터(L_r)와 캐패시터(C_r)가 병렬로 연결되어 있다. 동조필터의 설계값은 부하에 따라 정해진다. 제거하고자 하는 고조파차수(h)에서 동조가 일어나도록 하면 된다. 즉,

$$h = \frac{1}{\omega_0 \sqrt{L_r C_r}}$$

여기서 ω_0 는 시스템 각 주파수로 377[rad/s]이다.

부하의 주파수가 동조 주파수와 일치하면 동조필터의 임피던스는 무한대가 된다. 따라서 동조 주파수의 전류를 동조필터에서 차단(block)되는 원리이다.

사례연구에 사용된 동조필터의 사양은 $L_r = 20.4 [mH]$, $C_r = 10 [\mu F]$ 으로서 제거하고자 하는 고조파 차수 $h = 1/\omega_0 \sqrt{L_r C_r} \approx 5.9$ 가 된다.

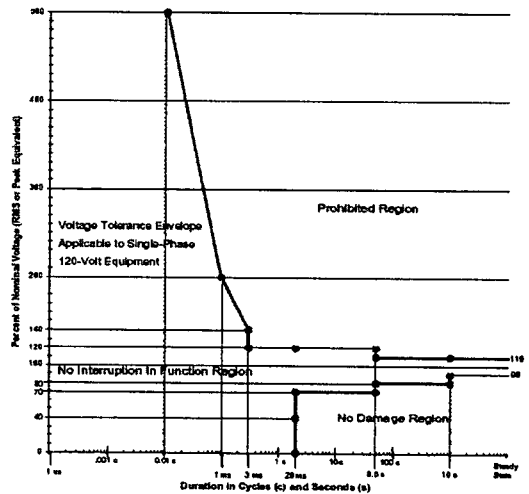


그림 3. ITI 곡선
Fig. 3. ITI curve

순간전압강하는 주로 전력계통 고장이나 급격한 부하변동으로 발생하며, 전압의 실효치가 0.1[pu]에

서 0.9[pu]로 0.5 사이클에서 1분간 지속되는 현상을 나타낸다.

PC는 순간전압강하에 민감한 부하이다. 민감도는 CBEMA(Computer Business Equipment Manufacturers Association)곡선에 의해 평가될 수 있다. 최근에는 CBEMA 곡선을 대신하여 컴퓨터 부하를 포함한 다른 모든 종류의 장비에 대한 민감도를 ITI 곡선(그림 3)으로 나타내고 있다.

ITI 곡선은 PC가 전압외란에 대하여 어느정도 견딜 수 있는가를 나타내는 수단으로 이용되고, 전압 품질을 설명하기 위한 데이터의 표현에 가장 많이 사용되고 있다. 그림 3의 아래쪽 곡선 부분은 전압강하에 대한 설비의 오동작 유무를 나타낸다.

3. 사례연구

3.1 사례연구 시스템

그림 4는 구성된 사례연구 시스템이다. 사용된 장비는 전압과 전류의 파형 측정용으로 Oscilloscope (Tektronix TDS5052B), 고조파 전압과 전류 측정용으로 DEWE 2010장비, 컴퓨터 부하는 펜티엄-IV 1.3[GHz], 220[V], 최대 250[W]를 소비하는 본체와 모니터 2Sets, 그리고 순간전압강하 발생장치로 전압 0~300[V], 주파수 0.01~120[Hz], 지속시간 1~65,000[ms], 2[kW] 사양을 가진 SS-AA2000XG 장비를 사용하였다.



그림 4. 사례연구 시스템
Fig. 4. Experimental System of the case study

3.2 고조파 영향

컴퓨터 부하에 직렬동조필터 설치 전후의 고조파 왜형률(THD, Total Harmonic Distortion)를 측정하고 평가하고자 한다.

그림 5는 필터 설치전의 전압과 전류파형이고, 그림 6은 필터 설치후의 전압과 전류 파형을 나타낸다.

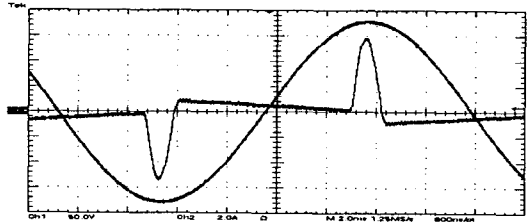


그림 5. 필터 설치전의 전압과 전류 파형
Fig. 5. Voltage and current waveforms without SCRF

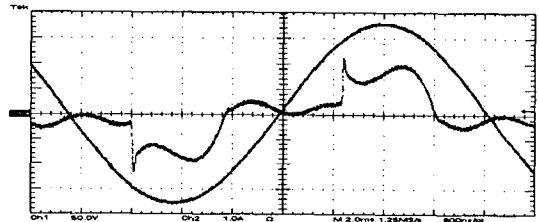


그림 6. 필터 설치후의 전압과 전류 파형
Fig. 6. Voltage and current waveforms with SCRF

표 1은 필터 설치 전후의 결과를 요약한 것이다.

표 1. 필터 설치 전후의 비교
Table 1. Harmonics comparisons between with and without SCRF

| | Without SCRF | With SCRF |
|-----------|--------------|-----------|
| 전압 [V] | 220.09 | 220.20 |
| 전류 [A] | 0.101 | 0.089 |
| 전압왜형률 [%] | 0.06 | 0.043 |
| 전류왜형률 [%] | 170.1 | 61.7 |

고조파 영향을 고조파 관리기준으로 분석하고자 한다. IEC 61000-3-2는 컴퓨터 부하와 같은 특별한

파형을 가진 전자장비의 고조파 관리기준이다. 전압은 240[V]이내, 유효전력은 600[W]이내, 부하전류는 16[A]이내에 속하는 장비를 일컫는다.

표 2는 필터 설치 전후의 고조파 전류를 IEC 61000-3-2 기준으로 평가하였고, 그림 7은 그래프로 나타낸 것이다.

표 2. 필터 설치 전후의 고조파 전류 비교
Table 2. Harmonic currents comparison between with and without SCRF

| 고조파 차수 [h] | IEC 61000-3-2 Limits [mA/W] | Without SCRF | With SCRF |
|------------|-----------------------------|--------------|-----------|
| 3 | 3.400 | 3.565 | 2.508 |
| 5 | 1.900 | 3.245 | 0.922 |
| 7 | 1.000 | 2.788 | 0.611 |
| 9 | 0.500 | 2.285 | 0.264 |
| 11 | 0.350 | 1.782 | 0.363 |
| 13 | 0.296 | 1.280 | 0.295 |
| 15 | 0.257 | 0.777 | 0.218 |
| 17 | 0.226 | 0.366 | 0.259 |
| 19 | 0.203 | 0.137 | 0.161 |
| 21 | 0.183 | 0.137 | 0.207 |
| 23 | 0.167 | 0.183 | 0.140 |
| 25 | 0.154 | 0.229 | 0.171 |
| 27 | 0.143 | 0.183 | 0.130 |
| 29 | 0.133 | 0.137 | 0.135 |
| 31 | 0.124 | 0.046 | 0.124 |
| 33 | 0.117 | 0.046 | 0.109 |
| 35 | 0.110 | 0.046 | 0.114 |
| 37 | 0.104 | 0.091 | 0.093 |
| 39 | 0.099 | 0.091 | 0.098 |

필터 설치 전에는 제 3, 5, 7등 대부분의 홀수차 고조파가 기준치를 초과하지만, 설계된 직렬동조필터를 적용하면 국제기준인 IEC 61000-3-2에 적합한 결과를 보였다.

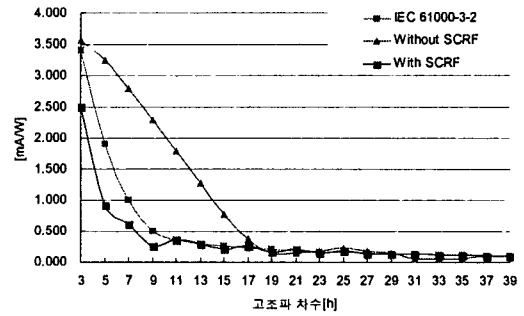


그림 7. 필터 설치 전후의 고조파 전류 비교
Fig. 7. Harmonic currents comparison between with and without SCRF

3.3 순간전압강하 영향

컴퓨터 부하에 직렬동조필터 설치 전후의 순간전압강하 민감도를 평가하고자 한다.

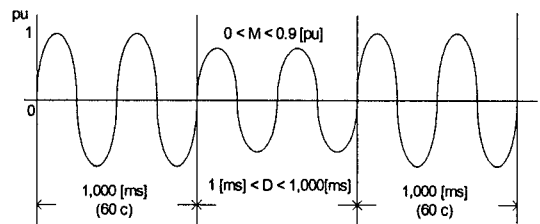


그림 8. 순간전압강하 입력파형
Fig. 8. Input waveform of voltage sag

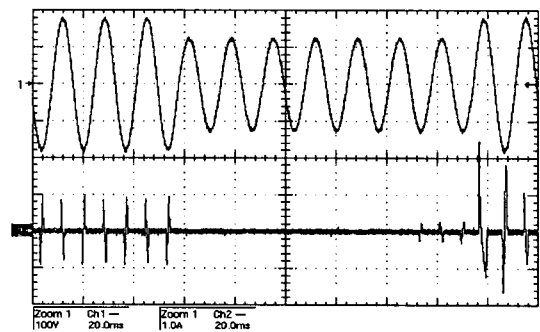


그림 9. 전압강하파형 (크기 0.7(pu)와 기간 100(ms))
Fig. 9. Voltage sag waveform(0.7(pu) of magnitude and 100(ms) of duration)

순간전압강하의 입력파형은 그림 8과 같다. 입력 전압 변동은 0~0.9[pu], 시간은 1~1,000[ms]으로

Zero crossing하여 PC가 오동작 하는지를 측정하였다. 오동작 여부는 PC가 재부팅되는 시점으로 정하였다. 그림 9는 전압의 크기 0.7[pu], 기간 100[ms]의 전압강하 파형의 예를 오실로스코프로 측정한 것으로 ①번은 순간전압강하 파형을, ②번은 순간전압강하 시 전류 파형을 나타낸다.

순간전압강하의 영향은 ITI 곡선으로 분석하고자 한다. ITI 곡선은 전압변동에 대하여 견딜 수 있는 내성을 나타내고 전압품질을 평가하는 수단으로 널리 쓰이고 있다.

표 3과 4는 필터 설치 전후의 컴퓨터 부하에 대한 민감도를 ITI 곡선으로 평가하기 위한 측정결과이고, 그림 10은 그래프로 나타낸 것이다.

표 3. 필터 설치전 내성 시험 결과
Table 3. Equipment immunity test results without SCRF

| Magnitude[%] | Duration[s] |
|--------------|-------------|
| 0.000 | 0.096 |
| 60.000 | 0.096 |
| 60.000 | 0.114 |
| 60.455 | 0.114 |
| 60.909 | 0.114 |
| 61.364 | 0.114 |
| 61.364 | 0.128 |
| 61.818 | 0.128 |
| 61.818 | 0.700 |
| 61.818 | 100.0 |

표 4. 필터 설치후 내성 시험 결과
Table 4. Equipment immunity test results with SCRF

| Magnitude[%] | Duration[s] |
|--------------|-------------|
| 0.000 | 0.080 |
| 64.091 | 0.080 |
| 64.091 | 0.094 |
| 64.545 | 0.095 |
| 64.545 | 100.0 |

사례연구에 사용된 PC는 ITIC에서 권고하는 크기 (Magnitude)와 시간(Duration)의 기준에 적합한 결과를 보였다. ITI 곡선에서는 시작점(20[ms])에서

70[%] 이하의 전압 크기가 요구되는데, 사용된 PC는 시작점이 96[ms] 이었고 전압의 크기는 60[%]으로 나타났다.

직렬동조필터를 적용하면 PC는 시작점이 80[ms]가 되고, 전압의 크기는 64.1[%]으로 필터 설치전보다 약간 저하됨을 알 수 있다. 즉 컴퓨터 부하에 직렬동조필터를 적용하면 장비의 내성을 미미하지만 저하시킬 수 있다는 것을 말한다.

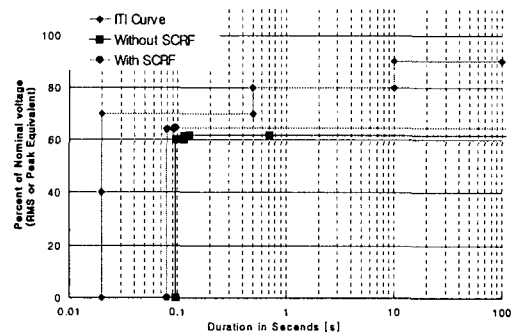


그림 10. 개인용 컴퓨터의 전압허용곡선
Fig. 10. Equipment voltage tolerance curves

4. 결 론

컴퓨터 부하는 스위칭 모드 전원공급 장치를 사용하고 있어 많은 고조파를 발생시킨다. 고조파 전류는 컴퓨터 일시 정지등의 고조파장해를 일으킨다. 고조파 전류를 저감시키는 수단으로 직렬동조필터가 가장 널리 쓰이고 있다.

사례연구로 대표적인 컴퓨터 부하에 직렬동조 필터를 적용하여 전류 왜형률을 170[%]에서 62[%]으로 저감시키고, 국제 고조파 관리기준인 IEC 61000-3-2에도 적합함을 확인할 수 있었다.

컴퓨터 부하는 순간전압강하에 매우 민감한 것으로 알려져 있다. 순간 전압강하는 계통의 고장이나 급격한 부하변동으로 발생하므로, 장비는 전압외란에 대한 어느 정도의 내성이 요구된다. ITIC에서 권장하는 것은 20[ms] 시작점에서 전압 크기가 70[%] 이상이다. 설계된 직렬동조필터를 적용하면 시작점은 96[ms]에서 80[ms]으로 약간 저하되었고, 전압의 크기는 60[%]에서 64[%]으로 약간 증가되어 장비의 내성이 약간 저하함을 알 수 있었다.

본 연구는 전력산업연구개발 사업으로 수행되었음.

References

- (1) L. M. Tolbert, and et al, "Evaluation of Harmonic Suppression Devices", IEEE Industry Applications Conference, 1996.
- (2) E. Maset, and et al, "Harmonics Reduction in Low-cost Power Supplies", IEEE Power Electronics Congress, 1996.
- (3) F. Z. Peng and et al, "A Series LC Filter for Harmonic Compensation of AC Drives", IEEE Power Electronic Specialists Conference, 1999.
- (4) R. C. Dugan and et al, "Electrical Power Systems Quality", Mc Graw-Hill Co., 2002.
- (5) IEC 1000-3-2, Electromagnetic Compatibility Limits for harmonic current emissions, March 1995.
- (6) ITH(CBEMA) Curve, www.itic.org.

◇ 저자소개 ◇

김경철 (金慶哲)

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

서범관 (徐梵寬)

1977년 2월 18일생. 2002년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년~현재 동 대학원 박사과정.

이일무 (李一茂)

1971년 7월 16일생. 2000년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001~2004년 (주)피에스디테크 연구원. 2003년~현재 동 대학원 박사과정. 2004년 8월~현재 Micro Power 대표이사.