

사용자 편의성이 향상된 콘덴서 구동형 단상 유도전동기 특성해석 프로그램의 개발

정인성, 김영중*, 성하경

전자부품연구원 지능메카트로닉스연구센터, 한국산업기술평화촉진사업 한국산업기술평화촉진사업 한국산업기술평화촉진사업

Development of an User-Friendly Designed Characteristics Analysis Program of Permanent-Split Capacitor Single-Phase Induction Motor

In-Soung Jung, Young-Jung Kim*, Ha-Gyeong Sung

Korea Electronics Technology Institute, Korea Polytechnic University*

Abstract - This paper presents an window based user-friendly designed characteristics analysis program of permanent-split capacitor single-phase induction motor. For the analysis, equivalent magnetic circuit and symmetrical coordinate method are used. The saturation effect and iron loss of stator and rotor core are considered. The analysis program is made to GUI type which can be used easily by many elementary designer. The accuracy of analysis is verified by comparison with experimental results.

1. 서 론

단상 유도전동기는 일반 상용 전원을 그대로 이용할 수 있으며, 제작의 편의성에 따른 저렴한 가격 때문에 가전용 제품을 비롯하여 여러 분야에서 다양한 용도로 활용되고 있다. 반면 효율이 낮고 속도제어성이 나쁘다는 등의 단상 유도전동기의 단점으로 인하여 최근 들어서는 보다 고효율 특성을 가지는 영구자석형 모터로의 대체 개발이 많이 이루어지고 있으나, 아직까지도 3상 및 단상 유도전동기는 사회 전반의 다양한 응용분야에서 많이 사용되고 있는 전동기라고 할 수 있다.

순 단상유도전동기는 기동토크가 없으므로 통상 기동 토크를 발생시키기 위하여 고정자에 보조권선을 추가하게 되는데, 특히, 보조권선에 콘덴서를 삽입한 콘덴서 구동형 단상 유도전동기는 기동 토크가 크며, 역률 및 효율이 좋다는 장점을 가지고 있기 때문에 널리 이용되고 있다.

그러나, 유도전동기는 영구자석형 전동기와 달리 회전자에 유기되는 와전류에 의해 토크가 발생하므로 해석을 위해서는 시간미분항을 가지는 와전류를 고려해야 하는 등 해석적인 면에서는 상당히 어려운 대상이다. 특히, 단상 유도전동기는 평형 다상 유도전동기와 달리 상간의 불평형이 존재하여 이를 고려한 해석방법에 어려움이 따르고, 다상 유도전동기에 비해 효율의 저하와 전원 주파수의 두 배로 맥동하는 진동 토크가 발생하여 진동, 소음 등의 문제점을 갖고 있으므로 평형 다상 유도전동기와는 다른 해석 방법이 요구된다.

전동기의 해석 방법으로는 크게 등가회로법 등에 의한 수치적 방법과 유한요소법 등 수치해석적 방법으로 나눌 수 있으며, 최근 들어서는 컴퓨터 및 전문 소프트웨어의 발달에 따라 수치해석법의 사용이 점차 늘어나고 있는 추세이다. 그러나 선처리 작업에 걸리는 시간이 적지 않고, 유도전동기의 경우 와전류 해석이 추가되어야 하는 등 유도전동기의 설계 단계에서 수치해석법을 적용하기에는 많은 어려움이 따른다. 특히, 현실적으로 유도전동기를 설계/생산하는 많은 국내의 인력들의 수준이 수치해석법 같은 고급 기술을 익히는 데에는 많은 한계가 있는 것도 커다란 제약요인이라 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 오랜 기간동안 많은 전문가들에 의해 정립되고 증명되어 온 단상 유도기의 제반 회로정수들의 산출법을 이용하고, 등가회로법을 기반으로 한 단상 유도전동기의 특성해석 프로그램을 개발한 내용을 보고하고자 한다. 생산 현장에서의 일반 설계자들이 쉽게 이용할 수 있도록 Windows 기반의 GUI(Graphic User Interface) 방식으로 프로그램을 개발함으로써 사용법에 대한 전문 교육이나 전문적인 설계지식이 없이도 이용할 수 있게 하였다.

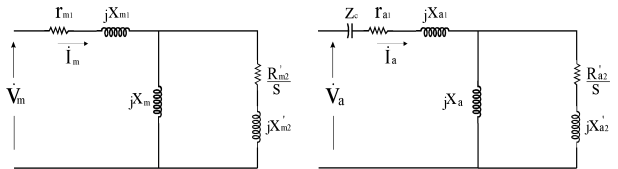
2. 본 론

2.1 단상 유도전동기의 등가회로 구성

콘덴서 구동형 단상 유도전동기의 각 권선의 등가회로를 구성하면 그림 1과 같이 구성된다. 콘덴서 구동형 단상 유도전동기의 등가회로 구성은 회전자계설의 이론을 바탕으로 하여 전동기 각 상의 불평형 상태를 해석하기 위해, 각 상 불평형 상태를 각각의 대칭 성분으로 분해해서 해석하는 대칭 좌표계법(symmetrical coordinate method)을 이용하였다[2].

등가회로 회로정수 산정시 고정자측 저항 및 고정자측 누설리액턴스,

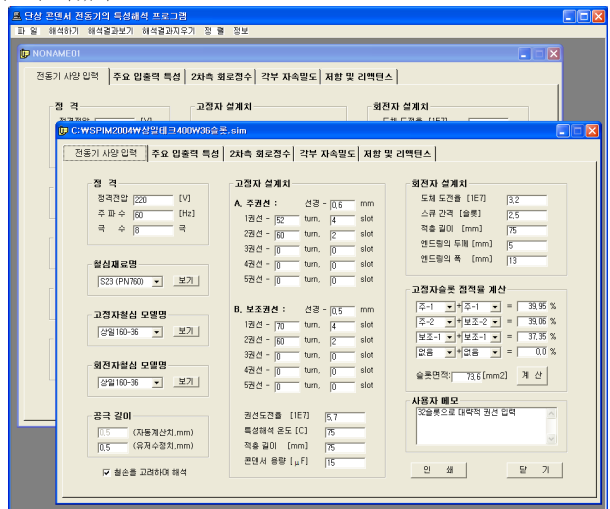
회전자측 도체 바의 저항과 회전자측 누설리액턴스의 계산은 기존의 문헌들에 제시된 회로정수식을 이용하였으며[1], 고정자 및 회전자 누설리액턴스의 슬롯누설리액턴스 계산은 슬롯모양에 따라 슬롯상수를 구하는 방법을 이용하였다. 또한, 등가회로의 신뢰성에 큰 영향을 미치는 여자 리액턴스 산정은 기존의 포화계수 값을 슬림에 관계없이 일정하게 부여하여 결정하는 기존의 방법과는 달리 포화계수에 초기 값을 부여하여 임의의 여자 리액턴스를 결정한 후, 전 슬림을 통하여 단상 유도전동기의 회로 방정식으로부터 이를 반복 계산하여 수렴시키는 방법으로 계산하였다[2]. 또한 철심의 종류에 따른 철손 데이터를 기준으로 하여 철손을 고려함으로써 해석결과의 정확성을 높였다[3].



(a) 주권선 등가회로 (b) 보조권선 등가회로
〈그림 1〉 콘덴서 구동형 단상 유도전동기의 등가회로

2.2 Visual Basic을 이용한 GUI 방식의 특성해석 프로그램 개발

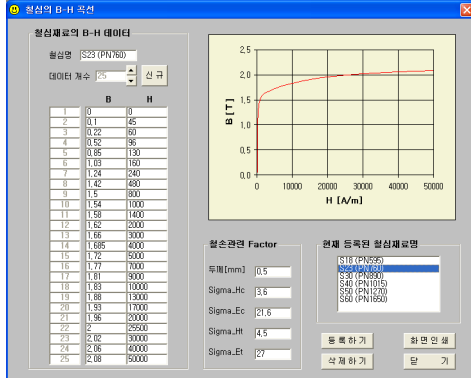
대학원 이상에서 전문적으로 전동기의 해석 및 설계를 전공한 전문가들의 경우에는 유도전동기의 해석 및 설계에 필요한 기본적인 지식을 갖추고 있을 뿐만 아니라 유한요소법 등 전문적인 tool을 사용할 수 있는 분들이 많다. 그러나 실제 유도전동기를 생산하는 다수의 중소기업들의 경우에는 높은 학력의 전문설계인력을 보유한 경우가 매우 드물며, 외국 모터를 그대로 벤치마킹하거나 오랜 경험에 기반하여 유도전동기의 설계를 진행하는 경우가 대부분이다. 따라서 본 연구에서는 유도전동기 생산 현장에서의 일반 설계자들이 쉽게 이용할 수 있도록 Windows 기반의 GUI(Graphic User Interface) 방식으로 프로그램을 개발함으로써 사용법에 대한 전문 교육이나 전문적인 설계지식이 없이도 쉽게 이용할 수 있게 하였다. 그림 2는 개발된 프로그램의 메인 실행창을 나타내고 있다. 하나의 주된 창 내에 여러개의 해석창을 열 수 있도록 하여 파라미터의 변경에 따른 특성치의 결과를 용이하게 비교할 수 있도록 하였다.



〈그림 2〉 개발된 해석 프로그램의 메인 실행창 및 해석창

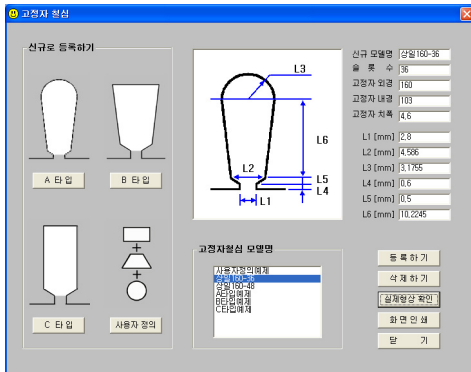
그림 2의 하나의 해석창을 살펴보면, 여러개의 탭으로 구성되어 있으며, 첫 번째 탭은 전동기의 사양을 입력하는 곳이며, 나머지 4개의 탭은 해석 결과를 나타내는 창이다. 사양입력 탭에는 전압, 주파수, 극수에 대한 기본적인 입력과 전기장관의 종류, 고정자 및 회전자 철심 형상을 입력하게 하였으며, 권선사양 및 기타 사양 입력창을 배치하였다.

그림 4와 같이 철심재료명에는 기본적인 전기장관의 종류에 따른 B-H 곡선과 철손 계산을 위한 히스테리시스 손실계수와 와전류 손실계수가 입력되어 있으며, 사용자가 데이터를 수정하거나 추가할 수 있도록 하였다.

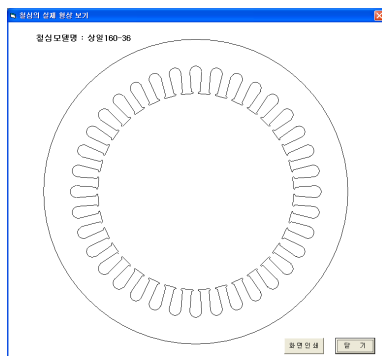


<그림 3> 전기장관의 특성 입력창

현실적으로 유도전동기를 설계하는 데에 있어서, 많은 경우 유사한 벤치마킹 대상 또는 사용할 코어를 가지고 이를 기초로 하여 코어 적층폭 및 권선사양의 설계에 들어가는 경우가 많으므로, 프로그램의 기본 구조도 이러한 설계에 유용하도록 구성하였다. 즉, 고정자 및 회전자 코어 형상을 몇가지 구비해 놓고 이를 기준으로 권선설계를 진행하기 용이하도록 프로그램을 구성하였다. 그림 4는 고정자 철심의 크기 및 슬롯의 형상을 입력하는 창을 나타내고 있다. 몇 개의 수치를 입력하면 되도록 도식화하였으며, 한번 입력한 후에는 여러 사양의 전동기를 설계시에 불러서 사용할 수 있게 된다. 또한, 이렇게 입력된 철심의 실제 형상을 그림 5와 같이 버튼 하나로 바로 그려 봄으로써 입력 과정에서의 오류 여부를 확인할 수 있도록 하였다. 이러한 방식은 회전자 철심의 입력 및 사용에도 그대로 적용된다.



<그림 4> 고정자 철심의 형상 입력창



<그림 5> 입력된 철심의 실제형상 확인창

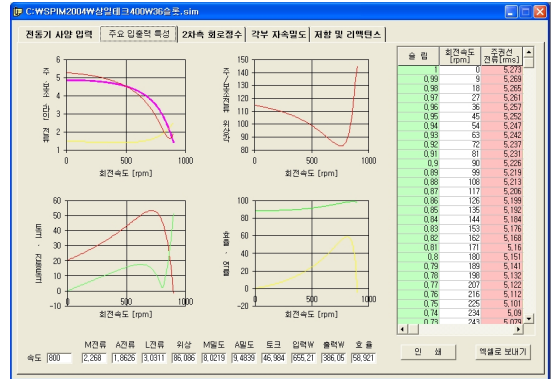
실제 설계에 있어서 중요하면서도 번거로운 작업중의 하나가 권선 설계시의 점적율의 계산이다. 따라서 본 프로그램에서는 그림 6과 같이 슬롯에 구성되는 주권선과 보조권선의 번호만 부여해주면 점적율이 자동

적으로 계산되도록 하여, 코일의 선경 및 턴수에 따라 실제 제작 가능성 여부를 바로 판단할 수 있도록 하였다.



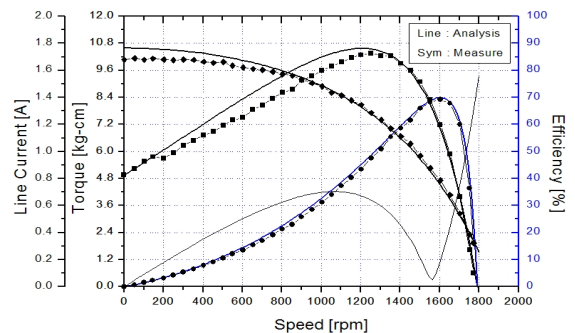
<그림 6> 슬롯 점적율 계산 창

그림 7은 해석후의 주요 결과들을 도시하는 창이다. 실제 해석은 1초 이내에 이루어지기 때문에 해석시간은 논할 필요가 없다. 해석후에는 슬롯에 따른 전류, 전류밀도, 토크, 진동토크, 출력, 효율, 역률 등이 도시된다. 이는 데이터로도 확인, 저장이 가능하며 버튼 하나로 엑셀로 연동되도록 하여 필요에 따라 각종 그래프의 편집이 가능하도록 하였다.



<그림 7> 해석 결과창 (주요 입출력 특성)

그림 8은 100W급 단상 유도전동기에 대한 프로그램을 이용한 해석치와 실제 실험치를 나타내고 있다. 전류, 토크, 효율 등에서 해석치와 실험치가 매우 유사함을 알 수 있으며, 이러한 비교를 10여개 사양의 전동기에 대하여 진행하여 본 결과 정격점에서는 평균 3%, 기동점에서는 평균 5% 정도의 오차만을 가짐을 확인할 수 있었다.



<그림 8> 해석치와 실험치와의 비교 예

3. 결 론

본 논문에서는 등가회로법을 기반으로 하여 단상 유도전동기의 특성 해석 프로그램을 개발하였다. 전문적인 지식이 부족하여도 쉽게 이용 가능하도록 데이터의 입출력 등을 간편하게 구성하였으며 다양한 사용자 편의기능을 부여하였다. 다양한 사양의 전동기에 대하여 해석을 수행한 결과 해석 결과의 정밀도에 있어서도 매우 만족할만한 수준이었다.

본 논문은 산업자원부에서 시행하고 있는 “부품소재종합기술지원사업”에 의한 연구결과이며, 관계 부처에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Cyril G. Veinott, Theory and Design of Small Induction Motors, McGRAW-HILL, 1959.
- [2] 윤상백, 홍정표, “큰덴서 구동형 단상유도전동기의 등가회로 구성 및 특성해석”, 대한전기학회논문지, Vol. 45, No. 9, pp. 1247-1254, 1996.
- [3] 원종수 역, 대학과정 전기설계학, 동일출판사, 1994.