

<권두언>

## 최근의 전기기기 해석 기술 특점을 내면서

차 귀 수

(순천향대 공대 전기공학과 교수)



20 여년 전까지만 해도 전기기계를 설계할 때는 해석적인 방법과 실험적인 방법에 의존해 왔다. 해석적인 방법은 간단한 모델에서만 적용이 가능하기 때문에 설계하고자 하는 전기기기의 형상이 조금만 복잡해지면 해석을 하는 것이 불가능하고, 슬롯 구조에 의한 불균일한 공극, 자속밀도를 높이기 위해서 사용하는 자성체의 비선형성 등을 고려할 수 없다. 따라서 해석적인 계산을 통해서 전기기기의 특성을 해석을 가능하게 하기 위해서는 많은 가정이 필요하다. 많은 가정 하에 수행된 해석적인 방법

이 타당한지를 검증하기 위해서는 실험을 해야 하나 이는 시간과 경비가 많이 소요되는 단점이 있다. 최근에 들어서는 전기기기의 전기적, 기계적인 성능을 향상시키기 위해서 기계의 형상을 더욱 복잡하게 하는 경향이 있다. 그리고 에너지절약의 관점에서 효율이 전기기기의 성능을 평가하는 가장 중요한 위치를 차지함에 따라서 고효율기기를 개발하고 있고 이를 위해서는 더욱 정확한 해석을 해야할 필요가 있다. 기존의 해석적인 방법을 이와 같은 목적에 사용하는 데에는 한계가 있으므로 새로운 해석방법이 필요하게 되었다.

기존의 해석방법을 보완할 수 있는 새로운 해석방법의 하나로 유한요소법(Finite

Element Method, FEM)을 들 수 있다. 유한요소법은 전기기기 내부의 자장분포를 큰 가정 없이 비교적 정확하게 계산할 수 있으므로 슬롯 구조를 갖는 등 형상이 복잡한 전기기기를 정확히 모델링을 할 수 있다는 장점이 있다. 이에 따라 근래에는 유한요소법을 이용한 설계프로그램이 보편적으로 사용되는 추세이다. 이와 같은 수치해석적인 방법이 갖는 장점에 비해서 수치해석적인 방법은 계산시간이 많이 걸린다는 단점을 갖고 있고 정밀한 계산을 위해서 상당한 계산시간을 필요로 하고 이는 해석원가가 상승한다는 것을 의미한다.

수치해석적인 방법의 응용방법은 그 분야에 따라서 약간의 차이가 있다. 전동기, 발전기, 액추에이터 등의 경우에는 인가전압이 정해진 상태에서 직류나 상용주파수 근처의 교류자장에 의해서 발생하는 힘이나 회전력을 최대로 하는 것이 요구되므로 교류자장해석이 필요하다. 차단기, 변압기 등의 고전압기구나 정전센서, 초고주파기기 등에서는 최대전계가 인가되는 부분을 찾아서 그 부분의 전계가 일정값 이하가 되도록 형상을 최적화 해야 하기 때문에 전계해석이 필요하다. 대부분의 전기기기 해석에서는 시변자장에 의해서 도체에 유도되거나 직류자장 내에서 도체의 운동에 의해서 도체에 발생하는 와전류의 분포를 알아야 하고 와전류해석은 수치해석 분야에서 중요한 분야의 하나이다. 유도가열이나 직선형 또는 회전형 유도전동기에서는 이 와전류가 유용하게 이용되지만 그 외의 분야에서는 일반적으로 전기기기내에서 발열의 원인이 되고 손실을 발생시키는 원인이 되기 때문에 이를 최소화시키도록 해야 한다.

유한요소법 이외에도 Boundary Element Method(BEM), Boundary Integral Moments(BIM) Finite Difference Method(FDM) 등도 일반적으로 많이 사용되는 수치해석 기법이다. 자장계산 이외에도 전기기기 내에서의 열해석, 기계적인 진동 등의 해석에도 수치해석적인 방법이 많이 사용된다.

수치해석적인 방법의 단점으로 계산시간이 많이 걸린다는 것을 언급했으나 최근에 들어서는 고속의 컴퓨터가 개발되어서 수치해석프로그램의 개발을 촉진하고 있다. 특히 해석을 담당하고 있는 엔지니어들이 쉽게 사용할 수 있는 개인용 컴퓨터의 고속화는 개인용 컴퓨터에서도 기본적인 수치해석 프로그램을 사용할 수 있는 수준에 이르렀기 때문에 이와 같은 추세는 더욱 가속화 할 것으로 예상된다. 컴퓨터의 고속화는 수치해석 프로그램의 보급을 촉진했을 뿐만 아니라 새로운 수치해석기법의 개발도 촉진하는 계기가 되었다. 그 대표적인 예가 3차원해석이다. 3차원해석 알고리즘은 발표된 지가 오래이나 계산시간이 너무 오래 걸렸기 때문에 적용이 지연되어 왔었다가 근래에 들어서 전기기기의 해석분야에 본격적으로 적용되고 있다.

수치해석을 적용할 때에 많이 거론되는 문제는 2차원해석을 사용할 것인가 3차원해석을 사용할 것인가 하는 문제이다. 2차원해석에서는 해석하고자 하는 전기기기가 한 방향으로 길이가 무한히 길다고 가정하고 해석을 수행하기 때문에 일반적으로는 길이에 대한 가정이 없이 해석을 하는 3차원해석이 2차원해석보다 정확하지만 비선형문제나 와전류문제처럼 단부효과가 크게 문제가 되지 않는 복잡한 형상을 해석할 때는 2차원해석만으로 충분한 정밀도를 갖는다고 알려져 있다. 계산시간의 측면에서도 3차원해석의 경우에 비해서 2차원해석에 사용되는 시간이 1/10정도이므로 여러 번 2차원해석을 수행하는 것을 통해서 보다 많은 물리적인 의미를 찾을 수가 있다. 해석에 소용되는 시간과 해석

의 정밀도를 종합적으로 판단할 때에 가장 좋은 방법은 해석과 최적화는 2차원해석방법으로 수행하고 제작 전에 3차원해석으로 확인을 하는 것이 바람직하다.

국내에서도 1980년대 초부터 수치해석분야가 본격적으로 연구되기 시작했고, 근래에 들어서는 학문적인 관심에서 연구되는 수준을 넘어서 실제 전기기기의 해석과 설계에 응용되고 있는 수준에 이르렀다. 대기업의 연구소에서 전담연구원들이 수치해석기법을 적용해서 제품을 설계하고 있음은 물론이고 규모가 크지 않기 때문에 전담연구원을 통해서 고급수치해석기법을 개발하는 데에 한계가 있는 중소기업에서는 산학연구를 통해서 수치해석기법을 제품설계에 적용하고 있다. 이와같은 과정을 통해서 개발된 제품들도 여러가지가 알려지고 있고 특히 이들은 성능이 기존의 제품보다 우수해서 대단히 고무적인 현상으로 받아들여지고 있다. 또한 아직 본격적으로 수치해석 기법을 제품설계에 적용하지 못하고 있는 기업에서도 적용방법을 모색하고 있는 실정이다. 이와같은 추세를 고려할 때에 국내의 전기기기 제작사들도 멀지 않은 장래에 외국의 설계기술을 고가를 지불하고 사들여오던 관행에서 점차 벗어날 것으로 예상된다. 이는 제품의 해외경쟁력을 높인다는 측면에서 뿐만 아니라 기술중속의 탈피하는 측면에서도 대단히 중요하다.

금번 특집에서는 이와 같이 그 응용분야가 점차 확장되어 가고 있는 전기기기분야의 수치해석기법 적용 예를 몇 가지 분야로 나누어서 기술한다. 먼저 일반적인 전기기기의 최적화기법에 대해서 살펴보고 구체적인 적용 예로서 반응기기 또는 대량운송 수단으로 폭넓게 사용될 것으로 예상되는 직선형전동기 분야, 제어용 전동기로 사용되는 소형정밀 전동기 분야, 전계강도의 정확한 계산이 특별히 중요한 초고압용 차단기분야, 기기의 특성 다품종 소량생산이 대부분이기 때문에 해석의 필요성이 더해 가는 액추에이터 분야, 새로운 전기기기 분야로 인식되어 가고 있는 초고주파 분야에 대해서 수치해석 기법의 적용 예를 기술한다.

마지막으로 근래에 들어 상용화되어 있는 범용 수치해석프로그램의 판매가 꾸준히 증가하는 추세를 감안해서 상용화되어 있는 범용 수치해석프로그램 중에서 가장 많이 사용되고 있는 5가지 수치해석 프로그램을 선정하고 이들을 비교분석해서 각 소프트웨어가 갖고 있는 특징을 파악한다. 각각의 소프트웨어는 서로 다른 특징을 갖고 있기 때문에 이들을 비교분석함으로써 각 소프트웨어가 가장 우수한 성능을 낼 수 있는 적용분야를 찾아본다. 특성분석 시에 주로 살펴본 분야는 데이터의 입력시 등 전체적인 관점에서 사용자가 사용하기에 어느 정도 편리하게 만들어 졌는가 하는 것과, 자동요소분할부분 등의 pre-processor분야, 계산시간과 계산결과에의 정밀도 등에서 핵심적인 역할을 하는 solver 분야, 그리고 사용자에게 계산결과를 가장 이해하기 쉽고 체계적인 방법으로 보여주는 역할을 하는 post-processor 분야이다.

끝으로 이 특집을 위해서 바쁘신 중에도 좋은 원고를 보내 주신 집필자 여러분에게 감사를 드리고 이 특집을 계기로 해서 앞으로 전기기기의 설계와 제작분야에 많은 발전이 있기를 기원한다.