

電動力設備의 運轉에 의해 發生되는 磁界의 測定과 解析

(Analysis and Measurement of the Magnetic Fields
Caused by the Operation of Electromotive Installations)

李福熙 * · 吉曠碩 **

(Bok-Hee Lee · Gyung-Suk Kil)

요 약

본 논문은 유도전동기의 운전조작시에 발생하는 자계변화특성에 대하여 기술하였다. 본 측정시스템은 자기적분형 자계센서, 증폭기, 능동형 적분기로 이루어졌으며, 교정실험에 대한 측정계의 주파수대역과 감도는 각각 20[Hz]~300[kHz], 0.234[mV/ μ T]이다.

유도전동기의 기동과 정상운전중에 발생하는 자계성분을 측정하였으며, 고조파 성분을 고속푸리에 변환기법으로 분석하였다. 유도전동기의 직입기동시에는 단일성 펄스자계가 강하게 발생하였으며, 이의 피크치는 정상상태의 값보다 5배이상 크게 나타났다. 이러한 긴 과도시간과 강한 자계의 세기는 전동기의 큰 인덕턴스와 동특성에 기인된다. 유도전동기의 정상운전시에는 유도전동기의 극수에 의존하는 기본파에 대한 분조파의 자계성분이 관측되었다. 또한, 자계의 분조파 성분은 전동기의 토크 변동으로 불균일한 회전토크로 인해 생기는 맥동전류와 전압플리커에 의해서 발생하는 것으로 생각된다. 인버터구동형 유도전동기에서는 직입기동에 비하여 많은 고조파 성분이 발생되고 있었으며, 특히 전동기의 구동주파수가 낮을수록 맥동토크에 의한 전류변화로 고조파 성분은 더욱 증가하였다.

Abstract

The paper describes the variation of magnetic fields caused by the operation of induction motors. The measuring system consists of the self-integrating magnetic field sensor, amplifier, and active integrator. From the calibration experiments, the frequency bandwidth of the magnetic field measuring system ranges from 20[Hz] to

*정회원 : 仁荷大學校 工科大學 電氣工學科 副教授

**정회원 : 仁荷大學校 大學院 電氣工學科 博士課程

接受日字 : 1995年 2月 7日

300[kHz] and sensitivity is 0.234[mV/ μ T].

The magnetic fields generated under steady state and starting operations of induction motor are recorded by the proposed measuring system, and the fast Fourier transformation(FFT) of the measured data is performed to analyze the harmonic components. A single pulsed magnetic field is strongly caused by direct starting the induction motor, and its peak value is greater than 5 times as compared with the steady state value. The long transient duration and high intensity originates from the large inductance and dynamic characteristic of the induction motor. During the steady state operation of induction motor, subharmonics of magnetic field components, which depend on the pole number of induction motor, are observed. The lower order power-line harmonics can be inferred from the voltage flicker and current ripple which are derived from the torque fluctuation of induction motor. In the case of the induction motor driven by inverter, the harmonics of magnetic field are much more than those caused by direct starting method and are found generally to increase with decreasing the driving frequency.

Key words : Magnetic field sensor, Active integrator, Harmonics, Lower order Harmonics, EMI/EMC, FFT, Inverter driver.

1. 서 론

세계는 국제화, 개방화 시대로 돌입하면서 전기, 전자제품의 운전중에 발생하는 전자환경문제가 주요 관심사항으로 떠오르고 있다. 우리나라에서도 전자제품의 생산이 선진국 수준에 육박하면서, 수출입시 전자파 규제강화로 문제가 제기되고 있으며, 또한 여러가지 전기, 전자제품의 일상화에 따른 전자파의 장애로 인한 사고의 발생이 증가하고 있다.

또한 산업의 고도화에 따른 산업용 전력설비 및 제어기기의 증가와 더불어 전기설비는 점차 복잡화되고 있으며, 이에 따른 절연내력, 신뢰도, 안정성 확보에 관심이 기울여지고 있다. 전력기기의 기동과 부하변동 등에 의하여 발생하는 고조파는 전원 계통의 파형 왜곡이나 라디오 노이즈를 일으키며, 전원을 공통으로 사용하는 장치, 근접된 주변기기, 컴퓨터, 보호 및 제어기기 등의 오동작이나 성능저하를 가져오게 된다. 따라서 전기설비의 고전압, 대전류 시험방법이 다양화되고 전력기기에 대한 개폐임펄스, 부하설비의 기동특성 등과 관련하여 전자환경에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.^{1)~3)} 특히 유도자계 또는 방사자계에 의한 전자파 장애가 대단히 가혹해지고 있으므로, 이들 장애에 대한 억제대책이 중요

한 과제로 대두되고 있다.

전력기기의 운전조작에 의하여 발생하는 고조파에 의한 전자파 장애를 방지하기 위한 대책으로는 발생하는 전계 또는 자계 성분을 정확하게 파악하여 발생원을 제거하는 능동적 대책과 발생된 잡음원을 차폐시키거나 흡수하여 제거하는 수동적 대책이 있다.^{4), 5)} 또한, 전기설비의 운전중에 발생하는 고조파원을 정확하게 파악하는 것은 이들 방지대책의 수립에 있어서 필수적인 요소이다. 따라서 본 연구에서는 전자환경장애에 대한 연구의 일환으로 유도전동기의 운전조작시 주변에 발생하는 자계의 특성을 분석하기 위하여 과도상태와 정상상태에 발생하는 자계변화를 감지, 평가할 수 있는 자계측정계를 제작하였다. 유도전동기의 기동방법(직입기동, 인버터기동) 및 운전주파수에 따라 전동기 주변에 발생하는 과도자계와 정상자계를 측정하고, 고속푸리에 변환(fast Fourier transformation : FFT)기법을 적용하여 주파수 성분을 분석하고, 이의 결과에 대하여 고찰하였다.

2. 실험 및 방법

본 연구에서 구성한 시변자계 측정계의 구성과 자기적분형 자계센서의 이론적 원리에 대하여는

이미 상세하게 보고된 바 있으므로 간략히 기술한다.^{6)~8)} 시변자계 감지용 루우프센서로는 고주파 특성이 우수하고 특성임피던스가 $50[\Omega]$ 인 동축케이블(RG-58/U)을 사용하였으며, 센서의 반경은 $75[\text{mm}]$ 이고, 이의 인덕턴스는 $0.35[\mu\text{H}]$ 이다.

본 연구에서 감지용으로 사용한 루우프형 자계 센서는 입력 신호의 미분량으로 미지의 신호를 감지하므로 센서 자체만의 출력은 주파수의 증가와 더불어 감지전압은 증가하지만, 적분기의 출력은 주파수의 증가에 따라 적분주기가 짧아지므로 낮아지게 된다. 따라서 미약한 자계의 세기를 측정하는 경우, 센서에 의하여 감지된 신호를 적분시키게 되면, 출력신호가 대단히 미약하여 오실로스코프의 출력이 불가능하므로 센서에 의하여 감지된 신호를 증폭시킨 후 다시 증폭과 적분시킬 수 있는 능동형 적분회로를 구성하여 적용하는 방법을 사용하였다. 미지의 시변자계가 루우프센서에 의하여 출력되기까지의 전체 측정 시스템을 그림 1에 나타내었다. 측정계의 응답감도는 증폭기의 증폭도에 의하여 조절될 수 있으므로 측정하고자 하는 대상인 자계의 세기에 따라 적절한 범위로 선택하면 된다.

본 연구에서는 유도전동기의 운전중에 주변에 발생하는 자계의 세기와 방향을 파악한 후 그림 2에 나타낸 바와 같이 전동기의 축에서 $150[\text{mm}]$ 떨어진 점에서 자계의 세기를 측정하였다. 측정점 P에서의 자계의 세기도 부하의 변동과 공간적 방향에 따라 다르며, 본 연구에서는 자계의

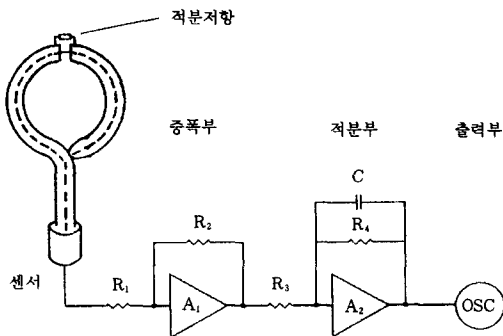


그림 1. 능동형 적분기를 이용한 자계측정계
Fig. 1. Magnetic field measuring system with an active integrator.

세기가 가장 강한 전동기의 반경방향 성분(B_r)을 전부하 상태에서 누설자계를 측정하고, 주파수 성분을 분석하였다. 또한, 전원은 금속관내에 내장된 3심 케이블을 통하여 공급되며, 인입선 부근에서의 자계의 세기는 측정점 P에서의 값에 비하여 상당히 미약하게 나타났다.

3. 실험결과 및 고찰

본 연구에서 제작한 자계측정계의 응답감도는 변류기를 이용하는 교정실험에 의하여 권수가 18회인 교정용 원형권선에 $0.4[\text{A}]$ 의 전류를 입력시켰을 때 인입 자속밀도는 교정용 권선의 반경이 $75[\text{mm}]$ 이므로 $6.03 \times 10^{-5}[\text{T}]$ 이며, 측정계의 출력전압이 $14[\text{mV}]$ 이었으므로 응답감도는 $0.234[\text{mV}/\mu\text{T}]$ 이다. 본 측정계의 응답감도는 본 연구에 한정된 것이며, FFT결과는 데시벨[dB]로 표기하였다.

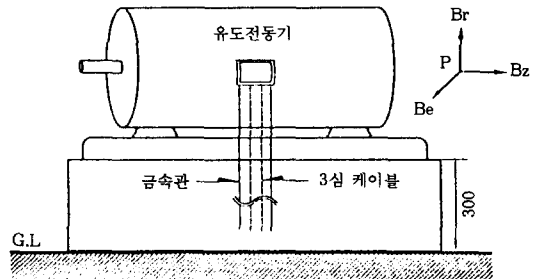


그림 2. 측정 위치
Fig. 2. Measuring point.

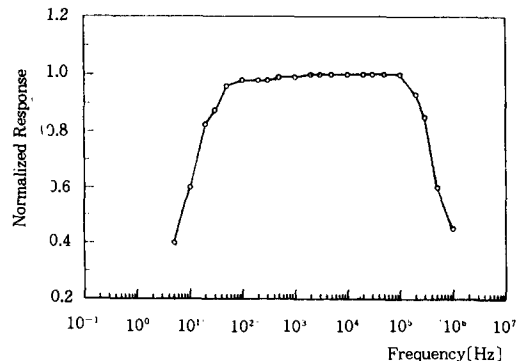


그림 3. 자계측정계의 주파수응답특성.
Fig. 3. Frequency response characteristics of the magnetic field measuring system.

자계측정계의 주파수응답특성을 결정하기 위하여 정현파 자속의 입력에 대한 응답특성을 측정하였다. 루우프형 자계센서, 증폭기, 적분기로 구성된 전체 측정계의 정현파 응답특성은 그림 3과 같으며, 이 결과로부터 주파수대역은 20 [Hz]~300[kHz]임을 알 수 있다.

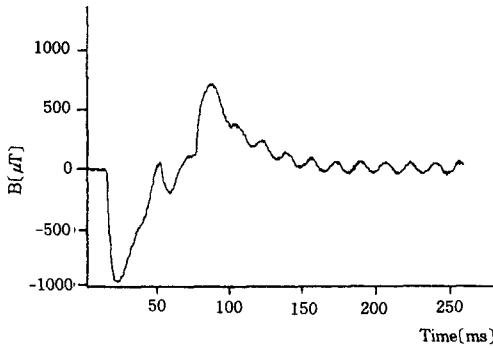
전자잡음에는 기본파 이외의 정현파 성분이 포함되어 있으며, 이들의 일부는 출력신호와 혼합되어 출력 파형을 왜곡시키게 된다. 고전압 대용량의 부하설비는 특히, 유도성 부하의 기동과 운전 및 고장시에 큰 자계변화가 발생하여 주변설비에 악영향을 미치게 된다. 이러한 과도자계로 인한 영향을 최소화시키기 위하여는 이들 자계의 정확한 측정과 주파수 성분을 분석한 후 적절한 대책을 수립하여야 한다. 본 연구에서는 유도성 부하 즉, 전동기의 운전조작시와 인버터의 운전

시 발생하는 정상자계와 과도자계를 측정하고 이들의 고조파 성분을 해석한 결과에 대하여 기술한다.

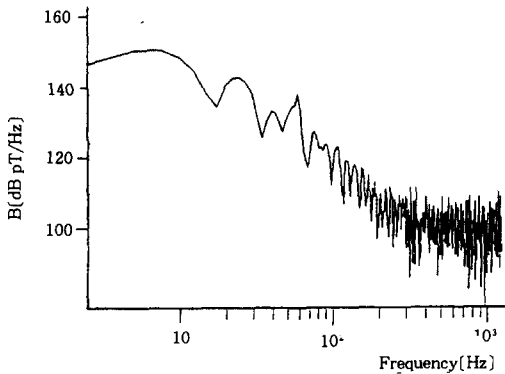
3.1 유도전동기의 운전조작시 발생하는 자계특성

유도전동기(3상, 4극, 3300V, 150HP)의 기동시는 기동방법에 따라 큰 기동전류가 흐르게 되며, 양수용 가압펌프를 구동하는 경우의 자계특성을 전동기의 주변에서 측정하였다.

그림 4는 방적 보호형 3상 유도전동기의 기동시 전동기 외부에서 측정된 자계파형 및 주파수 분석결과로 최초 기동시에는 전동기 운전전류의 약 5~7배의 전류가 흐르게 되어 이에 상응하는 급격한 자계 변화를 관측할 수 있었으며, 전동기 회전수의 상승에 따른 감소와 함께 자계 변화의 과도성분은 없어지고 정상성분만이 나타남을 알



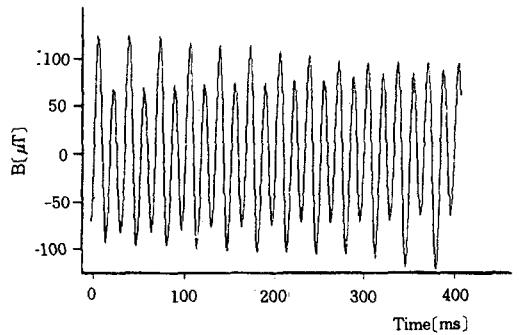
(a) 자계 파형



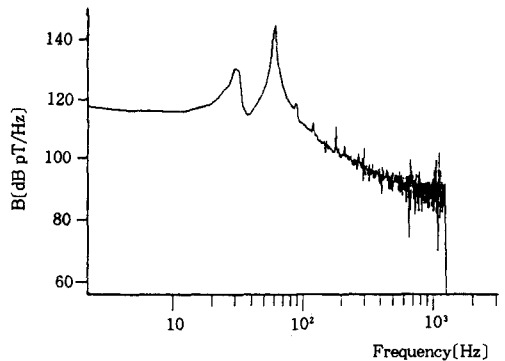
(b) FFT 결과

그림 4. 3상4극 유도전동기의 기동시에 발생하는 자계파형과 FFT결과

Fig. 4. Magnetic field waveform generated by the starting of induction motor (3-phase, 4-pole) and its FFT result.



(a) 자계 파형



(b) FFT 결과

그림 5. 4극 유도전동기의 운전중에 발생하는 자계파형과 FFT결과

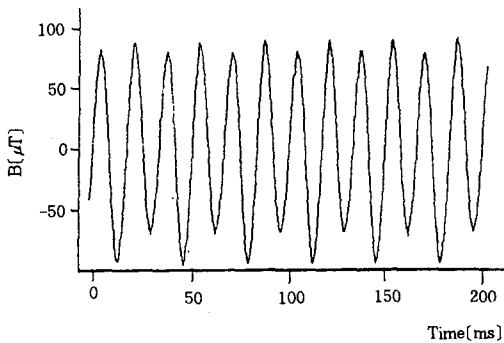
Fig. 5. Magnetic field waveform generated during the operation of induction motor (3-phase, 4-pole) and its FFT result.

수 있다. 과도기간은 유도전동기의 가속특성과 부하의 동적특성에 의존하게 되며, 약 200[ms]로 이것에 의하여 기본 주파수인 60[Hz]보다 낮은 주파수 성분이 크게 포함되어 있다.

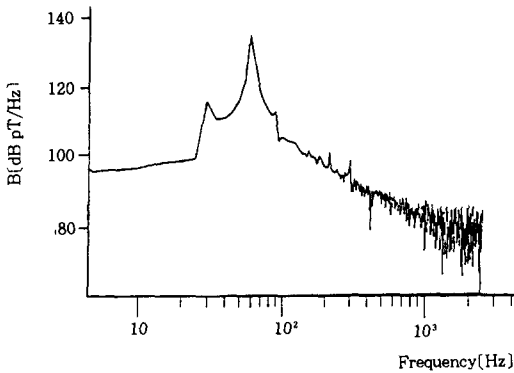
그림 5는 전동기의 정상운전중 발생하는 자계파형에 대한 주파수분석 결과로 전원 주파수 60[Hz]의 기본파와 특히 1/2분조파인 30[Hz]성분이 상당량 포함되어 있음이 특이하였다. 그러나 이들 고조파 성분의 크기는 기본파 성분이 대단히 크기 때문에 상대적으로 작게 나타났다.

전동기 운전시 1/2분조파 자계발생의 원인을 조사하기 위하여 전동기의 극수에 대한 자계 특성을 관측하여 주파수분석을 수행한 결과를 그림 6과 그림 7에 나타내었다. 이들의 결과에서 보는 바와 같이 자계의 고조파 성분은 전동기의 극수에 의존하며, 2극 유도전동기에서는 전원 주파수

60[Hz]외에 30[Hz]성분과 90[Hz], 120[Hz], 150[Hz], 180[Hz] 성분 등 30[Hz]의 배수 고조파 성분이 나타났다. 그리고 6극 유도전동기에서는 분조파 성분으로 20[Hz], 40[Hz], 60[Hz], 80[Hz], 100[Hz], 120[Hz] 등 20[Hz]의 배수 고조파 성분이 각각 존재함을 주파수 분석결과로 부터 알 수 있다. 결국, 유도전동기의 운전중에 발생하는 자계중에는 기본파의 1/2, 1/3분조파가 발생하는 현상은 분명히 전동기의 극수에 의존하며 회전시 발생하는 회전자계와 토크변화에 의한 즉, 극수에 의한 회전자의 회전수와 회전체의 상대적 회전속도와 상관관계가 있는 것이 확인되었다. 또한 1/2분조파 성분은 부하의 증가와 더불어 감소하는 특성이 관측되었으며, 회전체의 구동토크의 변동에 기인될 가능성이 가장 크



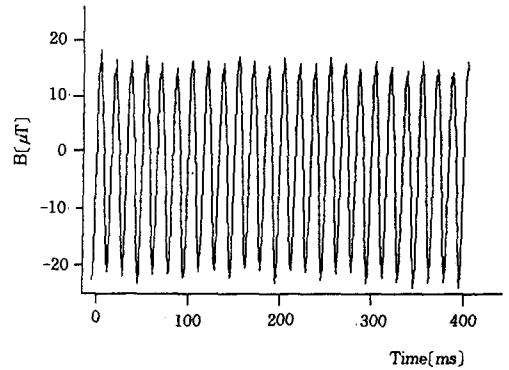
(a) 자계 파형



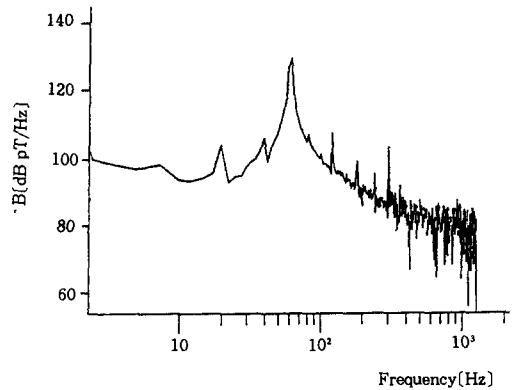
(b) FFT 결과

그림 6. 2극 유도전동기의 운전중에 발생하는 자계파형과 FFT결과

Fig. 6. Magnetic field waveform during the operation of induction motor (1-phase, 2-pole) and its FFT result.



(a) 자계 파형



(b) FFT 결과

그림 7. 6극 유도전동기의 운전중에 발생하는 자계파형과 FFT결과

Fig. 7. Magnetic field waveform during the operation of induction motor (3-phase, 6-pole) and its FFT result.

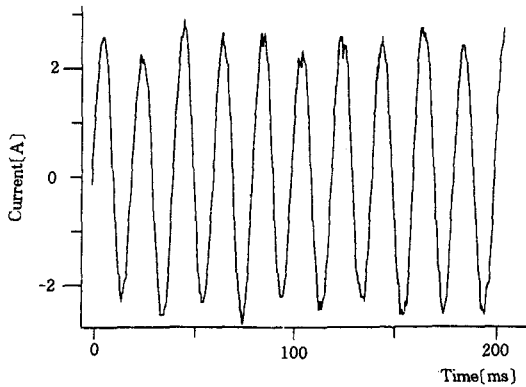
다. 그림 4의 결과로부터 전동기의 기동시 가속에 대한 토크 증가가 요구되며, 이 때 관측된 자계의 파형에도 약 25[Hz], 40[Hz] 등 기본주파수 60[Hz]보다 낮은 성분이 포함되어 있는 것을 볼 때 회전토크의 변화에 상응하는 전류변화에 의하여 발생하는 자계 때문에 1/2, 1/3분조파 성분이 발생하는 것으로 사료된다.

또한 이 현상을 전동기의 1선에 흐르는 전류의 고조파 성분과 전동기의 주변에서 발생하는 자계의 고조파 성분을 동시에 측정하여 비교하였다. 그림8과 그림 9는 인버터로 구동되는 유도전동기의 운전중 변류기(Tek. A6302)를 이용하여 1선의 전류와 자계파형을 동시에 측정하여 주파수 성분을 분석한 결과이다. 기본파의 1/2분조파

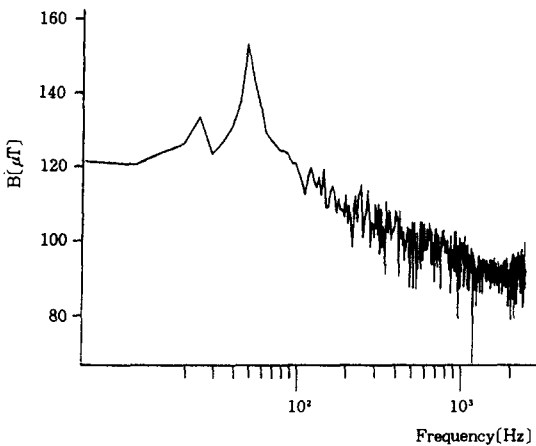
성분이 모두 포함되어 있으며, 거의 비슷한 특성을 나타내고 있다. 전동기가 구동중에 있을 때 회전체의 관성모멘트와 부하 변동에 의하여 전압플리커(Voltage flicker)와 전류맥동(Current ripple)을 일으키게 된다.⁹⁾ 이것이 원인이 되어 자계의 1/2분조파, 1/3분조파성분(Lower order harmonic components)이 나타난 것으로 생각되며, 자극수 즉, 회전수와 관련성을 가지고 있음이 확인되었다.

3.2 인버터구동형 유도전동기에서 발생하는 자계특성

인버터구동형 유도전동기는 1차 주파수를 가변하여, 회전속도를 제어하는 것으로 고효율의

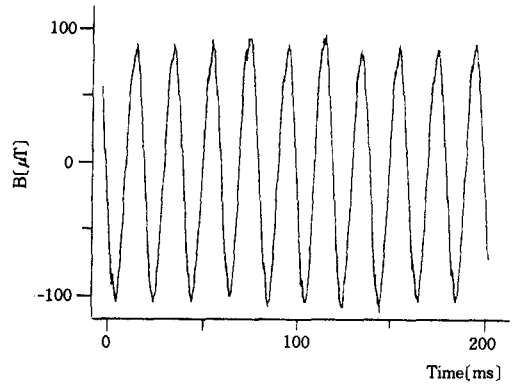


(a) 부하전류 파형

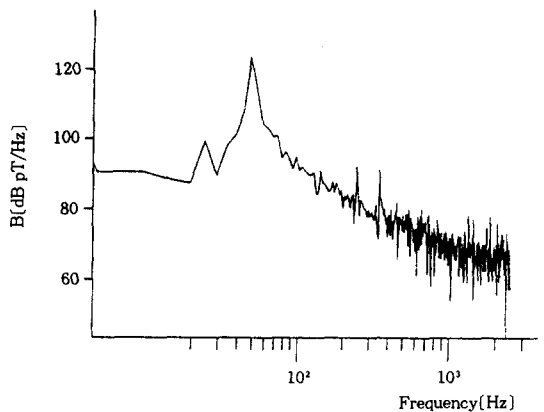


(b) FFT 결과

그림 8. 유도전동기의 운전중에 발생하는 부하전류파형과 FFT결과
Fig. 8. Load current waveform during the operation of induction motor (3-phase, 4-pole) and its FFT result.



(a) 자계 파형

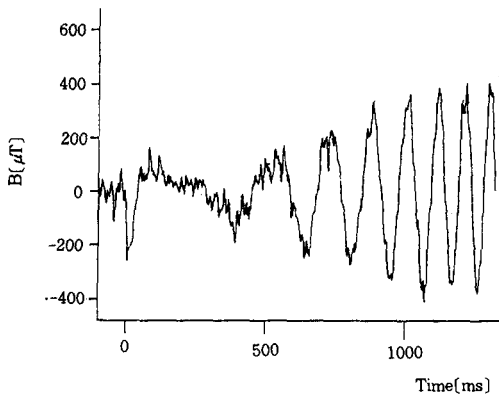


(b) FFT 결과

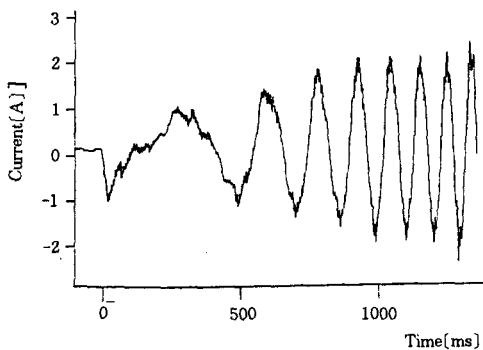
그림 9. 유도전동기의 운전중에 발생하는 자계파형과 FFT결과
Fig. 9. Magnetic field waveform during the operation of induction motor (3-phase, 4-pole) and its FFT result.

무단 변속이 가능하기 때문에 전동기 제어방식으로 많이 사용되고 있다. 그러나 상용 교류전압을 연속적으로 가변하기 위하여는 교류전압을 정류하여 직류로 바꾸고 평활콘덴서를 삽입하여 회로의 임피던스를 작게 해 줌으로써 정전압원으로 작동하게 하고, 다시 인버터에 의하여 주파수를 가변하게 된다. 이러한 인버터는 펄스폭 변조(PWM)에 의해 가변주파수 전압을 발생시킴으로 고조파가 발생하게 되며, 지금까지 문제점으로 제기되고 있다.¹⁰⁾ 따라서 본 연구에서는 인버터에 의하여 제어되는 전동기의 기동시와 속도가 변시, 즉, 주파수 변환시 전동기 주변에서 발생하는 자계 변화 및 부하 전류의 파형을 관측하여 이들의 특성을 해석하였다.

인버터구동형 유도전동기(3상, 4극, 380[V], 1[HP])의 기동시 검출된 자계 파형과 전류프로



(a) 자계 파형

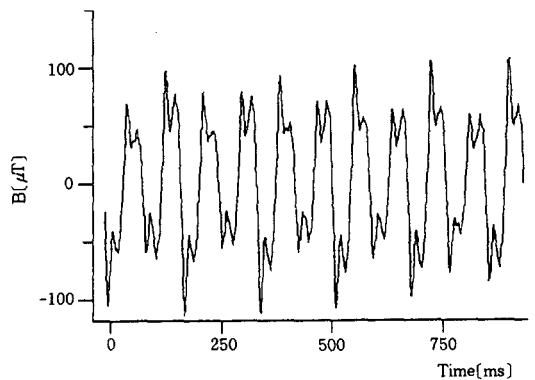


(b) 부하전류 파형

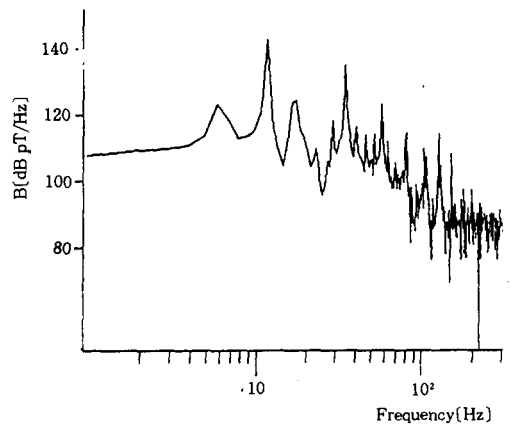
그림 10. 인버터구동형 유도전동기의 기동시에 발생하는 자계파형과 부하전류파형

Fig. 10. Magnetic field waveform and load current waveform generated by starting the induction motor with an inverter and load.

브(Tek. A6302)에 의하여 측정된 전동기에 흐르는 부하전류의 파형을 그림 10에 나타내었다. 직입기동의 경우와 비교하면 기동전류에 의한 자계 변화가 정상상태의 값보다도 작고, 자계변화는 오히려 서서히 증가하여 정상상태에 이르는 것을 알 수 있으며, 과도기간도 약 1500[ms]로 직입기동에 비하여 길게 나타났다. 이것은 인버터의 특성상 기동시 돌입전류를 줄이기 위하여 소프트 스타트(Soft start)방식을 채택하고 있기 때문이다. 부하전류의 파형도 자계파형에서와 같이 완만한 작은 단일펄스의 기동전류와 서서히 증가하는 전류변화를 관측할 수 있으며, 인버터에서 발생하는 많은 고조파 성분이 정상전류 성분에 포함되어 있는 것을 알 수 있다.



(a) 자계 파형



(b) FFT 결과

그림 11. 인버터구동형 유도전동기가 300rpm으로 운전될 때의 자계파형과 FFT 결과

Fig. 11. Magnetic field waveform and its FFT result when the induction motor with an inverter is operated to the speed of 300 rpm.

그림 11은 인버터의 주파수를 가변하여 전동기의 속도를 약 300[rpm]으로 하였을 때(1차 주파수 : 12[Hz]) 관측된 자계 파형으로 본 실험에서 사용된 인버터가 120° 통전형 스위칭방식에 의하여 전압이 인가되므로 전압파형에 따른 전류 변화로 자계파형이 일그러지게 나타나고 있다. 주파수분석 결과에서도 기본주파수 12[Hz]의 제3, 제5의 기수고조파 성분인 36[Hz], 60[Hz] 성분이 강하게 나타났으며, 3상 전원을 직접 유도전동기에 인가시켜 구동할 때와 마찬가지로 기본파의 1/2분조파인 6[Hz]의 성분도 관측되었으며, 이의 기수고조파인 18[Hz], 30[Hz] 성분도 상당량 포함되어 있다.

그림 12에서 그림 14는 전동기의 회전속도를 각각 800[rpm], 1400[rpm], 1800[rpm]으로의 운전시에 관측된 자계파형으로 각각의 경우에 대

하여 전동기 입력의 기본 주파수의 기수 고조파를 비롯하여 1/2분조파 및 1/2분조파의 배수조파 성분 뚜렷이 나타났으며, 기본파에 대한 3조파 성분은 거의 동일한 값을 나타내고 있다. 인버터구동형 유도전동기에서는 정류된 직류 전압을 일정한 크기로 하고 펄스폭을 연속적으로 제어하므로 직입기동에 비하여 많은 고조파 성분을 함유한다. 특히, 저속에서는 더욱 많은 고조파 성분을 포함하므로 주변에 전자파 장애를 일으킬 가능성을 내포하고 있음이 밝혀졌다.

본 연구에서는 실험을 통하여 얻은 결과와 같이 전동기의 운전 또는 기동시에 발생하는 자계 성분에는 많은 고조파 성분이 포함되어 있음이 밝혀졌으며, 고조파 자계 자체가 주변기기에 전자파 장애를 일으키게 된다. 결론적으로 생각해보면 전동기의 기동시에 발생하는 자계 성분에

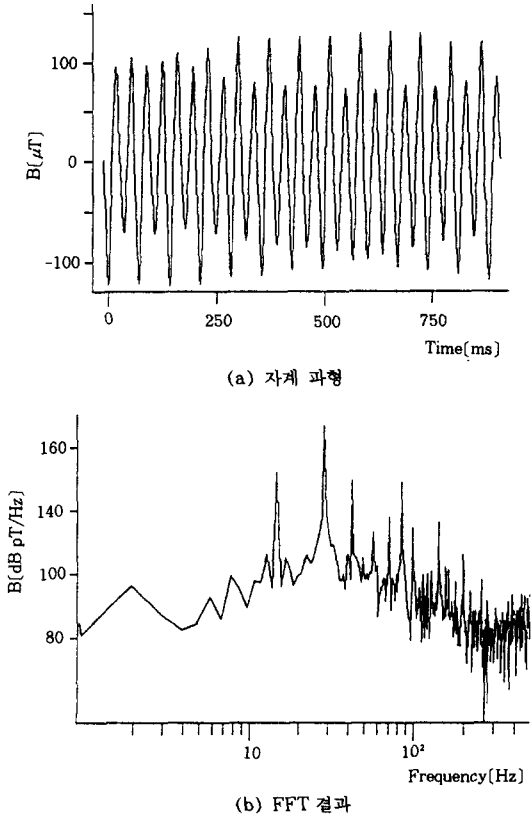


그림 12. 인버터구동형 유도전동기가 800rpm으로 운전될 때의 자계파형과 FFT 결과
Fig. 12. Magnetic field waveform and its FFT result when the induction motor with an inverter is operated to the speed of 800 rpm.

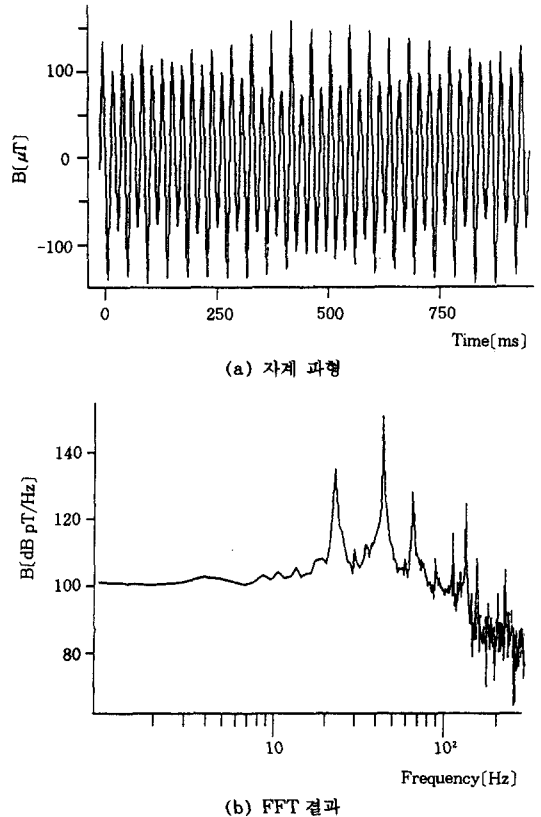


그림 13. 인버터구동형 유도전동기가 1400rpm으로 운전될 때의 자계파형과 FFT 결과
Fig. 13. Magnetic field waveform and its FFT result when the induction motor with an inverter is operated to the speed of 1400 rpm.

많은 고조파 성분이 포함되어 있음은 전압이나 전류에도 많은 고조파 성분이 포함되어 있음이 당연한 것이라고 생각된다. 이들의 전압 및 전류에 포함된 고조파 성분과 자계는 전원 계통의 파형 왜곡과 전원을 공통으로 사용하는 주변기기에 전도 또는 방사에 의하여 오동작이나 전자파 장애를 일으키게 된다.

특히 본 연구에서 측정된 결과에 의하면 저속 구동의 경우 인버터구동용 전동기에 흐르는 전류에는 보다 많은 고조파 성분이 포함되어 있다. 이와 같은 인버터구동에 의하여 발생하는 전류의 고조파 성분에 대한 저감대책의 기본은 발생원에서 고조파를 억제하는 방식이지만 경제적, 기술적인 면을 고려할 때 완전히 제거할 수 없으므로 현재는 고조파의 발생기기측, 전원측, 고조파 장애를 받는 기기의 협조를 이루는 저감대책이 효

과적이다. 고조파 발생원에서의 고조파를 저감시키기 위한 대책으로는 변환장치의 펄스수의 증가, 운전시 제어각의 저감, 전류(Commutation) 임피던스의 증대, 제어각의 상간편차의 저감, 직류 전류의 맥동 저감, PWM 제어방식의 채용, 교류필터의 적용 등이 있다. 또한 부하측면에서 고려하면 부하의 무효전력 변동분을 흡수하는 포화리액터의 이용, 변동전류를 억제하기 위한 직렬리액터의 삽입, 동일한 철심에 교류, 직류 권선을 감고 직류측의 적은 전류변화로 교류측의 임피던스를 대폭 변화시키는 비직선성 직렬 가포화리액터 등을 이용하여 변동전류의 증대를 억제하는 방법이 있다.

전기에너지의 사용시에 발생하는 전자환경장애를 방지할 수 있는 고조파 전자유도장애에 대한 대책이 반드시 마련되어 효과적이고, 안전한 전기설비의 사용이 가능하도록 하기 위해서는 해결되어야 될 과제가 많다. 특히, 고조파 저감대책의 기준인 고조파 관리 기준치의 설정, 일렉트로닉스 기기와 전력설비의 주변에서 발생하는 고조파 분포의 실측과 예측 계산 등에 의한 검토 체계의 확립 등이 필요하며, 앞으로 이에 대한 연구가 요망된다.

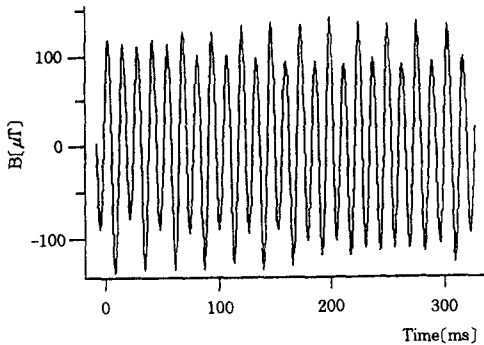
4. 결 론

본 연구에서는 능형 유도전동기의 기동 또는 운전시 발생하는 자계 성분의 평가를 위하여 루우프형 자계센서를 이용한 시변자계 측정시스템을 구성하고, 실측 실험을 수행한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

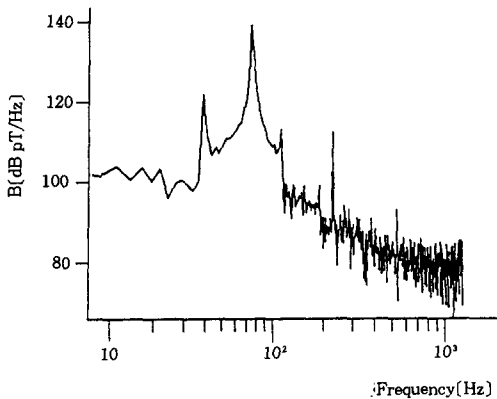
1) 루우프형 자계센서와 능동성 적분기를 적용하여 제작된 자계측정계의 주파수대역은 20 [Hz]~300[kHz]로 상용주파수 이하를 포함한 정상자계의 측정도 가능하였다.

2) 유도전동기의 직입기동시에는 정격전류의 5~7배 이상의 기동전류가 흐르므로 이에 따른 자계변화도 대단히 크게 나타났다.

3) 전동기의 운전시 운전주파수의 기본 주파수 성분과 이들의 고조파를 비롯하여 1/2분조파 및 1/3분조파 성분과 이들의 배수 고조파가 관측되었는데, 이는 전동기의 극수에 의존하며 전



(a) 자계 파형



(b) FFT 결과

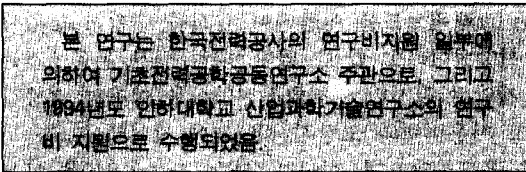
그림 14. 인버터구동형 유도전동기가 1800rpm으로 운전될 때의 자계파형과 FFT 결과

Fig. 14. Magnetic field waveform and its FFT result when the induction motor with an inverter is operated to the speed of 1800 rpm.

동기의 회전체 관성특성과 부하토크의 변동에 따라 변화됨이 확인되었다.

4) 인버터구동형 유도전동기는 저속운전시 많은 고조파 성분이 포함되어 있으며, 부하전류에는 100[Hz]~300[Hz]의 고조파 성분도 강하게 관측되었다.

5) 전동기와 같은 유도성 부하의 운전 또는 기동시에 고조파를 발생하는 설비에서는 제2, 제3조파 성분 이외에 1/2, 1/3분조파와 이들의 배수 조파가 강하게 발생되므로 이들 고조파의 저감대책이 필요하며, 조작회로 및 보호계전기 회로와 같은 소세력 회로의 설계시에는 이들의 고조파에 의한 영향도 고려하여 오동작이 발생되지 않도록 전자차폐장치를 설계하여야 한다.



참 고 문 헌

1) F.M. Tesche and P. R. Barnes, "Transient response of a distribution circuit recloser and control unit to a high-altitude electromagnetic pulse and lightning",

IEEE Trans., Vol. EMC-32, No.2, pp.113~124, 1990.
 2) J. D. Dyson : "Measurements of Near Fields of Antenna and Scatters", IEEE Trans., Vol. AP-21, No. 4, pp.446~452, 1973.
 3) R. Malewski : "Measurements of the Transient Electric and Magnetic Fields in H. V. Lab.", IEEE Trans., Vol. PAS-101, pp.4452, 1982
 4) J.A. Cameron : "The Effects of Induced Cable Currents on Electric and Magnetic Measurements", IEEE CH2116-2, pp.296~299
 5) T.F. Trost and K. P. Zaefel : "Broadband Electromagnetic Sensors for Aircraft Lightning Research" NASA Conf. pp. 131~152, 1980
 6) 이복희, 길경석, 박형기, "전기기구의 운전에 의하여 발생하는 자계의 측정", 대한전기학회 논문지, Vol. 43, No6, pp.1001~1009, 1994.5
 7) 이복희, 전덕규, 길경석, "형광등의 사용중에 발생하는 자계파형의 측정과 해석", 조명 전기설비학회지, Vol.8, No.4, pp.330~337, 1994.8
 8) 이복희, 정승수, 박형기, 이경옥, 백용현, "동축케이블을 이용한 자기적분형 자계센서", 대한전기학회 방전 및 고전압연구회 춘계학술발표회 논문집, pp.56~59, 1992.4
 9) 種田則一, "革新する配電技術の重要テーマ"電氣雜誌, オーム社, 1983, pp.98-102
 10) K.Toru, "技術課題としての高調波・ラジオノイズ", 電氣設備學會誌, Vol. 13, pp.709~716, 1994.

◆ 著者紹介 ◆



이 복 희(李福熙)
 1954년 6월 29일생. 1980년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 인하대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 일본 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 현재 인하대 공대 전기공학과 부교수.



길 경 석(吉暎碩)
 1962년 6월 30일생. 1984년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 인하대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 인하대 대학원 전기공학과 박사과정.