

데이터 분석 알고리즘을 이용한 철손 측정

*이동현, 홍선기
호서대학교 전기정보통신공학부

A study on Iron Loss Measurement in Electric Machines

*Dong-Hyun Lee, Sun-Ki Hong
Servo Machines & Control Lab. School of Electrical Engineering, Hoseo University

Abstract - The iron loss in electric machines takes large part of machine losses and the reduction of iron loss brings the increase of the efficiency. In the rotating machines, however it is very difficult to calculate the iron loss and to get the exact experiment result because the measuring processes are very complex and laborious. As is well known, the relation between the flux density B and the magnetic field intensity H relation is not linear. For the iron loss, B and H must be measured and usually B becomes the reference wave(sine wave) and the following H is measured using H-coil. To make the B as sine wave, B is controlled by some devices. The error is controlled to become zero by the proposed algorithm which uses the bisection algorithm. The experiments are compared with the simulation results, and they show acceptable agreements.

1. 서 론

전기기기에서 철손은 손실에 큰 부분을 차지한다. 철손을 해석 할 수 있다면 많은 전기기기의 효율이 증가할 수 있을 것이다. 그러나 철손을 정확히 해석 한다는 것은 많은 어려움이 따른다. 특히 회전기기에서의 철손은 계산이 매우 어렵거나 실험식으로 잘 일치 하지 않는다. 철손을 계산하기 위해서는 B(자속밀도)와 H(자계의세기)를 측정하여 히스테리시스 곡선을 해석하는 작업이 필요하다. 이 문제를 신호conditioning 기능을 가진 데이터 분석 보드와 컴퓨터 기반의 제어와 계측 솔루션을 가진 그래픽컬 언어로 해결을 하였다. 임의의 정 사각면적에서 B와 H를 측정할 때 위해선 Bx By 두 채널로 설정하는 것이 필요하다. Bx는 정현파 By는 여현파로 두어서 원을 만들어 회전시킬 때의 Hx와 Hy를 측정한다. 측정 알고리즘은 2분할(Bisection)을 사용하였고 구성 환경은 그림 1 과같이 PC에서 임의의 출력을 내보내고 다시 제 환 신호를 받아서 제어 하는 식으로 하였다.

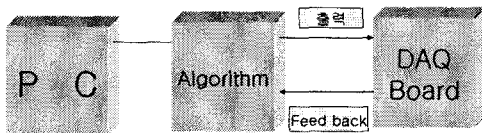


그림 1. B-H측정 환경 구성도

2. 본 론

2.1 B-H 측정

전압의 증감에 따라 B가 선형으로 변화하지 않기 때문에 수식에 의한 전압과 B의 관계를 정확히 예측 하는 건 불가능하다, 그렇기 때문에 B를 원하는 파형을 만들었을 때의 전압테이블을 알고리즘과 하드웨어를 통해 작성한다. 보여 지는 파형들은 $f = 60\text{Hz}$ 피크치는 3으로 설정을 하였다. 우선 Bx를 기준으로 맞춰줄 기준 파형을 그림3과 같이 설정한다. 다음은 By로 맞춰줄 기준 파형을 그림4와 같이 설정한다. 이미 텍스트로 저장해 놓은 Array값을 토대로 임의의 실험 파형인 삼각파형을 발생한다. 이 삼각 파형은 전압의 출력에 따라 일정하게 조절되지 않을 자속밀도를 임의로 가상한 것이다. 이때 출력 파형을 다시 하드웨어 적으로 입력을 받은 후, 입력 받은 파형을 320Array로 추출한다. 이때 사인파의 시작부터 받게 되는데 시작점을 찾는 알고리즘을 사용하였다. 사인파형과 이 입력 받은 삼각 파형을 element단위로 비교해서 오차가 0.01이 될 때까지 전압의 증감을 반복시킨다. 한번 비교 할 때 마다 두 파형을 비교하는 시간에 출력 파형이 지나가는 일이 생기기 때문에 비교할 때 마다 항상 원점에서 비교해야 한다. 그렇기 때문에 탈자를 통해 원점으로 돌린 후 다시 시작 한다.삼각 파형을 발생 시키는 텍스트에는 증감된 값이 저장이 되고 이 루틴을 계속 반복하다 오차가 0.01 이내로 들어오면 바이섹션 루틴을 시작하게 된다. 오차가 0.001이내로 들어오는 값이 되면 이 값을 저장한다. 이러한 루틴의 반복으로 320개(한주기)의 전압 테이블을 만든 후 프로그램을 종료한다. 이 320개의 전압 테이블을 출력으로 다시 내보내 주면 원하는 자속밀도를 생성할 수 있다.

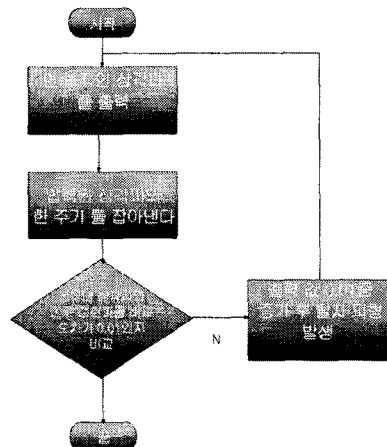


그림 2. 알고리즘 순서도

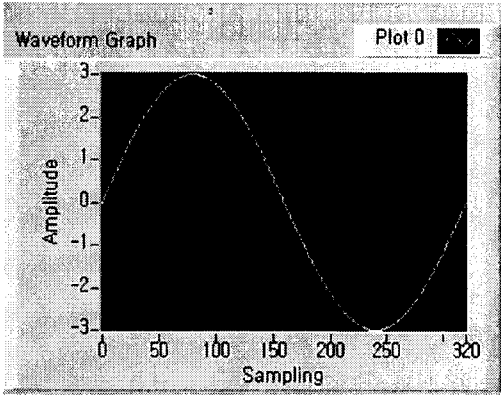


그림 3. Bx 기준정현파

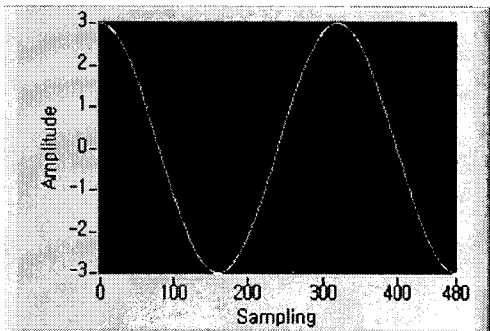


그림 4. By 기준 여현파

2.1.1 2분활법

주로 비선형 변환 블록에서 마니 사용하는 수치해석 알고리즘 2분활법과 뉴턴 랩스 법이 있는데 2분활법을 사용 하였다. 2분활법은 근이 존재하는 구간을 반으로 나누어 가며 $f(x)=0$ 의 근을 계산하는 방법이다. 구간 $[a, b]$ 에서 $f(a), f(b)$ 의 부호가 다르면 (즉, $f(a) \times f(b) < 0$), 이 구간 $[a, b]$ 사이에 반드시 해가 존재하므로, 구간 $[a, b]$ 를 $[a, (a+b)/2]$ 와 $[(a+b)/2, b]$ 의 두 구간으로 나누어 해가 존재하는 구간을 판정한다. 그 구간을 이등분하여 위의 과정을 오차가 0.001 내에 들 때까지 반복한다. 기준자속 밀도 파형에 전압의 증감에 따라 변하는 자속 밀도를 이와 같은 방법으로 맞춰 나간다. 그림 5와 5-1은 이분활법 프로그래밍 알고리즘 블록도이다. 수치해석의 수식을 아이콘의 조합으로 해결 하였다.

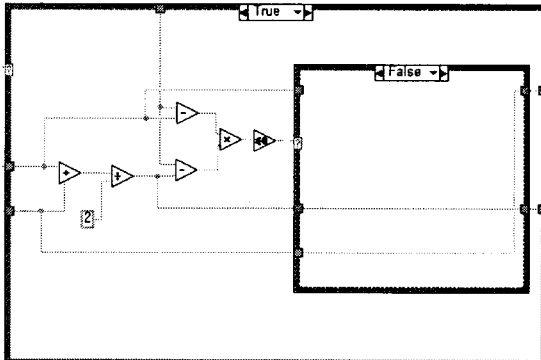


그림 5. 2분활법 알고리즘 블록도

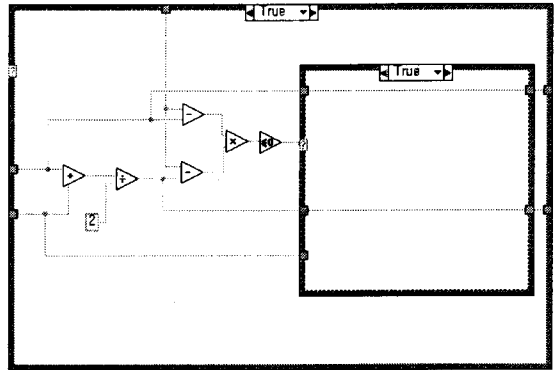


그림 5-1 2분활법 알고리즘 블록도(다른 조건일때)

2.1.2 탈자 파형

두 파형을 비교 할 때 시간 지연의 문제 때문에 입력쪽의 파형을 다시원점으로 돌려놓을 필요가 있다. 그렇기 때문에 이와 같은 과정이 꼭 필요하다. 삼각파형과 기울기가 1에서 0으로 떨어지는 직선의 방정식과 삼각파형의 곱으로 만든 이 탈자 과정은 탈자 시에 한번의 과정에선 잔류 자속 밀도가 남기 때문에 자속을 0으로 만들기 위해선 그림 5와 같이 여러 번 도는 전압을 발생 시켜 히스테리시스 곡선을 회전 하면서 점점 작아지는 히스테리시스 루프를 그리면서 원점으로 돌아 올수 있는 방법을 제시한다. 탈자의 시간은 직선 방정식의 샘플링 시간으로 표현 될 수 있다. 탈자를 만들어낸 프로그래밍 블록도를 그림 5-1에 표현하였다.

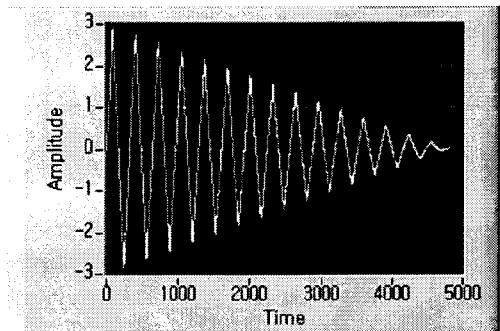


그림 5. 탈자 파형

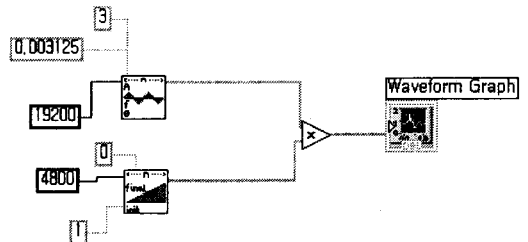


그림 5-1. 탈자 프로그래밍 블록도

2.1.3 입출력 부

그림 6과 6-1-6-2는 차례로 파형 출력부와 출력된 파형이 입력되는 블록도, 비교 블록도이다.

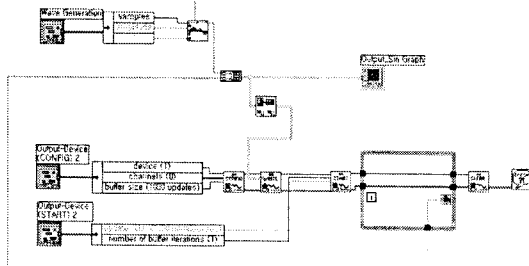


그림 6. 출력부

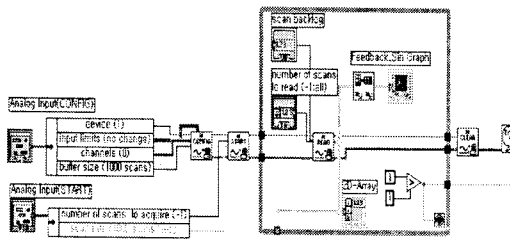


그림 6-1. 입력부

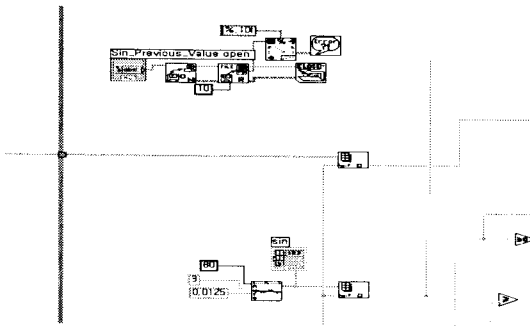


그림 6-2.비교부

2.2 실험 결과

보드에서 기준 파형과 임의의 출력 파형을 발생하여 맞추어 가는 실험을 하였다. 이것은 실제 전압의 어느 정도 증감에 따라 원하는 자속밀도를 맞출 수 있는지 전압의 테이블 작성하는 것으로서 기준 사인 파형 자속밀도와 시편에서의 실제 자속밀도를 맞출 때의 전압을 실제 실험으로 구한다. 실제 프로그램을 구동해 본 결과 그림 6과 7 같이 파형이 기준으로 세팅해 놓은 파형과 맞추려 했던 파형이 일치 하는 것을 알 수 있다. 그림 6은 두 파형을 동시에 보여준 것 인데 파형2개가 동시에 겹쳐 하나의 파형 밖에 나오지 않은 것처럼 보여진 것이다. 그 밑에 그림7이 기준 파형을 없애고 다시 보여준 그래프이다.

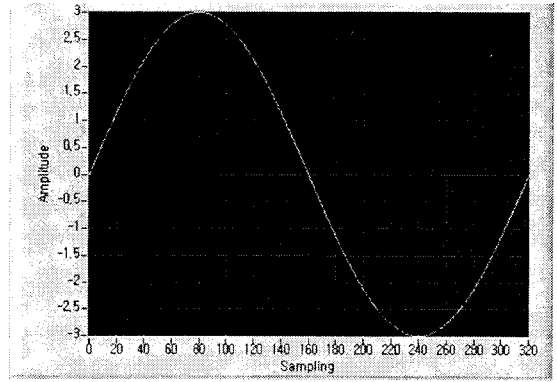


그림 6. 기준 정현파 파형

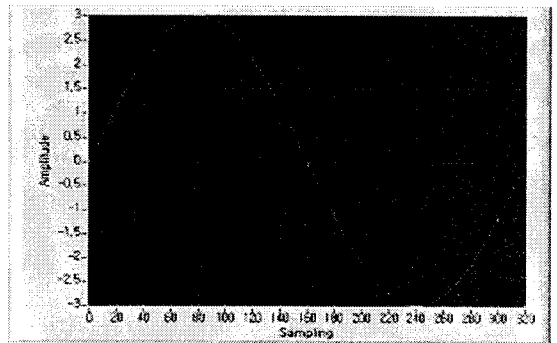


그림 7. 기준파형에 맞춰간 실제 출력 파형

3. 결 론

본 논문에서는 데이터 수집 보드와 바이섹션 알고리즘을 통해 근을 알아가는 과정으로 B와 H를 정확히 측정할 수 있도록 하였다. 전압에 따른 목적 자속밀도를 빠르게 찾아 가기 위해서 2분활법을 사용하였고 정확한 정현파 시작점을 찾아내는 알고리즘을 구현하였다. 또한 근을 찾아내는 동안 출력 파형이 시간적으로 지나가 버리는 문제를 탈자를 통하여 해결 하였다. 이를 바탕으로 위의 시뮬레이션을 검증할 예정이다.

본 연구는 산업 자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(O2-중-07) 주관으로 수행된 과제임

[참 고 문 헌]

- [1] 김규철, 나연목, "알기 쉬운 수치 해석", 시그마프레스 pp33-39, 1996
- [2] 장도현, 차귀수, 신대철, 홍선기. "전기기기공학", SciTech media, pp1-40, 1998
- [3] 째두영, "LabVIEW 컴퓨터 기반의 제어와 계측 Solution" Ohm사, 2002
- [4] Enokizono M, Shimoji H, Horibe T, "Loss evaluation of induction motor by using magnetic hysteresis E&S/sup2/ model", IEEE Trans, vol. 38, pp2379-2381, 2002
- [5] Enokizono M, Yuki K, Kanao S, "Magnetic field analysis by finite element method taking rotational hysteresis into account", IEEE Trans, vol. 30, pp3375-3378, 1994