

가정 · 사무용 기기의 고조파 전류 측정

○서장철*, 강용철*, 김성수*, 남순열*, 박종근* 명성호** 강영석***, 최효열***
* 서울대학교 전기공학부 ** 한국전기연구소 *** 한국전력공사 전력연구원

The Measurement of the Harmonic Currents in the Household & Office Appliances

○J.C.Seo*, Y.C.Kang*, S.S.Kim*, S.R.Nam*, J.K.Park* S.H.Myoung** Y.S.Kang***, H.Y.Choi***
* Seoul National University ** Korea Electrotechnology Research Institute *** Korea Electric Power Research Institute

Abstract

This paper reports the measurement results of the harmonic currents in the household and office appliances. The harmonic currents of 10 items are measured up to 20th order using the no distortion source. These results can be used as a raw data in determining the harmonic current limit in the household and office appliances.

1. 서론

현재 경제 및 사회 전반에 걸쳐 전기 에너지에 대한 의존도가 심화되고 있어 양질의 전력에 대한 필요와 요구가 급격히 증대하고 있다. 고조파는 전력 계통내에 존재하는 공해와 같은 것으로 전력의 질을 떨어뜨릴 뿐아니라 각종 사고 및 장애의 원인이 된다[1,2].

나날이 사용이 증가하고 있는 가정, 사무용 기기는 접속되어 있는 계통에 고조파를 유출할 수 있다. 이 기기들은 그 용량이 적어 하나의 기기에서 발생하는 고조파 전류는 적지만, 최근 그 대수가 증가하여 계통 전체에서 볼 때는 그 크기가 상당히 크며, 이로 인해 이들 기기에서 유출되는 고조파에 의한 전력계통의 사고 및 장애 가능성이 갈수록 커지고 있다. 따라서 이들 기기로부터 계통내에 유입되는 고조파의 양을 적정 수준 이하로 억제, 관리할 필요가 있다[2].

이들 기기의 고조파 발생량을 억제하기 위하여 미국, 유럽, 일본 등에서는 가정, 사무용 기기들의 고조파 유출 전류 한계치를 권고안 형태로 규정하고 있다[3,4]

본 논문에서는 현재 우리나라에서 가장 많이 사용되고 있는 가정, 사무용 기기 10품목의 고조파 전류 측정 결과를 분석하였다. 또 같은 기기를 여러 대 접속하여 그 중첩 계수를 알아 보았다.

본 측정 결과는 우리나라에서 가정, 사무용 기기의 고조파 유

출 전류 한계치를 결정할 때 하나의 기초 자료로서 참고할 수 있을 것이다. 또한 본 연구에서 구한 중첩 계수는 배전 계통에서의 고조파 분포 계산 프로그램 작성시 참고할 수 있다..

2. 측정용 전원

측정용 전원의 전압파형 왜곡은 측정 전류 왜곡에 직접적인 영향을 준다. 측정전류는 왜곡 전압에 기인한 왜곡 전류와 기기의 동작에 의해 발생하는 왜곡 전류의 벡터합이고 각 차 고조파에 있어서도 마찬가지이다. 그러나 이것들을 분리하는 것은 극히 곤란하므로 왜곡이 작은 전원을 사용하는 것이 현실적이다. 따라서 IEC 등에서는 가정, 사무용 기기의 고조파 전류를 측정할 때 필요한 측정용 전원의 조건을 상당히 엄격하게 규정하고 있다[3,4].

따라서 본 연구에서는 측정할 가정, 사무용 기기에 깨끗한 전원을 공급하기 위해 일본 Fujitsu 사의 multi mode power source인 M²PS 2000 모델을 사용하였다. 이 AC power supply는 무부하시 전압 변동율 0%, 부하 연결시 0.5%이내, 주파수 변동율이 거의 없는 우수한 기기이다. 또 이 전원의 고조파 함유율은 총 전압 왜형율 0.1%로 해외 문헌에 규정되어 있는 측정용 전원 조건을 만족시켰다.

3. 측정 대상 품목

가정, 사무용 기기의 고조파 유출 전류 측정을 위하여, 현재 가장 광범위하게 사용되고 있고 IEC 등의 해외 규격에서 측정 대상 품목으로 많이 사용하는 10 품목을 선정하였다. 선정된 10 품목은 다음과 같다.

○ TV

- ㉒ VTR
- ㉓ 컴퓨터
- ㉔ 복사기
- ㉕ 오디오 앰프
- ㉖ 전자 레인지
- ㉗ 에어컨
- ㉘ 세탁기
- ㉙ 소형 일반 조명 기기
- ㉚ 소형 전자식 조명 기기

4. 측정 결과

4.1 개별 기기의 고조파 전류

무예곡 전원을 사용하여 가정, 사무용 기기를 측정한 결과를 표 1에 나타내었다. 측정된 10 품목의 측정 용량과 60Hz 기본 전류에 대한 각 고조파 전류의 비, 20 차까지의 고조파 전류 크기를 수록하였다. 측정용량에 기록되어 있는 전류값은 기본 전류의 크기이다. 10 품목중 소형 일반 조명기기에는 형광등 스탠드를 사용하였고, 소형 전자식 조명기기에는 인버터 스탠드를 사용하였다. 그리고 모든 기기들의 정격 전압은 220 V이다.

표 1 가정, 사무용 기기의 고조파 전류 측정 결과

제품명	세탁기		오디오 앰프		에어컨		VTR		TV		
	220V, 1.69A, 338W		220V, 0.14A, 17.84W		220V, 2.52A, 522.5W		220V, 0.06A, 13.825W		220V, 0.31A, 68.17W		
측정 항목	전류(Arms)	비(%)	전류(Arms)	비(%)	전류(Arms)	비(%)	전류(Arms)	비(%)	전류(Arms)	비(%)	
고조파	1	1.69	100	0.14	100	2.52	100	0.06	100	0.31	100
	3	0.29744	17.6	0.04438	31.7	0.1449	5.75	0.06294	104.9	0.294035	94.85
	5	0.07943	4.7	0.05026	35.9	0.06678	2.65	0.05814	96.9	0.26474	85.4
	7	0.02535	1.5	0.0287	20.5	0.04032	1.6	0.05433	90.55	0.231105	74.55
	9	0.00845	0.5	0.02436	17.4	0.01134	0.45	0.04824	80.4	0.18941	61.1
	11	0.01352	0.8	0.01463	10.45	0.00504	0.2	0.04155	69.25	0.14415	46.5
	13	0.00338	0.2	0.00798	5.7	0.00126	0.05	0.03459	57.65	0.100595	32.45
	15	0.00169	0.1	0.00245	1.75	0	0	0.02856	47.6	0.06169	19.9
	17	0.00169	0.1	0.00392	2.8	0	0	0.02256	37.6	0.02976	9.6
	19	0	0	0.00338	2.4	0	0	0.01608	26.8	0.00589	1.9
	2	0.00338	0.2	0.00357	2.55	0.15624	6.2	0.0015	2.5	0.006975	2.25
	4	0.00169	0.1	0.0028	2	0.0126	0.5	0.00141	2.35	0.00899	2.9
	6	0	0	0.00063	0.45	0.02698	1.15	0.00144	2.4	0.00744	2.4
	8	0	0	0.00126	0.9	0.00882	0.35	0.00099	1.65	0.0062	2
	10	0	0	0.00133	0.95	0.0063	0.25	0.00123	2.05	0.00496	1.6
	12	0	0	0.00133	0.95	0.00126	0.05	0.00111	1.85	0.004185	1.35
	14	0	0	0.00119	0.85	0	0	0.00054	0.9	0.00217	0.7
	16	0.00169	0.1	0.00084	0.6	0	0	0.00099	1.65	0.002945	0.95
	18	0	0	0.00119	0.85	0	0	0.00111	1.85	0.00186	0.6
	20	0	0	0.00119	0.85	0	0	0.00072	1.2	0.002325	0.75
제품명	복사기		컴퓨터		전자 레인지		인버터 스탠드		형광등 스탠드		
측정 용량	220V, 4.695A, 1023.5W		220V, 0.48A, 105.7W		220V, 6.205A, 1339.5W		220V, 0.095A, 20.71W		220V, 0.26A, 14.4W		
측정 항목	전류(Arms)	비(%)	전류(Arms)	비(%)	전류(Arms)	비(%)	전류(Arms)	비(%)	전류(Arms)	비(%)	
고조파	1	4.695	100	0.48	100	6.205	100	0.095	100	0.26	100
	3	0.8192775	17.45	0.45408	94.6	2.17175	35	0.09424	99.2	0.01326	5.1
	5	0.7488525	15.95	0.40848	85.1	0.663935	10.7	0.085405	89.9	0.00182	0.7
	7	0.66669	14.2	0.35472	73.9	0.192355	3.1	0.0764275	80.45	0.00221	0.85
	9	0.5563575	11.85	0.2916	60.75	0.0837675	1.35	0.0683575	69.85	0.00117	0.45
	11	0.45072	9.6	0.22224	46.3	0.080685	1.3	0.0560025	58.95	0.00065	0.25
	13	0.333345	7.1	0.15576	32.45	0.055845	0.9	0.0468825	49.35	0.00169	0.65
	15	0.230055	4.9	0.09888	20.6	0.0341275	0.55	0.0368125	38.75	0.0013	0.5
	17	0.14085	3	0.05112	10.65	0.0279225	0.45	0.0304	32	0.00078	0.3
	19	0.07512	1.6	0.018	3.75	0.0217175	0.35	0.02584	27.2	0.00065	0.25
	2	0.0117375	0.25	0.00288	0.6	0.5801675	9.35	0.00304	3.2	0.00364	1.4
	4	0.00939	0.2	0.00288	0.6	0.1085875	1.75	0.001425	1.5	0.00104	0.4
	6	0.0070425	0.15	0.00192	0.4	0.0961775	1.55	0.00228	2.4	0.00117	0.45
	8	0.00939	0.2	0.00432	0.9	0.01241	0.2	0.0010925	1.15	0.00091	0.35
	10	0.0070425	0.15	0.00384	0.8	0.0093075	0.15	0.00076	0.8	0.00065	0.25
	12	0.0023475	0.05	0.0036	0.75	0.01241	0.2	0.0006175	0.65	0.00117	0.45
	14	0	0	0.00312	0.65	0.006205	0.1	0.0013775	1.45	0.00104	0.4
	16	0	0	0.00096	0.2	0.006205	0.1	0.0007125	0.75	0.00065	0.25
	18	0	0	0.0012	0.25	0	0	0.0009025	0.95	0.00052	0.2
	20	0	0	0.00048	0.1	0	0	0.00171	1.8	0.00104	0.4

이러한 측정 결과를 토대로 개별 기기의 고조파 전류의 특징을 분석해 보면 다음과 같다.

① TV, VTR, 컴퓨터, 인버터 스탠드의 기본 전류에 대한 고조파 전류의 비는 다른 기기들에 비해 훨씬 컸다. 이러한 결과가 나오게 된 가장 큰 이유는 이 기기들이 부품 구성에 있어 다른 기기들에 비해 상대적으로 기계적인 부분이 적고 전자적인 부분이 많다는 것을 들 수 있을 것이다. 그렇지만 이 4 기기 모두 그 기본 전류의 크기가 0.5A 이하로 상당히 작다. 예를 들어 4 기기중 기본 전류의 크기가 제일 큰 컴퓨터조차 3차 고조파 전류의 크기가 0.46A 이하이다. 이에 반해 비록 그 비는 작지만 기본 전류의 크기가 4.5A 가 넘는 전자 레인지, 복사기 등은 다른 기기들에 비해 전원에서 유입되는 고조파 전류가 훨씬 크다. 예를 들어 전자 레인지의 3차 고조파 전류의 크기는 2.17A 이었다.

② 세탁기의 경우 그 작동 상태에 따라 고조파 전류가 현격한 차이를 보였다. 즉 모터가 동작할 때는 그 소비전력도 훨씬 크고 많은 양의 고조파 전류를 발생시키지만 모터가 동작하지 않을 때는 소비전력도 적을 뿐만 아니라 적은 양의 고조파 전류를 발생시켰다. 따라서 측정시 많은 주의를 요하였다. 본 연구에서는 모터가 동작하여 소비전력이 클 때 측정하였다.

③ 표 1에서 확인할 수 있는 것처럼 대부분의 고조파 전류는 기수조파가 우수조파에 비해 훨씬 큰 값을 가지고 있고, 3차 고조파 전류가 가장 크고 차수가 높아 질수록 감소한다.

④ 본 연구에서 측정된 10 품목 중 IEC에서 가정, 사무용 기기의 고조파 전류 한계값을 규정하면서 분류한 기기에 속한 기기는 TV, 컴퓨터, 전자 레인지, 세탁기 등 4 품목이다[3]. 이 4 품목의 고조파 전류 발생량과 IEC의 한계값을 비교해보면, 전자 레인지를 제외한 3 품목은 한계값 이하이다. 전자 레인지의 경우 2차, 3차, 5차 고조파 전류의 크기가 한계값을 초과하였다.

4.2 중첩 계수

일반적으로 여러 대의 기기를 배전 계통에 접속할 때 전압으로 유입되는 고조파 전류는 개별 기기가 접속되어 있을 때의 고조파 전류의 단순 합보다 작은 것으로 알려져 있다. IEC 등의 여러 문헌에 의하면 중첩 계수는 다음과 같이 정의된다[4].

$$\text{중첩계수} = (\text{여러대를 동시 접속했을 때의 전원측 전류}) + (\text{개별 기기가 접속된 경우의 전류의 단순합})$$

일반적으로 같은 기기를 여러 대 연결하였을 경우에 차수에 따른 중첩 계수의 경향이 나타난다고 알려져 있으므로 본 연구에서는 컴퓨터 5 대를 한꺼번에 연결하여 그 중첩 계수를 알아 보았다. 측정된 결과와 중첩 계수는 표 2 과 같다.

표 2 컴퓨터 5 대 연결시 중첩 계수

항목	동시 접속(Arms)	단순합(Arms)	중첩 계수
	1	2.4	1
고	3	2.1984	0.97
	5	1.9128	0.94
	7	1.5576	0.88
	9	1.1664	0.8
조	11	0.78	0.7
	13	0.4536	0.59
	15	0.2112	0.43
파	17	0.0912	0.37
	19	0.1056	1.22
	2	0.0168	1.17
	4	0.0144	1.5
차	6	0.012	2.5
	8	0.012	0.5
	10	0.012	0.56
	12	0.0096	0.5
	14	0.0096	0.44
	16	0.0048	0.5
	18	0.0048	1
	20	0.0024	0.5

관심있는 고조파 차수인 3 차부터 11 차까지의 기수조파의 경우 모두 중첩 계수가 1 보다 작은 값을 보였고, 차수가 높아 질수록 그 값이 작아지고 있음을 표 2 에서 확인할 수 있다.

5. 결론

가정, 사무용 기기 10 품목의 고조파 전류 측정 결과를 분석하였다. 측정 결과 IEC 고조파 전류 한계값 규제 품목중 하나인 전자 레인지가 그 한계값을 초과하고 있음을 확인할 수 있었다.

기기를 여러 대 연결했을 경우의 고조파 전류 유출 특성을 알아 보기 위하여 컴퓨터 5 대를 연결하여 그 전류값을 측정하였다. 측정을 통해 구한 중첩계수는 1 보다 작은 값을 가지며, 차수가 높아 질수록 작아지는 특성을 보였다.

6. 참고 문헌

- [1] "전력계통의 고조파 대책 연구", 한국전력공사 기술연구원, 1987
- [2] "배전 계통의 고조파 관리기준에 관한 연구", 한국전력공사 전력연구원, 1996
- [3] "Disturbances in Supply Systems caused by Household Appliances and Similar Electrical Equipment", IEC Draft 1, 1982.7
- [4] "電力系統における高調波とその対策", 電氣協同研究 제 46 권 제 2 호, 1990.6