

온라인 전기자동차 시스템의 고조파 및 고주파가 배전계통에 미치는 영향에 관한 연구

Effect of Harmonics and High-Frequency on OLEV System in Distribution Power System

최 성 호* · 허 재 선* · 한 운 기** · 김 재 철†
(Seong-Ho Choi · Jae-Sun Huh · Woon-Ki Han · Jae-Chul Kim)

Abstract - Recently, various measures have been discussed for overcoming depletion of fossil fuels and environmental pollution. One of the measures is electric vehicles. But electric vehicles has some limitations from high cost of battery and low efficiency, so operation distance of electric cars is limited. Also there are difficulties that charging lines should be connected by an electric car whenever it charges. Thus, many studies have been conducted to overcome the limitation using conventional batteries of electric vehicles. As a result, the OLEV(On-Line Electric Vehicle) was developed. But the OLEV system is some limitations. The OLEV system causes power quality problems when it charges. Power quality problem cannot be ignored because OLEV systems are closely connected by distribution grids. In this paper, the OLEV system is designed by using PSCAD/EMTDC, and the power quality is measured and evaluated. Power quality is divided by two cases; harmonics and high-frequency. Harmonics were evaluated according to IEEE Std. 519-1992. But the evaluation of High-frequency could not take it because there was no standard. For this reason, the data measured by OLEV system was compared with the EN50065 regulation.

Key Words : OLEV, On-line electric vehicles, Power quality, Harmonics, High-frequency analysis

1. 서 론

화석연료의 고갈과 환경오염에 대한 걱정 때문에 세계적으로 이에 대한 대책이 논의 되고 있으며 다양한 대책 중 하나로 전기자동차가 있다. 그러나 전기자동차에 쓰이는 배터리가 비용이 높고 효율이 높지 않아 전기자동차의 운행거리에는 한계가 있다. 또한 충전소가 많지 않고 충전시 충전선을 전기자동차에 접촉시켜야 하는 불편 등이 존재한다. 따라서 기존 배터리를 사용하는 전기자동차에 대한 한계를 극복하기 위한 연구가 진행되었고 그 결과로 온라인 전기자동차가 개발되었다. 온라인 전기자동차는 배터리용량을 기존 전기자동차의 1/3~1/5정도로 축소하였으며 급전레일과 집전장치를 이용하여 도로에서 차량으로 무선으로 전력을 전송한다[1]. 온라인 전기자동차는 이러한 기술의 적용으로 앞서 언급하였던 배터리 충전식 전기자동차의 단점을 보완하였다. 그러나 온라인 전기자동차는 무선으로 전력을 전달하기 위하여 직렬 공진형 인버터를 사용하고 이때 전력품질 문제를 발생시킨다. 전력품질 문제는 주변설비 및 배전계통에 다양한 영향을 미칠 수 있다. 또한 전력품질 문제는 배

전계통뿐만 아니라 경제적으로 막대한 손실과 큰 불편을 초래 할 수 있다. 일례로 전력품질의 문제는 가정용 또는 산업용을 비롯한 다양한 분야에서 사용되는 전기기기들의 수명을 단축하는 부정적인 효과를 발생시킨다. 따라서 전력품질의 정확한 측정과 평가가 필요하며 그에 따른 대책이 반드시 필요하다[2]. 온라인 전기자동차 시스템은 배전계통에 연계되어 있지만 항상 동작하는 것이 아니며 전력품질 문제는 온라인 전기자동차의 충전 시에만 발생하므로 이에 대한 대책이 필요하다. 온라인 전기자동차는 일반적인 부하가 아닌 20[kHz]의 고주파를 사용하는 시스템이므로 고주파에 대한 분석 및 평가가 이루어져야 한다.

2. 온라인 전기자동차

2.1 On-Line Electric Vehicles의 원리

OLEV 시스템은 그림 1과 같이 인버터를 통하여 20[kHz],



그림 1 OLEV 시스템의 원리
Fig. 1 OLEV system principle

* Dept. of Electrical Engineering, Soongsil University, Korea

** Korea Electric Safety Corporation, Korea

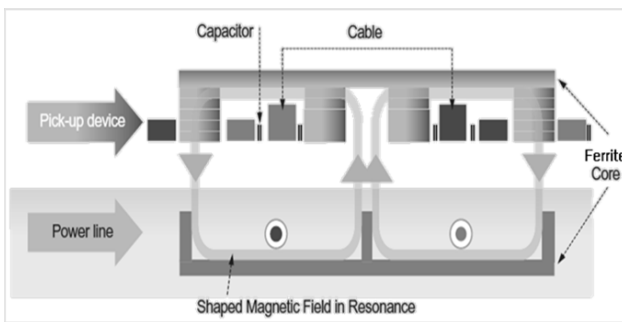
† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Soongsil University, Korea

E-mail : jckim@ssu.ac.kr

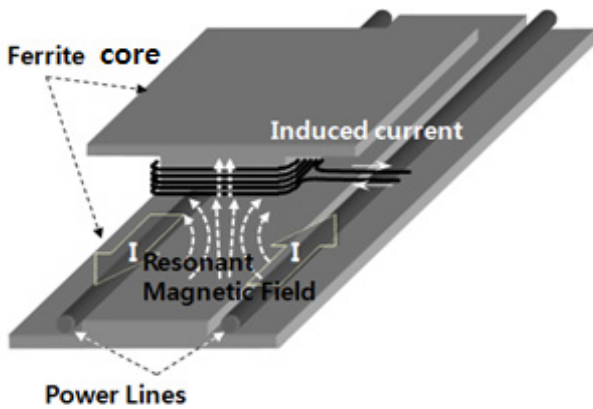
Received : December 2, 2013; Accepted : May 15, 2014

200[A]의 고주파 전류를 급전레일에 흘려준다. 이때 흐르는 전류에서 자기장이 형성되며 버스하부에 설치된 집전장치를 이용하여 전기에너지형태로 변환된다[3].

자기공진 형상화 기술은 주행 및 정차 중에 무선으로 대용량의 에너지를 안전하게 전달할 수 있는 기술이며 자기공진 형상화 기술을 통하여 도로에 매설된 전선에서 발생하는 자기장형태의 에너지를 차량하부에 설치된 집전장치를 통해 효율적으로 모아 전기에너지로 변환하여 차량운행에 필요한 에너지를 높은 효율로 전달할 수 있다. 그림 2는 도로에 매설된 급전레일과 차량하부에 설치된 집전장치를 나타내고 있다. 순환하는 화살표는 도로에 매설된 급전레일위의 리츠 케이블에 전류를 흘려 발생하는 자기장을 나타내며 이때 자기장이 집전장치에 전달되어 에너지형태로 변형되는 현상(자기공진 형상화 기술)을 설명하는 그림이다[3-4].



(a)



(b)

그림 2 자기공진 형상화 기술 (a) 단면도 (b) 사시도

Fig. 2 Shaped magnetic field resonance

(a) cross-sectional view (b) perspective view

OLEV시스템에 사용되는 정류기는 사이리스터 소자를 사용하는 6-pulse시스템이다. 사이리스터 소자는 내구성이 강하며 다른 전력전자소자에 비해 경제적으로 유리한 장점이 있다[5]. 6-pulse시스템은 전력품질 문제에는 취약하나 12-pulse시스템이나 18-pulse 또는 24-pulse시스템에 비하여 변압기를 비롯한 주변설비의 증설이 필요하지 않아 경제적이며 설치 면적을 줄일 수 있다는 장점이 있다[6-7]. 이러한 6-pulse 시스템의 동작 시 발생하는 전형적인 고조파 문제

에 대한 대책이 필요하며 시스템 내부의 L과 C성분에 의한 무효전력문제도 무시할 수 없다. 또한 기존의 상용주파수(60[Hz])가 아닌 20[kHz]라는 고주파를 이용하기 때문에 고주파의 전력품질 문제도 고려해야한다.

2.2 OLEV 시스템의 전력품질 영향

OLEV 시스템에 이용되는 정류기의 전력전자 소자 사용으로 비선형 특성 부하에 의한 고조파가 발생되며 특히 6-pulse 시스템의 특징인 $6n \pm 1$ 의 특정차수의 고조파가 발생된다. 일반적으로 고조파는 변압기 과열, 중성선 과열, 소음 및 진동, 노이즈 등의 현상으로 나타난다. 또한 20[kHz]를 이용하는 시스템이므로 고주파에 대한 영향이 존재할 수 있다. 일반적으로 고주파 잡음형태의 과형은 배전계통에 교란현상을 주며 상용주파수를 방해하고 전자과 장애(Electromagnetic Interference)나 전자과 적합성(Electromagnetic Compatibility)의 문제로 간주하는 것이 일반적이다. 이러한 영향은 전력신호의 미세한 전압변동 및 주파수 변동으로 이어지고 전원고주파 성분의 존재여부나 임펄스에 따라 과도현상과 전기적 잡음, 전력선에 영향을 미치는 외란현상이 나타나며 전력시스템, 계측 및 제어시스템, 유무선 시스템, 고주파 이용설비, 가전기기, 전자기기, 조명 기구 등의 설비 또는 시스템의 정상적인 동작에 장애를 가져온다[8].

2.2.1 고조파 관련 규정

고조파 관련 국외규정은 크게 IEC규정과 IEEE규정으로 나눌 수 있다. 대표적인 IEC규정과 IEEE규정에는 각각 IEC61000-3-6과 IEEE Std. 519-1992가 있다. 본 논문에서는 IEC의 분석방법을 이용하여 분석을 진행하였으며 IEEE Std. 519-1992의 I_{TDD} 와 V_{THD} 평가 지표를 이용하여 측정데이터를 평가하였다. IEEE Std. 519-1992에서 규정하는 I_{TDD} 와 V_{THD} 의 평가 지수는 아래의 표 1, 2와 같다 [9-10].

표 1 IEEE Std. 519-1992 전압고조파 기준치

Table 1 Voltage harmonics limits

	각 고조파 왜형률(%)	전압 왜형률 (THD %)
69 kV 이하	3.0	5.0

표 2 IEEE Std. 519-1992 전류 고조파 기준치

Table 2 Current harmonics limits

I_{sc}/I_L	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
< 20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0

I_{sc} : 단락전류
 I_L : 부하전류
 h : 고조파 차수
 TDD : Total Demand Distortion

2.2.2 고주파 관련 규정

본 논문에서는 고주파 영역을 2.4~150[kHz]까지로 선정하였다. 이는 참고문헌 [11]에서 제안하는 고주파영역에 대한 세계적인 트렌드를 반영하기 위함이다. 세계적으로 전력 전자소자의 발달이 높은 스위칭 주파수를 가능케 하였고 이로 인해 발생하는 고주파 문제를 주목하며 세계적으로 통용되는 규정이 존재하지 않는 2~150[kHz]범위에 대한 측정 및 평가의 필요성을 언급하고 있다[11]. 2[kHz]이상의 범위에 대한 규정을 살펴보면 2~9[kHz]에 해당하는 범위와 관련된 풍력관련규정이 있다. 하지만 풍력관련 규정에는 측정 방법만 제안 되고 있는 상황이며 평가방법은 아직 미비한 상태이다[12]. 따라서 2~150[kHz] 이상에 대한 평가관련 규정이 필요한 실정이다. 참고문헌 [13]에서는 2~150[kHz] 범위에 대한 평가 방법을 유럽에서 사용되는 규정을 통하여 제시하고 있다. 그림 3은 참고문헌 [13]에서 제안하는 평가 기준치이다. 본 논문에서는 고주파 전압의 평가를 IEC 기준에 의거하여 저압설비의 평가를 [dBuV]단위로 하였다. 또한 참고문헌 [13]을 참고하여 PSCAD/EMTDC를 이용한 OLEV 시스템 모델의 시뮬레이션을 통하여 측정된 데이터를 협대역 저압설비에 대한 EN 50065유럽규정과 비교 분석한다[13].

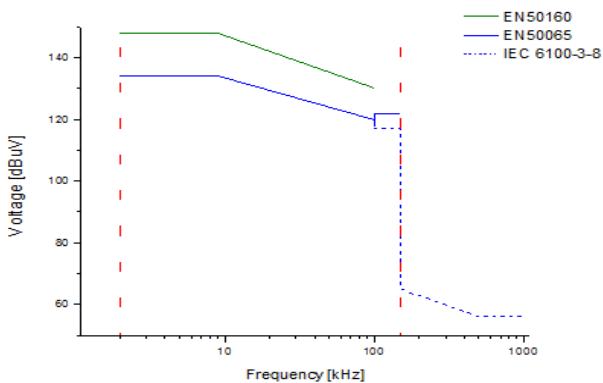


그림 3 협대역 방출 기준
Fig. 3 Narrowband emission standards

3. PSCAD/EMTDC를 이용한 시뮬레이션

3.1 OLEV시스템 모델링

OLEV시스템은 직렬공진 인버터를 이용한 20[kHz] AC전원공급 시스템이다. 60[Hz], 440[V] 전원을 20[kHz] AC전원으로 변환하기 위해 사용된 정류기(rectifier)는 싸이리스터 소자를 이용한 6-pulse 정류기로 모델링하였다. 싸이리스터 소자는 그림 5의 제어회로를 통하여 점호각 제어를 한다. 점호각 제어를 통하여 DC형태의 전력을 얻을 수 있다. 무선으로 전력을 전달하기 위하여 DC전원을 20[kHz] AC전원으로 변환하여야 하며 이때 그림 7의 단상 PWM방식의 인버터 제어 회로를 사용하였다. 마지막으로 선로의 리액턴스와 커패시턴스의 값을 설정하여 20[kHz] 공진회로를 구성하였다. 그림 4는 OLEV시스템의 등가회로이다[14-15].

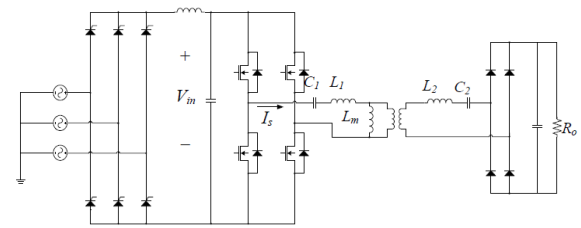


그림 4 OLEV시스템의 등가회로도
Fig. 4 OLEV system equivalent circuit

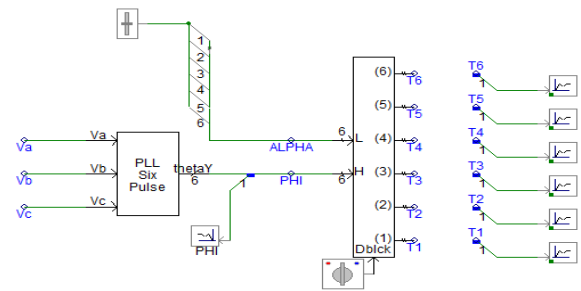


그림 5 PSCAD를 이용한 점호각 제어회로모델
Fig. 5 Firing angle controller model

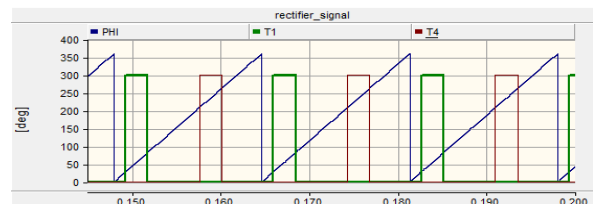


그림 6 싸이리스터 a상 제어 신호(T1,T4)
Fig. 6 Control signal of thyristor phase a

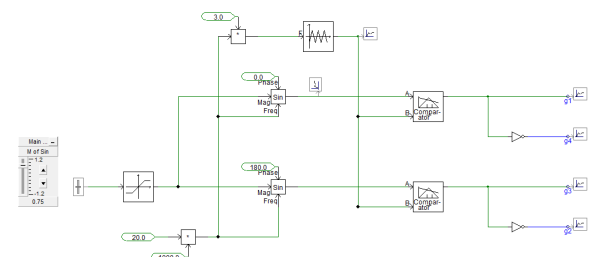


그림 7 PSCAD를 이용한 PWM 제어회로모델
Fig. 7 PWM controller model

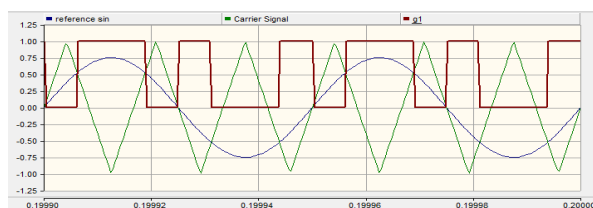


그림 8 PWM 인버터 게이트 제어 신호
Fig. 8 PWM inverter gate control signal

3.2 고조파 필터 설계

OLEV 시스템에서 발생하는 고조파의 경우는 앞서 설명한 6-pulse 정류기 동작에 의하여 특정 차수의 고조파가 발생한다. 본 논문에서는 특정차수의 고조파를 제거하기 위하여 수동필터를 설계하였다. 필터의 설계과정에서 용량 계수 계산은 매우 중요하다. 필터의 용량 계수는 식 (1)~(4)를 통하여 계산된다[16].

$$Q_{Cn} = V_L \times I_n \quad (n = 1, 2, 3 \dots) \quad (1)$$

$$X_{Cn} = \frac{kV^2}{Q_{Cn}} \quad (2)$$

$$X_{Ln} = \frac{X_{Cn}}{n^2} \quad (3)$$

$$R_n = \frac{X_n}{Q} \quad (4)$$

- Q_{Cn} = n번째 차수 고조파의 필터 용량 계수
- V_L = 설치한 필터의 전압
- I_n = n번째 차수 고조파의 전류
- n = 고조파 차수
- X_{Cn} = n번째 차수 고조파에 대한 콘덴서의 리액턴스
- X_{Ln} = n번째 차수 고조파에 대한 인덕터의 리액턴스
- R_n = n번째 차수 고조파의 저항
- X_n = n번째 차수 고조파의 특성 임피던스
- Q = Quality factor

일반적으로 Quality factor의 값은 30~100 사이의 값이 사용된다. 식 (1)~(4)을 통하여 계산된 수동필터의 파라미터는 표 3이다.

표 3 수동필터의 파라미터

Table 3 Passive filter parameters

고조파 차수	필터용량 [MVAR]	L [mH]	C [uF]
5	0.02068	0.994	283.34
7	0.00836	1.254	114.54
11	0.00352	1.206	48.228
13	0.00132	2.302	18.085

3.3 EMI 필터 설계

OLEV시스템은 차량의 충전을 위하여 20 [kHz]의 고주파를 이용한다. 따라서 고조파의 영향을 최소화하기 위하여 본 논문에서는 R과 C로 구성된 EMI 필터를 설계하였다. EMI 필터 설계시 가장 중요한 부분은 차단주파수의 설정이다. 여러 차단주파수를 적용해본결과, 논문에 사용된 OLEV 시스템모델의 고조파를 가장 효과적으로 제거한 차단주파수

가 10 [kHz]이었다. 또한 식 (5)를 이용하여 R과 C의 값을 정하였다. 표 4는 EMI필터의 파라미터 값을 나타낸다.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (5)$$

- f_c = Cut off frequency
- R = Resistance
- C = Capacitance

표 4 EMI 필터의 파라미터

Table 4 EMI filter parameters

Cut off frequency [kHz]	R [ohm]	C [uF]
10	1.59	100

3.4 시뮬레이션 결과

OLEV시스템에서 발생하는 전력품질이 배전계통에 미치는 영향을 분석하기 위하여 그림 9와 같이 PSCAD/EMTDC를 이용하여 간략한 배전계통 및 OLEV시스템을 모델링하였다. 또한 수동필터와 EMI 필터의 적용에 따라 고조파 및 고주파에 대하여 분석을 진행하였다.

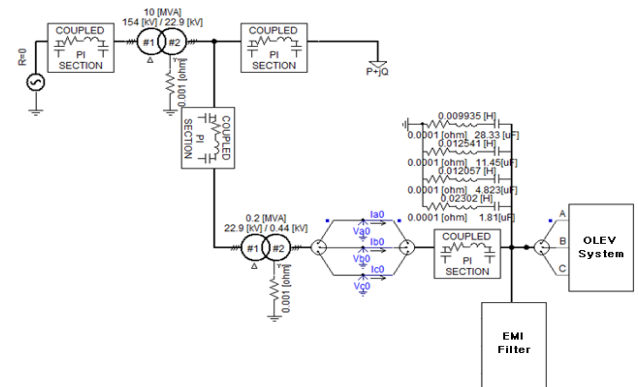


그림 9 PSCAD/EMTDC를 이용한 배전계통 및 OLEV 시스템 모델

Fig. 9 Distribution power system and OLEV system model on PSCAD/EMTDC

3.4.1 고조파에 대한 영향 분석 결과

본 연구에서는 OLEV 시스템에서 발생하는 전력품질 중 가장 심각한 영향분석을 위해 시스템 앞단에서 전력품질을 측정하였다. 필터가 없는 첫 번째 case에 대한 전압과 전류의 측정 파형은 그림 10이다. 그림 10의 전압과 전류 파형에서 OLEV 시스템이 동작할 때 파형의 왜곡이 발생함을 확인 할 수 있다. 그림 12는 측정된 데이터의 전류 파형에 대한 FFT 분석결과이다. FFT 분석결과, 6n±1형태의 전형적인 6-pulse 컨버터에서 발생하는 차수별 고조파가 확인되었다. 특정 차수의 고조파 제거를 위하여 본 논문에서는 경

제성을 갖는 수동필터를 설치하였으며 필터 설치 후 전압과 전류 파형은 그림 10과 같다. 그림 10과 비교하면 전류의 파형이 정현파에 가까워지는 것으로 확인된다. 그림 13은 그림 11의 파형에 대한 FFT 분석결과이며 필터의 동작으로 5, 7, 11, 13차수의 고조파가 제거 된 것을 확인할 수 있다.

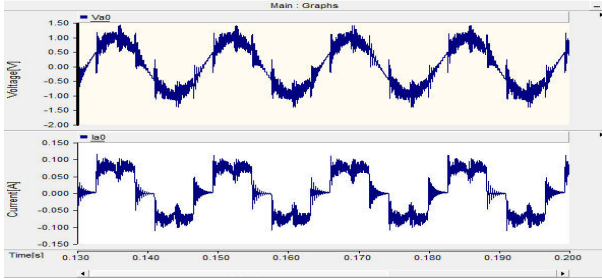


그림 10 고조파필터설치 전 전압(上) 전류(下) 파형
Fig. 10 Voltage and current waveforms before filtering

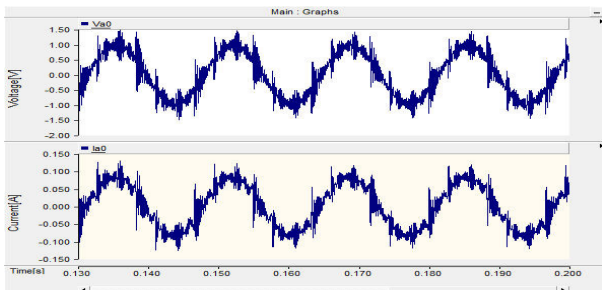


그림 11 고조파필터설치 후 전압(上) 전류(下) 파형
Fig. 11 Voltage and current waveforms after filtering

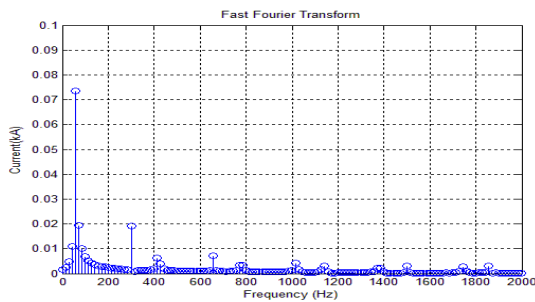


그림 12 필터 설치 전 FFT분석 결과
Fig. 12 The FFT results of current before filtering

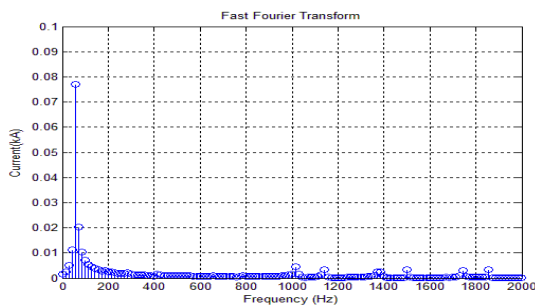


그림 13 필터 설치 후 FFT 분석 결과
Fig. 13 The FFT results of current after filtering

표 5는 OLEV시스템 동작시 발생하는 전압과 전류에 대하여 THD, TDD를 분석한 결과이다. 분석결과, 전압 THD와 전류 TDD의 경우는 필터 설치 전 각각 10.57[%]와 13.22[%]로 기준치인 5[%]를 상회 하는 것으로 확인 되었다. 하지만 필터설치 후의 경우를 보면 전압 THD와 전류 TDD는 각각 4.82[%]와 4.38[%]로 기준치를 만족하는 것으로 확인되었다.

표 5 전압의 THD와 전류의 TDD의 결과

Table 5 The results of V_THD and I_TDD

구분	전압 THD [%]	전류 TDD [%]
필터 설치 전	10.57	13.22
필터 설치 후	4.82	4.38

3.4.2 고주파에 대한 영향 분석결과

그림 10과 11을 통하여 알 수 있듯이 필터의 적용 후에도 전압과 전류의 파형에는 다량의 노이즈가 확인된다. 다량의 노이즈가 포함된 파형을 통하여 고주파의 존재를 확인할 수 있지만 정확한 고주파의 영향 평가를 위하여 아래 식 6을 이용하여 200[Hz]단위로 집합화하여 고주파에 대한 분석을 진행하였다[15].

$$Y_{B,b} = \sqrt{\sum_{f=b-95Hz}^{b+100Hz} (Y_{Cf})} \quad (6)$$

Y_B = 각 대역의 출력

b = 주파수 대역(60[Hz]계통의 경우 : 첫 번째 b 는 2.5[kHz])

f = 주파수

Y_C = 각 대역의 측정값

고주파 전압 값은 기본과 전압의 값에 비하여 매우 작다. 기존 규정에서 제안하는 규정치는 dBV 값을 사용한다. 따라서 집합화된 전압 값을 uV형태로 환산하고 이 값을 식 7을 이용하여 dB형태로 변환하여 평가하였다.

$$V_{dB} = 20 \log \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \quad (7)$$

여기서 V_1 는 참고수준을 나타내며 일반적으로 1로 지정한다. 또한 V_2 는 전압레벨을 나타내며 본 연구에서는 2.5[kHz]~150[kHz]대역에 대한 집합화 결과를 적용하였다. 위의 식 1과 2를 통하여 측정데이터를 dBuV형태로 변형하고 EN 50065규정의 기준치와 비교한 결과는 표 3이다.

표 6의 고조파 필터설치 전과 후의 고주파분석 결과를 보면 7.7[kHz]를 제외한 2.5[kHz]에서부터 7.9[kHz]사이의 값이 EN50065 기준치를 만족 하지 못하는 것으로 확인된다. 또한 주파수가 높아질수록 집합화된 값은 고주파에 대한 영향이 적은 것으로 확인된다. 앞서 언급한바와 같이 고주파에 대한 영향평가의 기준은 세계적으로 아직 미비한 상태이다. 그러나 고주파에 대한 영향은 무시 할 수 없기 때문에 표 6의 OLEV시스템의 고주파 영향분석을 기초로 하여 필

표 6 고조파필터 설치 전과 후의 고주파 분석결과
Table 6 High-frequency analysis results before and after installation of harmonics filter

집합화 주파수[Hz]	필터설치전측 정전압 [dBuV]	필터설치후측 정전압 [dBuV]	EN50065 기준치
2500	151.84	152.30	134
2700	143.78	144.28	134
2900	153.96	153.90	134
3100	153.56	153.72	134
3300	157.80	156.41	134
3500	156.29	160.71	134
3700	158.54	164.77	134
7500	135.57	134.73	134
7700	131.12	133.69	134
7900	134.70	136.01	134
8100	128.08	124.72	134
149700	98.07	87.67	123
149900	98.08	87.67	123

터 설치 유무에 따른 두 가지 case에 대하여 아래 그림 14, 15와 같이 EN규정과 비교하였다.

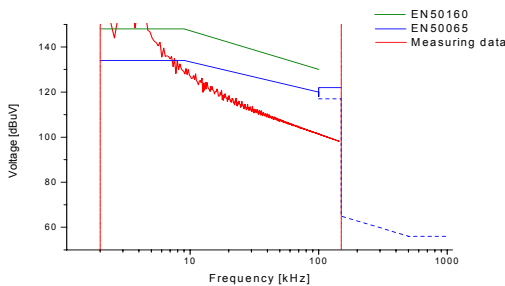


그림 14 필터 설치 전 고주파분석 결과
Fig. 14 High-frequency results of voltage before installation of harmonics filter

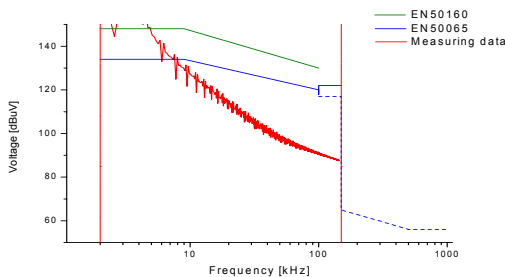


그림 15 필터 설치 후 고주파 분석 결과
Fig. 15 High-frequency results of voltage after installation of harmonics filter

그림 14와 15의 OLEV시스템의 고조파에 대한 필터 설치 전과 후에 고주파 분석결과를 보면 두 결과 그래프는 흡사한 것으로 확인된다. 따라서 특정차수를 제거하기 위한 수동필터는 고주파 대역에 미치는 영향이 거의 없다고 판단된다. 분석결과를 저압설비에 대한 EN50065규정과 비교하여 살펴보면 위의 두 case에 대한 고주파영향은 2.5[kHz]부터 7.9[kHz]까지 규정치를 상회하는 것으로 확인되었다. 따라서 OLEV 시스템 운전시 발생하는 고주파 중 2.5[kHz]부터 7.9[kHz]까지의 고조파는 OLEV시스템 인근설비 및 장비에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다. 또한 향후 OLEV시스템이 상용화되어 여러 대의 차량을 동시 충전하게 되면 배전계통에 미치는 영향은 더욱 커질 것이다. 따라서 고주파에 대한 필터의 설치가 필요하다고 판단되어 OLEV 시스템 앞단에 R과 C로 구성된 EMI 필터를 설치하였다. 그림 16은 고주파에 대한 EMI 필터 설치 후 EN50065규정과 비교한 그래프이다. EMI 필터 설치 전과 비교하면 필터 적용 후 측정된 파형에서는 오실레이션(oscillation)이 평활화 된 것으로 확인된다. 결론적으로 OLEV시스템에서 발생하는 전력품질이 배전계통에 미치는 영향을 최소화하기 위해서는 고조파에 대한 필터 설치가 필요하며 이와 별개의 EMI 필터의 설치가 필요하다고 사료된다.

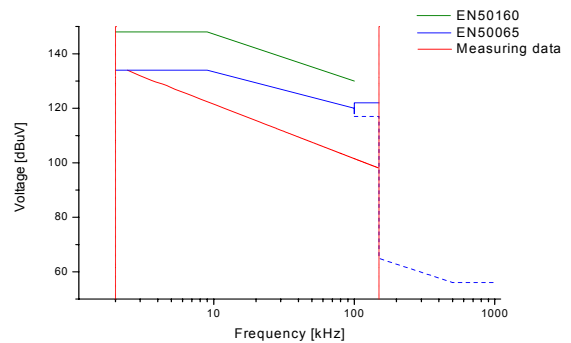


그림 16 EMI 필터 설치 후 고주파분석 결과
Fig. 16 High-frequency results of voltage after installation of EMI filter

4. 결 론

본 논문에서는 전력품질을 크게 고조파와 고주파로 나누어서 분석 및 평가를 진행하였으며 고조파의 경우는 IEEE Std.519-1992의 기준에 따라 분석 및 평가하였다. 그러나 고주파의 경우는 현재 명확한 규정이 없는 관계로 유럽규정 EN50065의 기준치를 이용하여 OLEV 시스템 모델링을 통하여 측정된 데이터와 비교 분석하였다. 분석결과, 고조파의 경우는 OLEV 시스템 운전 상태에서 전압과 전류의 THD와 TDD는 기준치인 5[%]를 상회하는 것으로 확인되었고 특히 전류 고조파의 경우는 13.22[%]로 상당히 큰 고조파가 발생됨이 확인되었다. 또한 FFT분석을 통하여 사이리스터 소자를 사용하는 6-pulse시스템의 특징인 6n±1의 형태의 고조파의 발생을 확인하였다. 6-pulse시스템에서 발생하는 특정 차수의 고조파는 IEEE에서 제안하는 제한치를 상회하였다. 따라서 고조파에 대한 수동필터 설치를 통하여 특정 차수의

고조파를 제거 하였다. 필터 설치 후 전류 TDD는 4.38[%]로 기준치를 만족하는 것으로 확인되었다. 또한 OLEV 시스템 특성상 20[kHz]의 고주파수를 이용하므로 운전 시 발생하는 고주파에 대한 분석을 진행하였다. 분석결과 고조파 필터의 설치와 무관하게 2.5[kHz]부터 7.9[kHz]까지의 범위에서 기준치를 상회하는 고조파가 발생됨을 확인하였다. 따라서 고조파 필터와 별개의 고주파 억제를 위한 간략한 RC모델의 EMI 필터를 설치하였다. EMI 필터 설치 후 분석한 데이터 결과를 보면 본 논문에서 제안한 EN50065규정의 기준치를 만족하는 것으로 확인 되었다. 결론적으로 OLEV 시스템 운전시 발생하는 전력품질이 배전계통에 미치는 영향은 고조파 필터의 설치와는 별개로 고주파에 대한 전력품질 문제를 발생시키며 배전계통에 미치는 영향 최소화를 위하여 고주파에 대한 필터의 설치가 필요하다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 숭실대학교 교내연구비 지원에 의한 연구임

References

[1] KAIST, "Eco-friendly public transport system of Non-contact power transmission development project planning report", 2011.

[2] Soon-Jeong Lee "study on the discrimination of disturbance and improvement of power quality in distribution system", Sungkyunkwan university master's thesis, 2012.

[3] Dong-won OLEV, "Wireless charging online electric vehicles during the service", [Online]. Available: <http://www.dongwonolev.com/?code=pr&subp=brochure>

[4] Seungyoung Ahn, Joungho Kim, "Magnetic Field Design for High Efficient and Low EMF Wireless Power Transfer in On-Line Electric Vehicle", Antennas and Propagation (EUCAP), pp.3979-3982, 2011.

[5] No-Joong Park, Seung-Gi Jeong, "Capacity Requirement Estimation of Shunt Active Power Filter for Thyristor Converter Load", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol.48, No.12, pp.715-726, 1999..

[6] Arief Hernadi, Taufik, Makbul Anwari, "Modeling and Simulation of 6-Pulse and 12-Pulse Rectifiers under Balanced and Unbalanced Conditions with Impacts to Input Current Harmonics", Second Asia International Conference on Modelling & Simulation, pp. 1034-1038, 2008.

[7] A Study on the Improvement and Survey of harmonics [Online]. Available: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3zrl5R6ivKYJ:hkfa.co.kr/hkssystem/spboard88/spboard/board.cgi%3Fid%3Dhkfa3%26action%3Ddownload%26gul%3D5+&cd=1&hl=ko&ct=clnk&gl=kr>

[8] Shin, Jae Oh, "A Study on the Reduction Plan of High-Frequency Noise for Residential Electronic Instruments", Chosun University, 1999.

[9] Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3: Limits - Section 6: Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems - Basic EMC publication, IEC Standard 61000-3-6, 1996.

[10] IEEE Recommended Practices and Requirement for Harmonic Control in Electrical Power System, IEEE Standard 519-1992, 1992.

[11] SIEMENS, "Situation regarding EMC and EMF for automation equipment", Industrial Automation Forum, 2011.

[12] Wind turbines - Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines, IEC Standard 61400-21, 2008.

[13] E.O.A. Larsson, M.H.J.Bollen, "Emission and immunity of equipment in the frequency range 2 to 150 kHz", IEEE Bucharest Power Tech Conference, 2009.

[14] Jin Huh, "High Performance Inductive Power Transfer System with Narrow Rail Width for On-Line Electric Vehicles", Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), pp. 647-651, 2010.

[15] Jin Huh, Byunghun Lee, "Characterization of novel Inductive Power Transfer Systems for On-Line Electric Vehicles", Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2011 Twenty-Sixth Annual IEEE, pp. 1975-1979, 2011.

[16] Geotge J. Wakileh, "Power System Harmonics", Saladruck Berlin, 2001.

저 자 소 개



최 성 호 (崔 星 昊)

1985년 7월 30일생, 2011년 안양대 전기 전자공학부 졸업, 2012년~현재 숭실대 대학원 전기공학과 석사과정.
 Tel : 02-817-7966
 Fax : 02-817-0780
 E-mail : shchoi@ssu.ac.kr



허재선 (許宰善)

1985년 1월 23일생, 2009년 숭실대 전기 공학부 졸업, 2009년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

Tel : 02-817-7966

Fax : 02-817-0780

E-mail : myppuma@naver.com



김재철 (金載哲)

1955년 7월 12일생, 1979년 숭실대 전기 공학과 졸업, 1983년 서울대 대학원 전기 공학과 졸업(공학석사), 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 1988년~현재 숭실대전기공학과 교수.

Tel : 02-817-7966,

Fax : 02-817-0780

E-mail : jckim@ssu.ac.kr



한운기 (韓雲基)

1973년 6월 20일생. 1997년 목포대학교 전기공학과 졸업(공학사). 2001년 성균관대학교 전기공학과 졸업(공학석사). 2010년 숭실대학교 전기공학과 졸업(공학박사). 1998년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 미래기술연구팀 책임연구원.