

가전기기 발생 극저주파 자계 고조파 특성 해석

Analysis on Harmonics Characteristics of ELF Magnetic Fields Generated by Electric Appliances

閔錫源[†] · 宋棋鉉^{*} · 梁光鎬^{**} · 朱玆魯^{***}

(Suk-Won Min · Ki-Hyun Song · Kwang-Ho Yang · Mun-No Ju)

Abstract - With biological effects by ELF(Extremely Low Frequency) magnetic field generated from power system, the transient magnetic field from electric appliances is a major issue presently. In this paper, we measured magnetic field distributions around electric appliances in view of harmonics and analyzed them by the use of an equivalent magnetic dipole moment method. This method was applied to 19 types of appliances, and their equivalent magnetic dipole moments and harmonic components were determined. The results show that this method is applicable to many appliances and the higher frequency magnetic field may induce higher current inside living bodies.

Key Words : ELF Magnetic Field, Magnetic Dipole Moment, Electric Appliance, Harmonics

1. 서 론

생활 주변에서 자계특성의 정량적 이해는 극저주파 자계의 생물학적 영향과 관련하여 주된 이슈가 되고 있다. 송전선과 가전기기는 작업 또는 주택 환경에서 극저주파 자계의 주된 소스로 생각되어 지고 있다. 송전선 자계는 Kaune와 Zaffanella가 제안한 전류 다이폴 모멘트법[1]으로 잘 정형화되어 있고, 그 방법은 무한 직선도체 주변의 자계를 도체의 위치와 측정점 간의 거리에 지수승으로 반비례하는 몇몇 항과 몇 개의 모멘트 항의 조합으로 단순하게 표현하고 있다. 이와는 반대로 가전기기에서 발생하는 자계는 가전기기의 형태, 크기, 운전회로와 같은 특성의 다양성으로 인해 잘 정형화되어 있지 않다. 또한 최근에는 상용 주파수 보다 더 높은 주파수의 요소들과 자계의 크기 급변이 과도 자계로 관심의 대상이 되고 있다. 왜냐하면 더 높은 주파수의 자계가 생체 내에서 더 높은 전류를 유도하기 때문이다[2]. 아울러 가전기기가 고조파 성분을 일반적으로 많이 갖고 있기 때문에 과도 자계의 주된 소스의 하나로 고려되고 있다.

따라서 본 논문에서는 본 저자들이 참고문헌[16]에서 제안한 것으로, 극저주파 자계를 간단히 정량화 할 수 있는 방법을 19가지 종류의 가전기기에 적용하여 등가 자계 다이폴 모멘트를 6dB 오차 내에서 추정하였다. 또한, 자계의 주파수 변화에 따른 생체 영향을 평가하기 위하여 고조파 성분을 고려한 매개변수를 적용하여 고조파에 의한 영향도 평가하였다.

2. 예측기법 및 실험결과

2.1 등가자계 다이폴 모멘트의 예측기법

2.1.1 가전기기의 자계 대표값으로서의 등가자계 다이폴
 임의의 위치에서 가전기기의 발생 자계에 대한 여러 연구가 있다[3-6]. 이것들은 기기 주변의 여러 방향과 다른 거리에서 측정을 하게 되어 가전기기의 대표 값으로 정하기 적합하지 못하고 상호 비교하기 어려운 단점이 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 자계 다이폴 모멘트를 이용하여 가전기기의 자계소스를 등가화 할 수 있는 방법이 제시되었다[7,8]. 그 중에 Zaffanella 등의 연구는 가전기기 주변의 자계를 정량화할 수 있는 이상적인 방법이나 3차원의 위치, 크기와 위상의 9가지 미지수를 수치적으로 풀어야 하기 때문에 크기와 위상을 포함한 완벽한 측정이 요구되어 실제에 적용하기에는 적합하지 않다. 이런 난점들을 극복하기 위하여, 참고문헌[9]에서는 LAS (Large-loop Antenna System)을 이용하여 VDT(Video Display Terminal)의 자계 다이폴 중심위치가 LAS의 원점과 일치한다고 가정하여 LAS로부터 측정된 자계 값으로부터 VDT의 등가 자계 다이폴을 예측하는 기법을 제안하였다. 한편 본 연구에서 검토된 가전기기의 극저주파 자계 다이폴 모멘트 중심위치는 참고문헌[9]와는 다르게 가전기기 별로 차이가 있어서 본 연구에서는 본 연구자가 제안한 참고문헌[16]의 방법을 이용하여 자계 다이폴 모멘트의 중심위치를 추정하였고, 등가 자계 다이폴 모멘트를 예측하기 위해 아래의 방법을 이용하였다.

2.1.2. 등가자계 다이폴을 예측하기 위한 간단한 기법

자계 다이폴 모멘트 m 주변의 자계분포는 다음과 같다.

$$B = -\frac{\mu_0}{4\pi} \text{grad} \frac{m \cdot R}{R^3} \quad (1)$$

여기서 B : 자속밀도 벡터, R : 측정점 위치벡터, μ_0 : 공기의 투자율이다.

[†] 교신저자, 正會員 : 順天鄉大學 情報技術工學部 教授 · 工博
 E-mail : swonmin@sch.ac.kr

^{*} 正會員 : 順天鄉大學 情報技術工學部 博士課程

^{**} 正會員 : 韓國電氣研究院 責任研究員 · 工博

^{***} 正會員 : 韓國電氣研究院 電力研究團 研究員

接受日字 : 2004年 6月 3日

最終完了 : 2004年 11月 3日

(1)의 식은 자계 다이폴이 선형적으로 분극 되어지는 것으로 가정할 때 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$B_x = -\frac{\mu_0}{4\pi} [m_x \{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2\}^{-3/2} - 3(x-x_0)\{m_x(x-x_0) + m_y(y-y_0) + m_z(z-z_0)\} \times \{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2\}^{-5/2}] \quad (2)$$

$$B_y = -\frac{\mu_0}{4\pi} [m_y \{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2\}^{-3/2} - 3(y-y_0)\{m_x(x-x_0) + m_y(y-y_0) + m_z(z-z_0)\} \times \{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2\}^{-5/2}] \quad (3)$$

$$B_z = -\frac{\mu_0}{4\pi} [m_z \{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2\}^{-3/2} - 3(z-z_0)\{m_x(x-x_0) + m_y(y-y_0) + m_z(z-z_0)\} \times \{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2\}^{-5/2}] \quad (4)$$

여기서 (x_0, y_0, z_0) 는 모멘트의 중심위치, (m_x, m_y, m_z) 는 자계 다이폴 모멘트 벡터의 x, y, z 성분 값이다.

모멘트 중심 위치가 일치하는 구 표면상의 자계크기는 표면의 위치에 따라 식 (5)에서 상수 k 가 1에서 2 사이에 있고 평균치는 k 가 1.39가 된다.

$$|B| = k \times \frac{\mu_0 |m|}{4\pi R^3} \quad (1 \leq k \leq 2) \quad (5)$$

이것은 추정 자계크기의 오차범위를 6 dB로 하고 자계 다이폴 모멘트 주변 자계분포가 구형으로 된 다는 것을 의미하며 이 식은 다이폴 모멘트 벡터를 스칼라 값으로 취급하고 있다. 이와 같이, 식(2)~(4)의 자계 다이폴의 3가지 성분 값과 중심위치의 6개 미지수를 4개 (모멘트의 중심위치 x_0, y_0, z_0 와 스칼라 값으로 취급한 모멘트의 크기)로 줄일 수 있다. 더욱이, 가전기기 내부의 다이폴 모멘트의 위치를 확인할 수 있는 손쉬운 방법을 도입함으로써 모멘트의 크기만이 유일한 변수로 이 또한 손쉽게 결정할 수 있다.

등가의 다이폴 모멘트의 중심점의 확인하기 위해 제안된 방법은 참고문헌[16]에 설명되어 있다.

2.1.3. 고조파 성분 포함

가전기기에는 일반적으로 고조파 성분이 풍부하고 상용 주파수보다 높은 주파수 요소가 생체에 어떤 영향을 주는가에 관심이 모아지면서 가전기기에 의해 발생하는 고조파 성분의 특성이 자계특성 평가에 포함되게 되었으며, 몇몇 가이드라인은 인체의 자계노출 제한치를 제시하고 있다[10, 11]. 아울러 여러 주파수를 갖고 있는 자계의 노출에 대한 가이드라인과 관련한 몇몇 연구가 보고되고 있다. Jokela는[12] 시간영역에서 자계를 평가할 수 있는 방법을 제안하였으며 기준안으로 가장 최대치를 지수로 이용할 것을 제안하였다. 또한 Bowman과[13] Chadwick는[14] FFT(Fast Fourier Transform)를 이용하여 더 높은 주파수 성분을 주파수 영역에서 취급하는 방법을 보고하였다. 본 연구에서는 IEC 기준의 방법에[9] 따라 자계의 고조파 성분을 표현하고자 하며, 이것을 등가 자계 다이폴 모멘트로 표현하여 자계 다이폴 모멘트와 주파수에 비례하여 생체 기관 내부에 유도되는 전류 간의 자표를 직접 표현할 수 있는 파라미터를 채택하였다. 즉 고조파 성분을 포함하고 있는 자속밀도 B 는 다음과 같이 표현하였다.

$$B = B_0 \sqrt{1 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 + \alpha_4^2 + \dots} \quad (6)$$

여기서 B_0 는 자속밀도 B 의 기본파 성분의 실효치이며, α_i ($i=2, 3, 4, \dots$)는 i 번째 고조파 성분의 기본파 크기에 대한 비율이다. 이 식은 등가 자계 다이폴 모멘트에도 다음과 같이 적용될 수 있다.

$$m = m_0 \sqrt{1 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 + \alpha_4^2 + \dots} \quad (7)$$

여기서 m 은 자계 다이폴 모멘트의 합성치이며 m_0 는 자계 다이폴 모멘트의 기본파 성분의 실효치이다. 또한, 식 (7)을 이용하여 본 연구에서는 새로운 파라미터 M 을 도입하였다.

$$M = \sum_i i f_0 \times m_i \alpha_i = f_0 m_0 (1 + 2\alpha_2 + 3\alpha_3 + 4\alpha_4 + \dots) \quad (8)$$

여기서 f_0 는 상용주파수의 기본 주파수이다.

이 파라미터 M 은 주파수에 비례하여 생물체 내부에 유도되는 전류가 증가한다는 것을 토대로, 자계 다이폴 모멘트와 생체간의 상호작용을 정량적으로 보여주는 지수이다. 이 파라미터는 자계 제한치를 선정하는 기준으로 이용될 수 있다.

2.2 실험결과

그림 1에서 그림 7은 실험기기의 주변자계를 측정 한 값을 표시하였으며 실선 직선은 이들의 평균치를 이용하여 식(5)로부터 추정한 자계 값이고 점선 직선은 6dB의 오차 ($1 \leq k \leq 2$)를 고려한 추정 자계 값이다.

2.2.1. 추정 자계 오차

측정대상 기기들은 빛이 나오는 쪽을 앞쪽으로 구분하였으며, 그 밖의 기기들은 앞뒤 구분을 하지 않았다. Hairdryer, Electric pot, Toaster, 전기히터, 전기다리미는 분포가 추정자계곡선에 밀집되어 있는 것을 볼 수 있다. 이는 자계원이 단순한 형상이기 때문에 좋은 결과가 나타났다. 그림 1에서는 대표적으로 전기히터의 자계분포를 보여 주고 있다.

TV를 포함한 디스플레이 장치의 경우 앞쪽부분(브라운관)의 측정치가 낮은 자계분포를 보이며 오차범위에서 벗어나고 있다. 이는 브라운관이 차폐가 되어 있어 자계분포가 낮아진 것으로 보인다. 그림 2는 평면모니터의 자계분포이다.

그림 3의 냉장고의 경우 오른쪽에서 측정된 수치를 제외한 대부분이 오차범위에서 크게 벗어나고 있으며 후면부의 자계가 추정치보다 크게 높은 것은 후면에 전동기가 설치되어 있기 때문으로 추정된다. 또한, 그래프에서 볼 수 있듯이 측정 한 위치에 따라 일정한 오차를 보이고 있는데, 이는 측정데이터의 양이 적었거나, 냉장고의 순환모터의 작동주기가 일정하지 않기 때문에 측정시의 자계분포가 달라지기 때문으로 추정된다.

그림 4의 전자렌지의 경우는 자계 분포가 30mG ~ 60mG 범위에서 일정한 패턴을 보이고, 대부분의 데이터가 오차범위 내에 나타나고 있다. 앞면에서는 차폐망이 설치되어 있어 데이터가 낮은 거라는 예상과는 달리 오른쪽 면에서의 데이터가 추정예측치 보다 가장 낮게 나오고 있었다.

그림 5의 슬라이드 프로젝터는 대부분이 오차범위에 근접해 있는 것을 알 수 있었다. 그림 7에서 보듯이 전원이 있는 오른쪽에서 측정된 최대 자계 값이 2704mG로 예상보다 굉장히 큰 값을 보였다. 이는 자계원에서 약 9cm 정도 떨어진 곳

으로 전원이 있는 부분으로 슬라이드 프로젝터의 전구 필라멘트가 코일형태로 되어 있어 같은 전류가 흐르더라도 코일의 권선수 만큼 자계가 커지기 때문으로 추정할 수 있다.

모터가 주자계원인 진공청소기, 전기믹서, 선풍기는 대체로 오차범위에 들고 있었다. 그림 6은 대표적으로 진공청소기의 자계분포를 보여 주고 있다.

컴퓨터의 경우는 모니터를 제외한 본체에서만 자계 분포를 측정하였다. 자계분포는 다기능 복합기, LCD모니터와 함께 0.1~0.4mG로 낮았고, Beam Projector와 Over head Projector의 경우도 자계소스의 중심을 추정하기 어려웠다.

그림 7은 그들 중에 Beam Projector의 자계 분포를 보여 주고 있다.

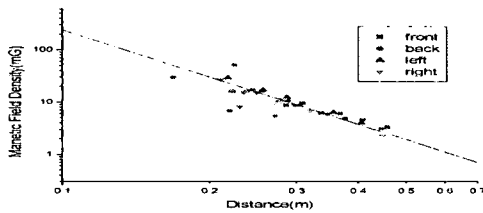


그림 1. 전기 히터의 자계 분포
Fig. 1. Magnetic field distribution of an electric pot

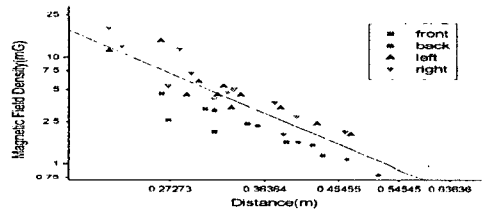


그림 2. 평면모니터의 자계 분포
Fig. 2. Magnetic field distribution of a 17" CRT

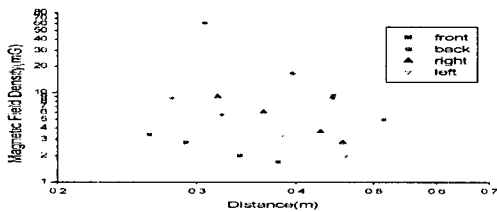


그림 3. 냉장고의 자계 분포
Fig. 3. Magnetic field distribution of a refrigerator

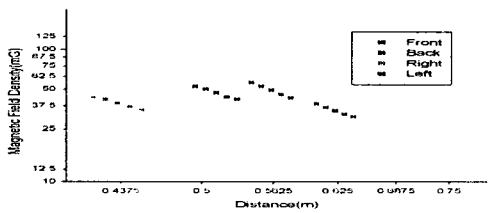


그림 4. 전자레인지의 자계 분포
Fig. 4. Magnetic field distribution of a microwave oven

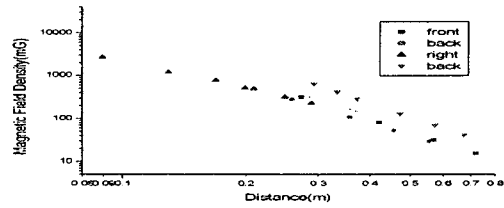


그림 5. 슬라이드프로젝터의 자계분포
Fig. 5. Magnetic field distribution of a slider projector

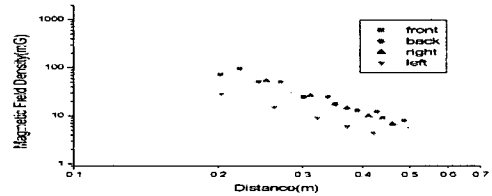


그림 6. 진공청소기의 자계 분포
Fig. 6. Magnetic field distribution of a vacuum cleaner

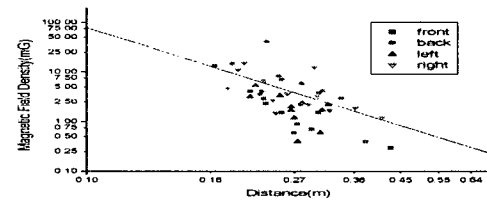


그림 7. Beam Projector의 자계 분포
Fig. 7. Magnetic field distribution of a beam Projector

2.2.2. 파형 분석

모터와 니크롬선을 이용하는 Hair dryer와 모터를 이용하는 진공청소기, 믹서기, 선풍기는 모터의 종류에 따라 파형과 고조파의 성분이 달라지고 있었다. 그 중에서 그림 8, 9의 Hair dryer는 고조파 성분이 가장 많이 섞여 있지만, 60Hz 정현파의 파형을 따라가고 있는 것을 알 수 있다. 그림 10, 11은 진공청소기의 파형과 고조파 성분을 보여주고 있다. Hair dryer 보다 많지 않은 고조파가 섞여 있음을 알 수 있고, 이는 모터의 특성이 다르기 때문인 것으로 추정 된다.

열을 이용하는 전기히터, 커피포트, 전기다리미, 토스터는 니크롬선이 주자계원이 기기이다. 따라서 고조파 성분이 없고, 파형의 왜곡도 없음을 알 수 있다. 그림 12, 13은 전기히터의 파형과 고조파 성분을 보여 주고 있다.

빛을 이용하는 기기인 빔 프로젝터, OHP(Over Head Projector), 슬라이더 프로젝터는 3고조파와 5고조파가 약간씩 나타났으나 파형은 많이 왜곡되는 것을 볼 수 있었다.

구조가 단순한 OHP에서도 완전히 왜곡된 파형을 보이고 있었다. 이러한 현상은 램프의 방전특성이 다르기 때문이라고 추측된다. 그림 14, 15는 빔 프로젝터의 파형과 고조파 성분을 보여 주고 있다.

디스플레이 장치인 TV, 17" 평면모니터와 일반 모니터, LCD 모니터는 고조파의 성분이 많이 포함되어 있으며, 파형의 왜곡도 심했다. 그림 16, 17은 17" 평면모니터의 파형과 고조파 성분을 보여 주고 있다.

그림 18은 냉장고의 파형을 나타내고 있다. 60Hz 정현파의 형태를 따라가고 있는 것을 알 수 있으며 3고조파가 섞여 있는 것을 그림 19를 통해서 알 수 있다.

전자레인지와 어댑터의 경우는 3, 5고조파가 많이 섞여 있는 것을 알 수 있으며, 그림 20, 21은 전자레인지의 파형과 고조파 성분을 보여 주고 있다.

컴퓨터와 사무용 복합기의 경우 1mG 이하의 낮은 자계가 측정 되었다. 파형의 왜곡이 심하고, 상당히 많은 고조파 성분이 포함되어 있었다. 그러나 이 경우는 자계가 매우 낮아 큰문제가 아님을 알 수 있었다.

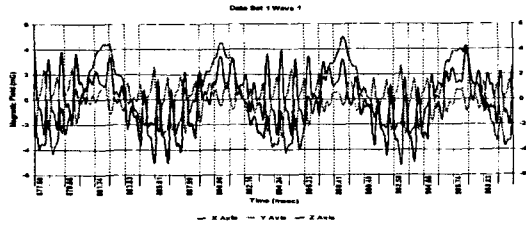


그림 8. Hair dryer의 파형
Fig. 8. Magnetic field waveform of a hair dryer

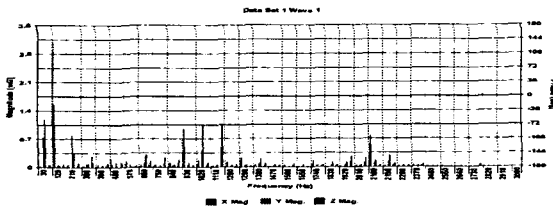


그림 9. Hair dryer의 FFT파형
Fig. 9. Magnetic field FFT waveform of a hair dryer

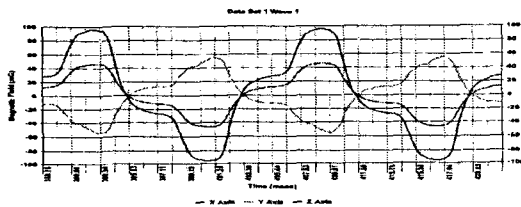


그림 10. 진공청소기의 파형
Fig. 10. Magnetic field waveform of a vacuum cleaner

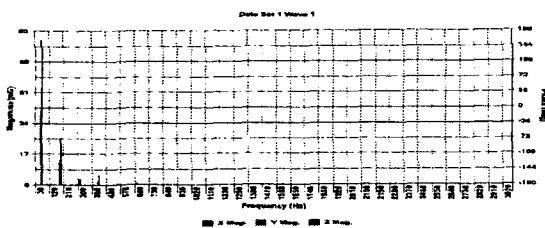


그림 11. 진공청소기의 FFT파형
Fig. 11. Magnetic field FFT waveform of a vacuum cleaner

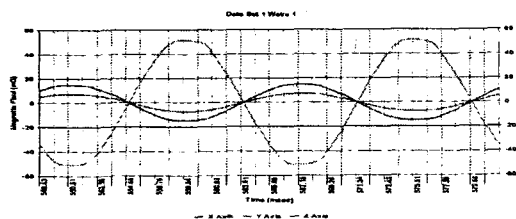


그림 12. 전기히터의 파형
Fig. 12. Magnetic field waveform of an electric heater

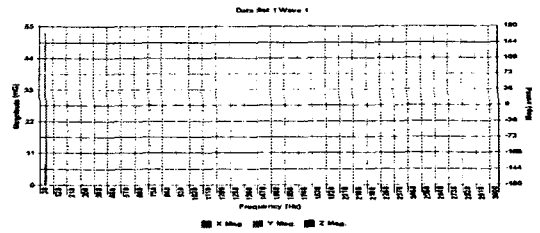


그림 13. 전기히터의 FFT파형
Fig. 13. Magnetic field FFT waveform of an electric heater

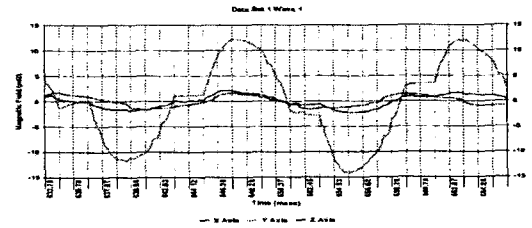


그림 14. 빔프로젝터의 파형
Fig. 14. Magnetic field waveform of a beam projector

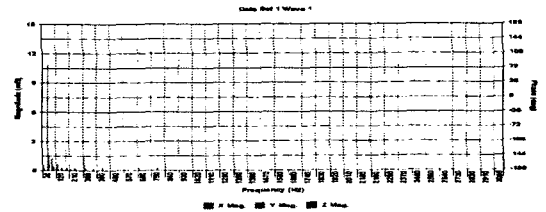


그림 15. 빔프로젝터의 FFT파형
Fig. 15. Magnetic field FFT waveform of a beam projector

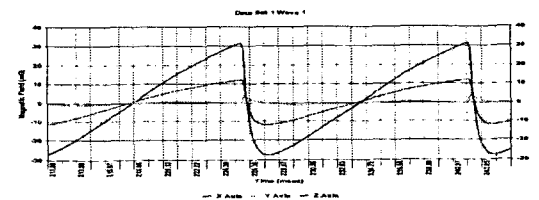


그림 16. 평면모니터(17")의 파형
Fig. 16. Magnetic field waveform of a 17" CRT

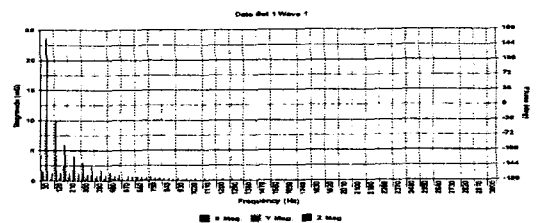


그림 17. 평면모니터(17")의 FFT파형
Fig. 17. Magnetic field FFT waveform of a 17" CRT

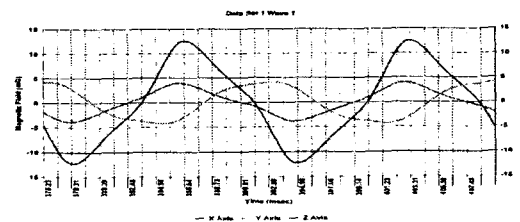


그림 18. 냉장고의 파형
Fig. 18. Magnetic field waveform of a refrigerator

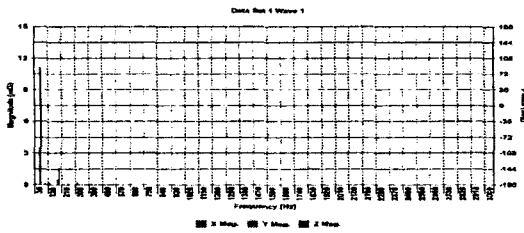


그림 19. 냉장고의 FFT파형
Fig. 19. Magnetic field FFT waveform of a refrigerator

에서 나타낸 추정자계 값에 이용된 등가 자계 다이폴 모멘트 값이다. m_i 는 상용주파수 성분의 등가 자계 다이폴 모멘트 값이며, M 은 고조파를 고려한 자계가 생물에 미치는 영향을 정량적으로 보여 주는 값이다. 또한, α_i 는 30[Hz]를 기준으로 하였을 때 정수배 주파수의 자계 다이폴 모멘트의 비율을 의미한다.

사용전력 값이 크거나 m 값이 큰 기기라 해도 M 값이 커지는 것이 아니라는 것을 표 1을 통해 알 수 있었으며, 이는 고조파 성분이 많이 포함되어 있는 기기가 대체로 M 값이 크게

표 1. 측정기기별 추정 등가 자계 다이폴 모멘트 및 상관계수

Table. 1. Estimated equivalent magnetic dipole moments and interaction parameters for examined electrical appliances

	실험대상	전류 (A)	전력 (W)	Magnetic Dipole			Fraction of the i th harmonic(α_i)														
				$m(A \cdot m^3)$	$m(A \cdot m^3)$	$M(A \cdot m^3/S)$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	LCD(17")	0.25	55	0.0075	0.001313	114.2	14.19	0.51	0.53	0.48	13.28	0.57	0.56	0.63	12.2	0.72	0.60	0.72	10.93	0.83	
2	Refrigerator	0.3	69	0.308	0.003813	39.9	81.6	0.74	1.28	0.37	10.75	0.38	0.26	0.21	1.12	0.15	0.13	0.11	0.14	0.10	
3	Iron	5	1100	0.02	0.000605	4.6	69.97	0.73	0.74	0.31	3.70	0.24	0.24	0.16	0.37	0.12	0.12	0.09	0.22	0.12	
4	Slide Projector	3.0	400	5.34	0.049222	782.70	107.92	0.99	0.52	0.56	16.29	0.45	0.27	0.22	2.77	0.19	0.14	0.13	1.12	0.13	
5	Vacuum Cleaner	6	1340	0.5	0.003827	125.0	120.40	0.85	0.52	0.85	37.6	0.84	0.45	0.41	6.34	0.28	0.25	0.43	7.16	0.39	
6	TV(15")	0.27	60	0.83	0.00287	771.07	236.27	0.68	118.88	0.64	78.15	0.57	57.52	0.55	44.88	0.56	36.28	0.53	29.97	0.50	
7	Adapter (12VDC1A), no load	-	12	0.08	0.001108	17.66	69.79	0.67	0.45	0.70	28.16	0.76	0.43	0.39	6.89	0.34	0.22	0.17	0.46	0.13	
8	Adapter (12VDC1A), loaded	0.3	12	0.1	0.001178	20.77	81.23	0.74	0.99	0.84	32.45	0.80	0.43	0.42	8.41	0.38	0.20	0.16	0.58	0.09	
9	Mixer (start)	2.1	280	10.507	0.059	4128.5	152.47	1.660	1.231	2.007	87.269	2.056	1.065	0.964	15.215	0.521	0.853	0.700	8.609	0.621	
10	Mixer (steady state)	1.5	280	10.51	0.082	3976.7	111.81	0.919	0.870	1.482	62.350	1.624	0.780	0.681	10.19	0.568	0.445	0.582	6.283	0.428	
11	Electric Fan	0.2	50	0.02	0.0033	4.9224	7.433	0.277	0.166	0.156	0.598	0.103	0.089	0.096	0.180	0.071	0.060	0.170	0.094	0.035	
12	Microwave oven	6.5	1150	4.81	0.0343	1210.4	128.34	1.270	3.525	1.484	57.543	1.434	3.288	0.693	9.832	0.415	2.433	0.245	2.390	0.237	
13	Toaster	3.4	800	0.17	0.0023	22.41	75.54	0.866	0.724	0.342	1.042	0.255	0.339	0.203	1.006	0.155	0.178	0.140	0.950	0.142	
14	Computer	0.3	163	0.0054	0.0021	24.069	1.707	0.849	0.924	2.056	2.048	0.888	0.453	0.355	0.811	0.335	0.370	0.336	0.661	0.240	
15	Hair dryer	4.3	941.7	0.01	0.0002	38.6	22.37	0.895	33.4	0.805	1.367	0.796	8.958	0.782	0.716	0.941	2.785	1.065	1.057	1.141	
16	Beam project	1.3	292	Unable Estimate			23.84	2.629	1.869	1.425	5.026	0.369	0.369	0.442	2.955	0.643	0.213	0.173	0.810	0.151	
17	CRT 17"	0.45	101.25	0.094	0.028	252.3	5.47	7.75	3.313	9.649	2.253	5.358	6.715	3.282	8.128	2.701	5.672	4.490	2.017	6.756	
18	Heater (sheathed tube)	3.8	843.6	0.172	0.002	21.9	88.93	0.643	0.321	0.233	1.196	0.134	0.119	0.121	1.291	0.097	0.081	0.09	1.006	0.072	
19	Electric pot	8.2	1820	0.033	0.0004	3.96	155.9	2.169	1.470	1.264	7.239	1.104	1.088	0.995	11.36	1.325	1.535	1.427	11.01	2.126	
20	CRT 17"(Flat)	0.7	158.2	0.103	0.006	183.6	21.5	1.060	8.621	1.036	5.205	1.038	3.548	1.049	2.602	0.977	1.892	0.981	1.511	0.926	
21	Over Head Project	2.4	540	Unable Estimate			67.2	0.496	0.372	0.288	8.764	0.209	0.126	0.108	1.705	0.104	0.077	0.075	0.5	0.051	

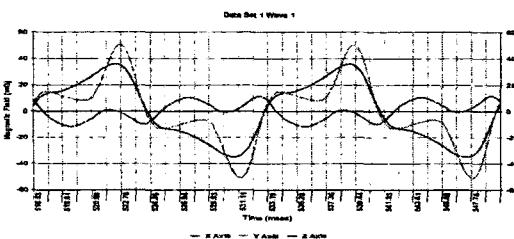


그림 20. 전자레인지의 파형
Fig. 20. Magnetic field waveform of a microwave oven

나오고 있다. LCD 모니터와 냉장고는 추정오차가 커서 Magnetic Dipole의 대표 값을 추정하기 어려워서 다른 측정치와 비교를 위해 평균값으로 표현하였다. Adapter에 부하가 없는 경우는 전류를 측정할 수 없었다.

예로 전기다리미와 진공청소기는 사용전력이 비슷하지만, 고조파 성분을 고려한 자계의 생체 영향을 나타내는 M 은 진공청소기가 전기다리미에 비해 약 27배 커짐을 알 수 있다. 이를 통해 자계의 생체 영향은 단순히 자계의 크기 뿐만 아니라 고조파 성분의 함유 비율도 고려해야 함을 알 수 있었다. 또한, 믹서의 기동시와 정상시의 등가 자계 다이폴 모멘트 m 이 거의 같을 지라도 고조파 성분을 고려한 자계의 생체 영향을 나타내는 M 은 기동시가 정상시보다 약 4% 더 큼을 알 수 있었다.

따라서 자계가 생체에 미치는 영향은 자계의 크기뿐만 아니라 고조파 성분의 함유비율도 고려해야 함을 알 수 있었다.

3. 결 론

(1) 본 방법을 이용하면 등가 자계 다이폴 모멘트의 원점을 손쉽게 설정하여 임의의 점의 자계를 추정할 수 있음을 알았고, 측정 자계와 추정 자계의 오차도 대부분의 가전기기의 자계분포가 점선 그래프 안쪽에 분포하고 있어서 6dB의 오

그림 21. 전자레인지의 FFT파형
Fig. 21. Magnetic field FFT waveform of a microwave oven

2.2.3. 데이터 분석

표 1에서 전류는 기기에 전원을 공급했을 때 전원선에 흐르는 전류를 측정하는 것이다. m 은 그림 1에서 7까지의 그래프

차범위 안에 있었다.

(2) 빔 프로젝터, LCD 모니터, 냉장고, OHP, 컴퓨터, 복합기의 경우는 복잡한 내부구조로 인해 자계 발생원이 넓게 퍼져 있었고 OHP의 경우는 사용하고 있는 할로겐 램프의 방전 특성으로 인해 등가 자계다이폴 모멘트를 추정하기 힘들었고 추정자계의 오차도 매우 커서 추정방법을 달리해야 함을 알았다.

(2) 다기능 복합기의 경우는 복사, 인쇄, 팩스의 기능을 사용하지 않고 전원만 인가하여도 등가 자계 다이폴 모멘트의 중심 위치가 계속 변동하여 중심위치를 추정하기 어려워서 자계분포를 나타낼 수가 없었다. 따라서 추정 방법을 달리해야 함을 알았다.

(3) 본 연구에서 가장 특이한 기기는 전기믹서로 자계의 크기가 기본파가 132.9mG, 제 3 고조파가 76.3mG, 제 5 고조파가 13.3mG, 제 7 고조파가 7.5mG, 제 9 고조파가 2.9mG로 기수 고조파를 많이 포함하고 있어, 많이 왜곡된 250mG 정도의 파형으로, 측정된 기기중에 가장 높은 값을 보이고 있었다. 따라서, 이와 같은 큰 값이 믹서의 기동전류 특성에 의해서 나타나는 것으로 생각되어 기동시와 정상시를 구분하여 전원전류와 자계특성을 측정하였다. 이 결과로부터 전류는 약간의 차이가 있었으나, 자계분포는 크게 다르지 않아 전류 크기에 비해 전기 믹서의 주변자계가 다른 기기에 비해 큰 원인은 밝혀지지 못해 계속 연구해야 할 것으로 생각된다.

(4) 전기다리미와 진공청소기는 사용전력이 비슷하지만, 고조파 성분을 고려한 자계의 생체 영향을 나타내는 M은 진공청소기가 전기다리미에 비해 약 27배 커짐을 알 수 있다. 이를 통해 자계의 생체 영향은 단순히 자계의 크기 뿐 만 아니라 고조파 성분의 함유 비율도 고려해야 함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] W. T. Kaune, L. E. Zaffanella: "Analysis of magnetic fields produced far from electric power lines", IEEE Trans on Power Delivery, 7, 4, 2082-2091(1992).
 [2] W.T.Kaune: "Rate of occurrence of transient magnetic field events in U.S. residences", Bioelectromagnetics, 21, pp. 197-213(2000).
 [3] M. A. Stuchly, D. W. Lecuyer, R. D. Mann: "Extremely low frequency electro magnetic emissions from video display terminals and other devices", Health Physics, 45, 3, pp. 713-722(1983).
 [4] J. R. Gauger: "Household appliance magnetic field survey", IEEE Trans. Power Apparatus and systems, 104, 9, pp. 2436-2444(1985-9).

[5] M. Silva, N. Hummon, D. Rutter, C. Hooper: "Power frequency magnetic fields in the home", IEEE Trans. Power Delivery, 4, 1, pp. 465-478(1989).
 [6] J. Randa, D. Gilliland, W. Gjertson, W. Lauber, M. McInerney: "Catalogue of electromagnetic environment measurements, 30-300Hz", IEEE Trans. Electro-magnetic Compatibility, 37, 1, pp. 26-33(1995).
 [7] D. L. Mader, S. B. Peralta: "Residential exposure to 60-Hz magnetic fields from appliances", Bioelectromagnetics, 13, pp. 287-301(1992).
 [8] L.E. Zaffanella, T. P. Sullivan, I. Visintainer: "Magnetic field characterization of electrical appliances as point sources through in situ measurements", IEEE Trans. Power delivery, 12, 1, pp. 443-450(1997)
 [9] S. Tofani, P. Ossola, G. D'Amore, L. Anglesio, M. Kanda, D. R. Novotny: "A three-loop antenna system for performing near-field measurements of electric and magnetic fields from video display terminals", IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, 38, 3, pp. 341-347(1996).
 [10] International Electrotechnical Commission(IEC): "Measurement of low frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings-Special requirements for instruments and guidance for measurement", IEC Std. 61786(1998).
 [11] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection(ICNIRP): "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields(up to 300 GHz), Health Physics, 74, 4, pp. 494-855(1998).
 [12] National Radiological Protection Board's Statement, Doc. NRPB 4, 5, pp. 7-65(1993).
 [13] K. Jokela: "Measurement and compliance with standards", in R. Matthes Ed. "Health effects of electromagnetic fields in the frequency range 300Hz to 10MHz", ICNIRP Publication, pp. 217-229(1999).
 [14] J. D. Bowman: "Measuring multifrequency magnetic fields for exposure assessment based in induced body currents", Appl. Occup. Environ. Hyg., 10, 7, pp. 628-634(1995).
 [15] P. J. Chadwick: "Occupational exposure to electromagnetic fields. Practical application of NRPB guidance", NRPB-R301(1998).
 [16] 주문노, 양광호, 명성호, 민석원, "가전기기에서 발생되는 극저주파 과도자계 예측기법 연구", 대한전기학회 논문지 B, 51B권 11호, pp. 616-621, 2002.

저 자 소 개



민 석 원(閔錫源)

1958년 1월 3일생. 1981년 서울대 공대 전기 공학과 졸업. 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1984년~1991년 한전 기술연구원 계통연구실 근무. 1996년~1997년 일본 교토대학 방문교수. 현재 순천향대학교 정보 기술공학부 교수

Tel : 041-530-1338

Fax : 041-530-1548

E-mail : swonmin@sch.ac.kr



송 기 현(宋棋鉉)

1974년 5월 27일생. 2000년 순천향대 공대 전기공학과 졸업. 2002년 동 대학원 전기 공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

Tel : 041-530-1338

Fax : 041-530-1548

E-mail : songkha@nate.com



양 광 호(梁光鎬)

1957년 11월 16일생. 1981년 충북대 전기공학과 졸업. 1986년 성균관대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1986년~현재 한국전기연구원 전력연구단 전기환경·송전연구그룹 책임연구원, Technical Leader (전력설비 환경친화 설계기술 분야). 1999년도 대한전기학회 및 2000년도 한국과학기술단체총연합회 우수논문상 수상. KIEE, IEEE 정회원.

Tel : 055-280-1322

Email : khyang@keri.re.kr



주 문 노(朱玟魯)

1968년 7월 7일생. 1994년 인하대 환경공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년~현재 한국전기연구원 전력연구단 전기환경·송전연구그룹 선연구원.

Tel : 055-280-1324

Email : mnju@keri.re.kr