

JAVA를 이용한 변압기, 유도전동기, 교육 및 설계 패키지 개발에 관한 연구

김 광 훈, 김 영 민, 허 원
공주대학교 전기공학과

A Study on the Development of an Education and Design Package for Transformer and Induction Motor Using JAVA

Gwang-hun Kim, Young-min Kim and Won Ho

Department of Electrical Engineering, Kongju National University

Abstract - There have been great advances in communication and networking in recent times. It is necessary to take advantage of this information infrastructure for the purpose of developing an engineering education system. But the networking system was expensive or hard to develop. The current international networking is converging to the use of the World Wide Web system. It has become a new standard for global network communication. But there are not a great number of applications which take full advantage of this environment.

In this paper, an interactive education system for engineering education using the World Wide Web will be presented. This can be used as a supplementary kit for engineering education of transformer, induction motor design. The system is developed using JAVA and can be accessed using Web browsers.

1. 서 론

공학을 포함한 여러 분야에서 교육은 지금까지 피교육자 스스로가 탐구하고 학습하는 것보다는, 교과 과정에 따른 이론 위주의 주입식 교육이 주류를 이루고 있다. 21세기를 대비하는 미래 지향적인 교육은 다양한 교육 매체를 활용하여 보다 능동적이고 자율적인 학습 환경을 요구한다.

컴퓨터의 출현과 네트워크 기술의 발달은 이러한 요구를 만족 할 수 있는 여건을 만들어 주었으며, 상호 교류적 교육, 즉 교육자와 피교육자 양방향의 의사 전달이 가능한 교육에 대한 여러 가지 실험적 방법론이 제시되었다.

본 논문에서는 최근 인터넷용 프로그래밍언어로 주목받고 있는 JAVA를 이용하여 변압기, 유도전동기 교육 및 설계 프로그램을 개발하고, 네트워크를 통하여 장소와 시간에 제한 받지 않는 새로운 교육 환경에 대한 모델을 제시하고자 한다.

상호 교류적인 교육은 공학교육, 특히 복합적인 개념의 이해와 원리를 다루는 분야에 대하여 탁월한 교육효과를 거둘 것으로 예상되며 전기기계, 그 중에서도 변압기, 유도전동기 분야에 대한 구체적인 프로그램 개발을 통해 교육 및 설계 용도로 사용할 수 있다.

2. 본 론

2.1 개발 도구 : JAVA

JAVA는 WWW(World Wide Web)에서 운용되는 네트워크 기반 프로그램으로 다른 종류의 시스템에서도 프로그램을 실행할 수 있는 특징이 있다.

JAVA는 C++와 유사한 구조를 갖고 있으며 종래의 html 혹은 CGI 등의 방식에 의해 제한되었던 여러 가지 기능들을 구현 가능하게 하므로, 인터넷용 프로그램으로서 정적인 기능으로부터 동적인 기능을 추가해주는 혁신적인 역할을 담당하고 있다. 세부적인 특징을 살펴보면 다음과 같다.

-임의의 시스템(DOS, Win95, Windows NT, UNIX)에서 운용할 수 있으므로 경제적이며 실용적이다.

-JAVA는 실제의 프로그램이 운영되는 것과 똑같이 홈페이지상에서도 프로그램 수준의 기능을 삽입할 수 있으며, 편리한 GUI 환경을 제공한다.

-JAVA는 멀티스레드라는 기능으로 여러 개의 작업을 병렬 적으로 처리할 수 있으며, 한 개의 프로그램당 하나의 작업이라는 개념을 뛰어넘어 다중작업운영이라는 장점을 제공한다.

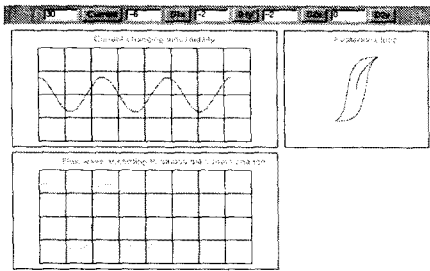
-JAVA 기술은 네트워크상에서 보안성이 우수하여 외부 침입자로부터 프로그램과 데이터를 보호할 수 있도록 한다.

-JAVA는 객체지향(Object Oriented Programming) 개념의 광범위한 도입으로 프로그램 설계, 유지, 보수가 쉽다.

2.2 변압기 관련 프로그램

변압기는 전기기계의 주요 교육 분야 중의 하나로 총 4개의 프로그램을 JAVA를 이용하여 개발하였다. 개발 프로그램은 히스테리시스곡선, 전류 변화에 대한 자속의 변화의 관계, 렌쯔의 법칙, 변압기등가 파라미터를 결정하기 위한 변압기 시험법을 다루었다.

2.2.1 히스테리시스곡선



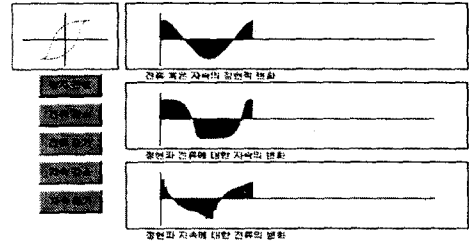
[그림 1] 히스테리시스 곡선

실제로 자속과 전류와의 관계는 비선형적인 특성을 갖게 된다. 이른바 히스테리시스 곡선은 이러한 관계를 나타내는 것으로 전류가 증가하는 경우와 감소하는 각각의 경우 다른 궤적을 따라서 자속이 발생한다. 이러한 히스테리시스 곡선에 변화를 주어 그 특성을 확인하는 프로그램을 작성하였다. 그림1은 프로그램을 실행시켰을 때의 결과를 보여준다.

2.2.2 전류변화에 대한 자속변화의 관계

변압기 1차권선에 정현파 교류 전압을 가해주면 여자 전류가 흐르고, 철심 내에는 정현파 교번자속이 생긴다. 실제의 변압기에서는 변압기 철심에 자기 포화와 히스테리시스 현상 때문에 1차 권선에 공급된 전류가 정현파이더라 비 정현파가 된다.

프로그램에서는 1차에 정현파 전류를 입력 하였을 때 변압기 철심에 발생하는 정현 자속의 변화를 볼수 있다. 또한 프로그램에서 정현파 자속을 발생



[그림 2] 전류에 의한 자속의 변화와 자속에 의한 전류의 변화

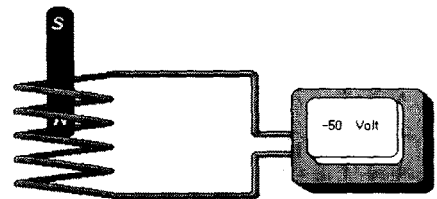
하기위한 전류의 입력파형을 관찰할 수도 있다. 그림2는 프로그램을 실행 하였을 때의 결과이다.

2.2.3 렌쯔의 법칙

변압기의 2차측에 유기되는 기전력은 렌쯔의 법칙에 의해 설명된다. 하나의 회로에 쇄교하는 자속이 시간적으로 변화할 때 회로에는 유기 기전력이 발생한다. 이것을 Farady 법칙이라고 한다.

$$e = - \frac{N \Delta \Phi}{\Delta t} \quad (1)$$

유기 기전력의 크기는 자속의 변화율에 비례하고, 그 방향은 유기 기전력에 의해서 회로에 전류가 흘렀을 때 그 전류에 의해 발생하는 자속이 자속변화를 방해하는 방향으로 발생한다. 유기 기전력의 방향에 관한 법칙을 Lenz의 법칙이라고 한다.



[그림 3] 렌쯔의 법칙

그림3은 렌쯔의 법칙을 설명하는 프로그램이다. 프로그램을 실행하여 마우스로 막대 자석을 선택하고 아래로 끌면 전압계에 유기기전력이 +로 유기되고 정지하면 '0' 막대자석을 위로 끌면 -로 되는 것을 확인 할 수 있다.

2.2.4 등가 파라미터 시험법

변압기의 등가파라미터를 결정하기 위하여 개방 시험과 단락시험을 실시한다. 개방 회로 시험은 정격전압을 한 권선에만 인가하고, 다른쪽 권선을 개방하는 시험이다. 이 시험에서는 변압기의 철손에 관한 정보를 얻을 수 있다. 단락회로 시험은 저압측을 단락하고, 고압측 권선에 정격전류가 흐르게 하는 방법으로 변압기의 동손을 측정할 수 있다.

Vsc : 단락시험시 측정된 전압

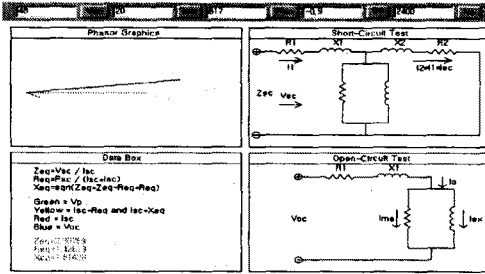
Isc : 단락시험시 측정된 전류

Psc : 단락시험시 측정된 동손

PF : -0.9는 지상 역률, +0.9는 진상 역률

Vp : 변압기의 1차측 전압

Vsc를 변환 시킨 다음 Vsc 버튼을 클릭 한 후에 다시 화면을 클릭하면 변화된 벡터도와 Data Box에 시험 파라미터의 결과가 나타난다.



[그림 4] 개방회로 시험과 단락회로 시험

2.3 유도전동기 관련 프로그램

유도전동기의 고정자 권선에 3상 교류전원이 인가되는 것은 동기기와 유사하고 마찬가지로의 원리로 회전 자계가 발생한다. 다만 동기기와는 달리 회전자는 자속을 발생하는 영구자석이나 전자석이 아닌 평범한 도체 혹은 도체구조물로 되어있다. 회전자계는 동기속도로 회전하며 이는 기동시에 정지되어있는 회전자 구조물과 교차하여 전압을 유기하고 순환 전류를 발생 시킨다. 이 순환 전류가 토크를 발생하게 하며 유도기는 동기기와는 달리 기동시에도 기동할 수 있는 토크를 갖게 된다. 이러한 구조적인 원리를 등가회로로 해석하여 속도-토크 곡선을 얻을 수 있다.

2.3.1 회전자계의 발생

고정자에 120도 위상차가 있는 3상 교류 전원을 기계적인 각도 120도를 갖는 고정자 코일에 인가하면 120도 위상차를 갖는 자계가 형성된다. a, b, c 3상에서 형성된 자계를 매순간 공간상에서 벡터적으로 합성해서 관찰하면 하나의 일정한 크기와 일정한 속도로 회전하는 자계가 형성된다. 이것을 회전자계라고 한다.

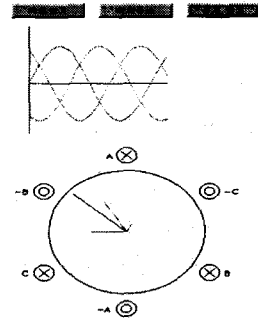
각 코일 a, b, c에 흐르는 전류를

$$\begin{aligned} i_a &= I_m \sin \omega t [A] \\ i_b &= I_m \sin \left(\omega t - \frac{2}{3} \pi \right) [A] \\ i_c &= I_m \sin \left(\omega t - \frac{4}{3} \pi \right) [A] \end{aligned} \quad (2)$$

라고 하면 이들 전류에 의해서 발생되는 자계의 크기는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \phi_a &= k I_m \sin \omega t = \phi_m \sin \omega t [AT/m] \\ \phi_b &= k I_m \sin \left(\omega t - \frac{2}{3} \pi \right) = \phi_m \sin \left(\omega t - \frac{2}{3} \pi \right) [AT/m] \\ \phi_c &= k I_m \sin \left(\omega t - \frac{4}{3} \pi \right) = \phi_m \sin \left(\omega t - \frac{4}{3} \pi \right) [AT/m] \end{aligned} \quad (3)$$

프로그램을 실행하면 3상 교류에 의해 회전자계가 발생하는 모양을 애니메이션으로 확인할 수 있으며 회전자계의 속도도 변화를 시켜볼 수 있다.



[그림 5] 회전자계의 발생

2.3.2 순환전류의 발생

유동전동기에서 회전자계는 동기전동기에서와 같은 원리로 발생된다. 각 고정자 권선에 흐르는 전류는 공간상에서 동기 속도로 회전하는 회전 자계를 발생하며 이것이 회전자와 상호 교차하게 된다. 정지하고 있는 회전자에 동기속도의 회전자계가 교차하게 되면 회전자에는 회전자계와 동일한 주파수의 전류가 유기된다. 이때 회전자에 유기되는 전류는 변압기와 같은 원리로 발생하게 되는 것이다. 회전자가 회전하기 시작함에 따라 상호 교차되는 전류의 주파수는 점점 감소하게되며 동기속도로 회전자가 회전하는 경우에는 회전자에는 유기되는 전류가 없다. 그리고 회전자에 유기되는 전압과 주파수는 다음과 같다.

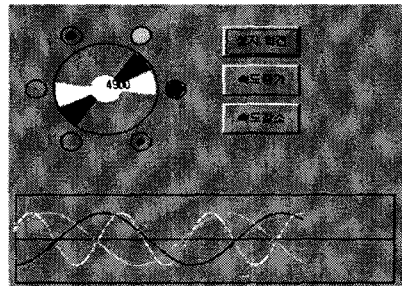
$$\begin{aligned} E_R &= s \times E_{BR} \\ f_R &= s \times f \end{aligned} \quad (4)$$

E_R : 슬립s에서 한 상당 회전자 유기전압
 E_{BR} : 한상당 구속회전자유기전압
 f_R : 회전자 주파수

이 회전자유기전압은 회전자에 순환전류를 발생하게 되며 그 전류는 다음과 같다.

$$I_R = \frac{s E_{BR}}{\sqrt{R_R^2 + (s X_{BR})^2}} \quad (5)$$

R_R : 회전자 저항
 X_{BR} : 정지시의 회전자리액턴스



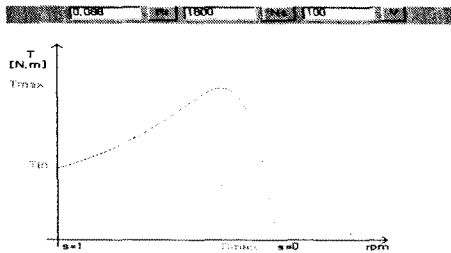
[그림 6] 회전자 전류

그림6은 순환전류발생 프로그램이며, 회전, 정지 버튼은 회전자의 회전을 정지 혹은 회전을 하도록

조정하는 토크 버튼이다. 속도증가 버튼은 회전자의 회전속도를 증가시킬 수 있고, 속도감소 버튼은 회전자의 회전속도를 감소시킬 수 있다. 속도증가 버튼을 2-3회 누르면 정지하고 있던 회전자에 회전하게 되며 회전자와 회전자계간의 상대적인 유기 전류의 주파수가 감소하는 것을 확인 할 수 있다. 속도증가 버튼을 계속누려서 회전자와 회전자계가 동일한 회전속도로 회전하도록 하면 상호 교차에 의한 유기 전류는 없게 된다.

2.3.3 속도-토크 특성곡선

유도 전동기의 속도-토크 특성은 다른 전동기에 비해 비선형적인 곡선으로 나타난다. 이러한 속도-토크 특성은 등가회로와 수식을 통해 정지시에도 어느 정도의 토크가 발생하고, 최대토크는 동기속도보다 약간 낮은 곳에서 발생한다는 것을 확인 할 수 있다. 이러한 속도-토크 특성을 이용하여 농형 유도 전동기에서는 기동시에는 회전자 임피던스를 크게하여 저전류로 기동토크를 발생하게 하고 최대 토크에 이르면 회전자 임피던스를 줄여 효율을 증가하여야 하는 원리를 이해할 수 있다.



(그림 7) 유도전동기의 토크-속도곡선

3. 결 론

이상의 내용에서 살펴본 바대로 상호 교류적인 교육도구의 개발은 전 교육분야에 걸쳐 이용될 수 있다. 본 논문에서는 소개한 히스테리시스 곡선, 전류 변화에 대한 자속의 변화의 관계, 렌쯔의 법칙, 변압기등가 파라미터를 결정하기 위한 변압기 시험법, 회전자계의 발생, 순환전류의 발생, 토크특성곡선을 개발하여 현재 교육과정에 이용하고 있다.

이와 같은 교육도구는 변압기 및 유도전동기에 대한 전반적인 개념이해와 응용에 큰 도움을 줄 수 있을 것이며 인터넷을 통한 프로그램 수준의 교육 도구 개발의 방향을 제시해 준다.

(참고 문헌)

[1] Paul M.Tyma, and Troy Downing, "JAVA PRIMER PLUS", The Waite Group, Inc 1996.

- [2] Nataraj Nagratnam, Brian Maso, Arvind Srinivasan, "JAVA NETWORKING AWT API SUPERBIBLE", The Waite Group, Inc 1996
- [3] Perter F.Ryff, "ELECTRIC MACHINERY", Prentice Hall, Inc 1994
- [4] A.E.Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr and Stephen D.Umans, "ELECTRIC MACHINERY", McGraw-Hill, Inc 1990
- [5] 천희영외 2명, "전기기기", 야정문화사, 1971
- [6] Won Ho, Joung-Huck Lee, "Development of an Interactive Education System for Engineering Education"
- [7] 허원, 이종혁 "JAVA를 이용한 직류기 교육도구 개발 및 설계 패키지에 관한 연구", 대한전기학회 창립 50주년 하계학술대회 논문집 p27~29
- [8] The Joint Task Force on Engineering Education Assessment, "A Framework for the Assessment of Engineering Education", ASEE Assessment White Paper, June, 1996
- [9] K.C.Hopson and Stephen E.Ingram, "Developing Professional JAVA APPLETS", Same.net.Publishing, 1996, summer 1995
- [10] H.Bungay, M.w.Kuchinski, "The world wide web for teching chemical engineering", The Division of ASEE, summer 1995