

# 전기기기의 최적설계 기법

정 현 교\*, 박 일 한\*\*

(\*서울대 공대 전기공학과 부교수, \*\*송실대 공대 전기공학과 조교수)

## 1. 머리 말

근래 미국, 일본, 유럽제국 등 선진공업국은 전기기기 산업에서 기존의 생산 부분을 개발도상국으로 이전하고 설계 기술 등 핵심기술만을 확보하여 고부가 가치화 및 경제성을 제고하고 있다. 반면 국내 전기기기 산업은 초기 외국에서 도입된 생산기술이나 이를 개량한 형태에 크게 의존하고 있으며 선진국은 핵심 설계기술의 국내 이전을 회피하고 있는 형편이다. 이러한 상황에서 국내의 독자적 설계기술의 확보가 없으면 선진공업국의 단순 생산기지로 전락할 위험마저 있다. 또한 국내에서는 전력수요가 근래 10년에 약 2배 정도씩 급격히 증가하고, 345KV에서 765KV로의 초고압 승격에 따른 여러 신뢰성 확보 설계기술이 요구되고 있으며, 에너지이용 합리화에 따른 수요관리(DSM) 등 전력 에너지 정책의 전환에 따른 고효율 기기의 개발 및 보급이 요구되는 등 국내의 전기기기 산업은 양적 팽창 뿐 아니라 질적 향상이 시급히 요구되는 시점에 있다. 본 고에서는 수 년 전부터 국내외에서 연구되어온 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 전기기기의 정밀 해석과 최적화 알고리즘을 결합한 전기기기의 최적설계기법에 대하여 그 내용과 적용을 간단히 소개하고자 한다.

## 2. 전기기기 최적화 기법의 의의

컴퓨터의 대용량화 및 고속화는 전기기기의 수치해석 분야의 발전에 크게 기여하여왔다. 특히 일반적 적용이 용이한 유한요소법은 현재 광범위하게 이용되고 있다. 해석대상인 전기기기의 기하학적 형상 및 매질 특성이 주어지면 유한요소법 등의 전자장 수치해석 기법을 이용하여 그 기기의 정확한 특성해석이 매우 용이해졌다. 하지만 공학의 중요한 역할은 주어진 대상의 특성을 정확히 해석하는데 그치는 것이 아니라 기하학적 구조나 매질의 특성을 적절히 구성하여 경제성이 있으며 기기의 동작특성 등을 개선하거

나 최적화하는 것이라 할 수 있을 것이다. 그런데 근래 전기기기의 응용이 광범위해짐에 따라 기기의 소형화, 고성능화, 고효율화 등을 위한 전기기기의 최적 설계 기법의 개발이 시급히 요청되고 있으며 최근 이러한 설계기법이 산업 현장에 도입되기 시작하고 있다. 현재까지의 전기기기 설계는 주로 집중정수 회로법의 일종인 자기회로법이나 실험식을 이용하여 기본적인 설계를 하고 시제품을 제작하여 시험을 하거나 각종 해석법으로 성능을 평가한 후 이것이 설계사양에 미치지 못하면 경험과 직관에 의존하여 설계를 변경하는 과정을 반복하여 설계를 개선하였다. 이러한 설계 과정은 서로 복잡한 관계를 갖는 설계변수들을 시행착오(trial and error)적인 방법으로 결정하는 것이기 때문에 그 과정이 체계적이지 못하여 많은 시간을 요할 뿐 아니라 설계 목적을 만족하는 최적의 설계변수를 찾는 것 자체가 불확실하게 되는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 극복하고 체계적인 설계를 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 전기기기의 최적 설계 기법에 대한 연구가 수 년 전부터 시작되었다.

컴퓨터를 이용한 전자장 수치해석 기법이 처음 도입되기 시작하던 1970년대 중반에 이를 전기기기의 최적설계에 이용하기 위해 비교적 간단한 설계문제들에 적용을 시도하였으나 별 성과를 보지 못했다. 하지만 근래 5, 6년 전부터 전기기기의 최적 설계에 대한 연구가 상당히 활발하게 되어, 전자장 수치해석의 국제학술회의(COMPUMAG, CEFC 등)에서는 매년 상당수의 논문이 발표되고, 최적설계에 관한 국제학술회의가 탄생되고 있다. 이는 그 동안 전자장 수치해석 기법이 상당히 발전하여 2차원 및 3차원 전자장 시스템의 유한요소 해석의 패키지가 상용화되는 등 사용이 일반화되고 있으므로 가능하게 되었다고 할 수 있다. 이렇게 전자장 수치해석 기법을 이용한 전기기기의 최적설계에 관한 연구가 지연된 이유는 첫째 전자장 시스템 해석의 문제점으로서 컴퓨터의 기억용량과 반도체 프로세서의 계산속도 등의 컴퓨터 계산능력의 한계, 알고리즘 및 모델링 기법 등에 의한 해석결과의 정확도 미흡, 사용자가 쉽게 이용할 수 있는 소프트웨어 구현의 문제 등을 들 수 있고, 둘째 최적설계 알

고리즘의 문제로서 전자장 해석법과 최적화 기법을 효율적으로 결합하는 알고리즘의 미개발을 들 수 있다.

### 3. 전기기기 최적화 문제의 특징

전기기기의 최적 설계 문제는 일반적으로 성능과 설계변수 사이의 비선형성이 강한 문제이기 때문에 수리계획법 (mathematical optimization programming)에 의한 탐색방법 (search method)를 이용한 반복계산으로 최적의 설계치를 찾을 수 있다. 주어진 전기기기의 최적설계를 체계적으로 수행하기 위해서는 문제가 수학적으로 엄밀히 정의되어야 한다. 이를 위해서는 우선 성능에 영향을 미치며 변화 가능한 설계변수, 설계의 목적을 정량화하여 표현한 목적함수, 설계 과정에서 시스템의 설계변수나 상태변수가 만족되어야 하는 조건을 표현한 구속조건식, 시스템의 전자기적 특성을 표현하는 상태방정식(이는 등호 구속조건으로 볼 수도 있다) 등이 주어지거나 정의되어 최적설계 문제가 주어진다. 그 다음은 설계변수에 따라 바뀌는 목적함수가 최적치를 갖는 설계변수값을 찾기 위한 최적화 알고리즘을 적용한다. 이와같은 최적화 과정은 목적함수의 비선형성 때문에 반복적으로 계산할 수밖에 없으며 그 과정은 그림 1과 같은 흐름도를 갖는다.

일반적으로 설계문제의 정식화(formulation)는 다음과 같이 설계변수에 대한 목적함수의 최소화 문제로 표현할 수 있다.

$$\text{Min } \{ F(p) \mid C_1(p) = 0, C_2(p) \leq 0 \}$$

$$p \in R^n$$

여기서

- $R^n$  : n개 실수들의 집합
- $F$  : 목적함수
- $P$  : 설계 변수 벡터
- $C_1$  : 등호 구속조건 벡터
- $C_2$  : 부등호 구속조건 벡터

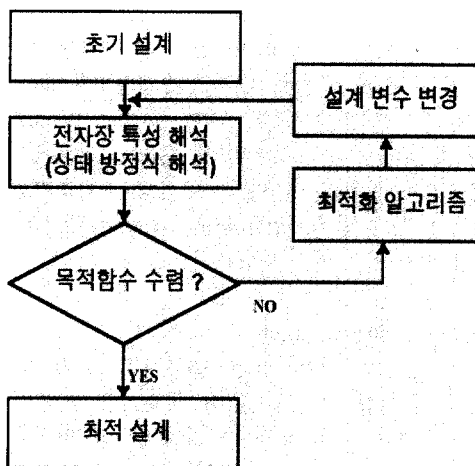


그림 1. 전기기기 최적설계 과정의 흐름도

### 3.1 목적함수

목적함수는 설계목적에의 도달 정도를 나타내는 함수로 기기의 설계목적에 따라 다르게 정의되고 이는 설계자가 정해 주어야 한다. 전기기기 시스템에서 목적함수는 일반적으로 설계변수와 상태변수의 양함수(explicit function)로 표현되나 상태변수는 시스템의 상태방정식을 통해 설계변수와 관계되므로 목적함수는 설계변수에 대해서 음함수(implicit function)이다. 전기기기의 설계목적은 한 특성의 최적화로 주어질 수도 있지만 실제적인 많은 문제는 서로 상충하는 목적들이 동시에 만족되어야 한다. 예를 들어 재료의 사용량을 최소화하면서 특성의 성능을 최대화해야 하는 문제의 경우, 두 목적은 상충되어 둘 사이의 절충을 취할 수 밖에 없다. 이와같은 최적화 문제를 다루기 위해서는 vector objective function등을 사용할 수 있다.

### 3.2 설계변수

전기기기의 설계에서 취할 수 있는 설계변수는 기하학적 설계변수, 재질특성 설계변수, 입력특성 설계변수로 분류할 수 있다. 기하학적 설계변수는 기기의 모양을 결정하는 치수변수(폭, 높이, 길이, 반경, 각도 등)와 형상(shape)변수로 나눌 수 있다. 치수변수는 기존의 설계도면에서 많이 사용하는 변수들이고 형상변수는 치수로 표현할 수 없는 임의의 형상을 나타내기 위한 것으로 유한요소 모델에서는 기기의 매질경계를 구성하는 각 절점의 위치가 된다. 수학적으로 보면, 치수변수는 형상변수에 포함되는 관계가 있으며, 치수변수와 형상변수의 관계는 매개변수를 사용하여 표현할 수 있다. 그리고 형상변수는 Bezier곡선, spline곡선 등의 제어점을 사용하여 나타내기도 한다. 재질특성 변수는 기기를 구성하는 재질의 물리적 특성을 표현하는 변수로서 자성체의 투자율, 유전체의 유전율, 도체의 저항률 등이다. 이는 물리적으로 입력(source)에 대하여 수동적인(passive) 반응을 하는 특성을 갖는다. 마지막으로 입력특성 변수는 기기를 구동하는 입력(source)의 특성을 나타내는 변수로서 인가전압, 인가전류, 전하밀도, 교류전원의 주파수, 영구자석의 자화밀도 등이고 재질특성 변수와는 상대적으로 능동적인(active) 특성을 갖는다.

### 3.3 구속조건

구속조건의 종류는 구속조건식의 수학적 표현에 따라 등호 구속(equality constraint)조건과 부등호(inequality constraint)조건 그리고 선형(linear)구속조건과 비선형(nonlinear)구속조건 등으로 분류할 수 있다. 그리고 전기기기의 설계문제에서 중요한 구속조건으로서 상태변수가 포함된 구속조건을 들 수 있다. 이 구속조건은 기기의 동작성능에 대한 조건으로서 시스템의 상태방정식과 결합된 상태변수의 식으로 표현된다. 이러한 설계예로서는 유도전동기의 속도-토크 특성을 조절하기 위한 회전자 슬롯의 형상설계 문제에서 기동토크가 일정한 값 이상으로 만족되어야 하는 문

제등에서 볼 수 있다.

#### 4. 전기기기 최적화 과정의 구조

전기기기의 최적화과정의 구조는 그림 2에서와 같이 3개의 모듈(module)로 나누어 살펴볼 수 있는데, 이런 구조는 전기기기 최적설계의 기본적 원리가 시스템의 해석법과 최적화기법을 결합한 것에 기인한다. 따라서 기존의 시스템 해석 모듈과 최적화기법 모듈을 이용하여 기기의 최적설계 과정을 중심적으로 수행하는 최적 설계 모듈이 전기기기 최적설계 기법의 핵심이라 할 수 있다. 본 장에서는 시스템 해석 모듈과 최적화기법 모듈의 전반적인 내용을 요약하고 최근 많이 연구되고 있는 최적설계 모듈을 정리한다.

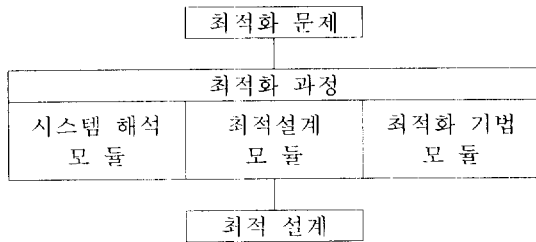


그림 2. 전기기기 최적설계의 구성

#### 4.1. 시스템 해석 모듈

기기의 반복 설계과정 중 설계변수가 바뀌에 따른 기기의 성능 변화를 계산해야 하는데, 이는 기존의 시스템 해석 방법을 사용한다. 전자장 시스템의 해석방법은 크게 해석적 방법(analytical methods)과 이산적 방법(discrete methods)로 나눌 수 있다.

##### 4.1.1. 해석적 방법

해석적 방법에는 첫째, 전자장 시스템에서 전자장 맥스웰 방정식의 편미분 방정식(partial differential equations)의 정해(exact solution)을 해석적으로 푸는 방법이 있다. 이는 주로 변수분리(separation of variables)법을 이용하여 해를 구한다. 하지만 이와같이 해석 가능한 문제는 원, 구, 사각형 등의 간단한 기하학적인 구조나 균일한 재질 특성 등을 가져야 하므로 적용이 극히 제한되어 있다. 둘째, 전기기기의 해석에 가장 빈번하게 사용되는 방법은 등가자기회로법이 있다. 이는 자기시스템(magnetic system)에 적용되는 방법으로 전자기적으로는 스칼라 자기 포텐셜(scalar magnetic potential)에 근거한다. 이 방법은 자속이 통과하는 자성체의 자기저항을 구하여 전류와 자속의 관계로부터 기기의 특성을 용이하게 해석할 수 있고, 자기시스템의 구조가 간단한 경우 전반적 특성 해석이 비교적 정확하기 때문에 전기기기의 해석 및 설계에 주로 사용되어 왔다. 하지만 기기

의 구조가 복잡해져 자로에서 자속밀도나 자속의 방향이 일정치 않으면 정확한 해석이 곤란하며 국부적 특성을 알 수 없다는 문제가 있다.

##### 4.1.2. 이산적 방법

컴퓨터를 이용한 대부분의 전자장 수치해석 기법의 기본 원리로서 연속적으로 분포하는 시스템을 유한 개의 작은 영역으로 분리(discretization)하여 각 방법의 적용원리에 따라 전체 영역에 대하여 조립되는 시스템 행렬 방정식을 풀어 기기의 특성을 해석하는 방법이다. 이 방법은 적용원리에 따라 유한요소법(finite element method), 경계요소법(boundary element method), 유한차분법(finite difference method), 적분법(integral method) 등으로 나눌 수 있다. 유한요소법은 미분방정식에 변분원리(variational principle)를 적용하여 시스템을 해석하는 방법으로 복잡한 구조나 다양한 매질특성에 대하여 적용이 용이하고 일반화된 프로그램으로의 구현이 가능하기 때문에 현재 가장 광범위하게 사용되고 있다. 경계요소법은 미분방정식에 대한 그린함수(Green's function)를 이용하여 매질 경계의 상태변수만으로 전체 시스템을 해석할 수 있는 방법으로 경계 이외의 부분을 이산화할 필요가 없기 때문에 미지절점의 수가 크게 줄어드는 등의 이점이 있다. 하지만 복잡한 구조에서의 그린함수 계산, 비균등 매질의 처리, 일반화된 프로그램으로의 구현성 등의 문제가 남아있다. 유한차분법은 해석영역을 작은 사각형의 격자로 나눈 후 인접 격자 사이의 상태변수 관계를 근사 미분 형태로 표현하여 전체 시스템 방정식을 해석하는 방법으로서 다른 수치해석법으로 해석이 곤란한 복잡한 형태의 미분방정식에도 적용이 가능하다. 하지만, 사각형 격자의 사용으로 인한 경계면 표현의 어려움, 해석결과와 정확도 미흡 등의 문제가 있다.

#### 4.2. 최적화 기법 모듈

이는 목적함수가 최소값을 갖는 설계변수를 탐색하는 수리계획법으로서 목적함수에 대한 설계변수의 미분정보의 종류(미분차수)에 따라 0th order method, 1st order method, 2nd order method로 분류할 수 있다. 이 외에 목적함수와 구속조건의 수학적 표현에 따라 선형계획법(LP:linear programming)과 비선형계획법(NLP:nonlinear programming), 구속조건 문제와 비구속조건 문제 등으로 분류할 수도 있으나, 전기기기 설계의 대부분은 비선형 구속조건 문제이므로 앞에서와 같은 탐색방법(search method)에 따라서 분류하는 것이 적당한 것으로 판단된다.

##### 4.2.1. 0th order method

이는 목적함수의 미분정보를 이용하지 않고 설계변수를 바꿔가면서 목적함수를 계산하여 최소치를 찾아가는 방법으로서, 목적함수가 설계변수에 대하여 연속적이지 않거나 미분의 계산이 용이하지 않은 경우 등 일반적인 적용이 가능하다. 이는 설계변수를 바꾸는 방법에 따라 크게 고전적

방법과 확률적 방법으로 나눌 수 있다. 고전적 방법은 설계변수의 탐색방법에 따라 bisection법, Fibonacci탐색법, Golden section법, Monte Carlo 탐색법 등이 있다. 최근 활발한 연구가 진행중인 확률적 방법에는 급속의 처리 과정중 풀림 과정을 통해 급속이 최대한 안정된 상태로 되는 것을 모사한 Simulated Annealing법, 환경의 변화에 적응하여 생존하는 생물의 적응 진화과정을 모사한 Genetic Algorithm, Genetic Algorithm과 Simulated Annealing법을 결합한 Evolution Strategy 등이 있다. 확률적 방법은 고전적 방법에 비해 방법은 국부최소치(local minimum)에 수렴할 가능성이 적기 때문에 최근 최적화 문제에 다양하게 적용되고 있다.

#### 4.2.2. 1st order method

이는 설계변수에 대한 목적함수의 1차 미분정보를 이용하여 목적함수의 최소치를 찾아가는 방법이다. 대부분 전기기기의 설계문제는 설계변수에 대하여 목적함수가 연속이므로 본 방법이 많이 사용되고 있다. 이 방법에는 최대경사법(Steepest Descent Method), 공액경사법(Conjugate Gradient Method), 구속조건을 목적함수에 포함시켜 비구속조건 문제로 변환하여 찾아가는 SUMT(Sequential Unconstrained Minimization Techniques), 비선형 구속조건을 직접 만족시키면서 찾아가는 Gradient Projection Method, 연속적인 2차 미분정보로부터 근사 2차 미분정보를 도출하여 찾아가는 Sequential Quadratic Programming 등 상당히 다양한 방법이 사용되고 있다.

#### 4.2.3. 2nd order method

이는 설계변수에 대한 목적함수의 2차 미분정보까지를 이용하여 목적함수의 최소값을 찾아가는 방법으로 보통 Newton's Method라 한다. 본 방법은 2차 미분정보까지를 이용하므로 앞의 방법들에 비하여 수렴속도가 상당히 빠르다. 그러나 2차 미분정보를 구해야 하는 어려움이 있고 2차 미분정보를 나타내는 Hessian matrix의 성질이 좋지 않을 수도 있는 등 여러 계산상의 문제가 있어 잘 사용하지 않는다. 하지만, 1st order method에서 근사적으로 2차 미분정보를 계산하는 유사 방법들(Newton's like Methods)이 많이 사용되고 있다.

#### 4.2.4. 기타

이상의 방법 이 외에도 설계변수가 이산적으로 존재하는 문제의 최적화 방법인 Integer Programming, 최적제어 분야에서 사용되어 온 Dynamic Programming, 생물체의 신경망 작용을 모사한 Neural Network Method 등 기타의 여러 최적화방법이 있다.

### 4.3 최적설계 모듈

그림 2.에서와 같이 최적설계 모듈은 해석 모듈과 최적화 기법 모듈 사이에서 기기의 최적설계를 수행하는 부분으로서 모듈 간에 데이터를 교환하고 각 모듈을 통합하여 전체

적인 설계과정을 제어한다. 초기 설계데이터가 주어지면 이를 해석 모듈에 보내 시스템을 해석한 후 그 해석결과(상태변수)를 받아서 목적함수나 목적함수의 미분정보를 계산한다. 목적함수가 최소치에 있지 않으면 계산된 목적함수값이나 미분정보를 최적화기법 모듈에 보내 최적화 알고리즘을 수행한다. 그리고 그 결과를 받아들여 이를 해석 모듈에서 사용 가능한 데이터로 변환하여 해석 모듈로 다시 보낸다. 위와 같은 과정을 반복하여 기기의 최적설계를 수행한다. 위의 과정에서 알 수 있듯이 최적설계 모듈이 수행하는 주요한 부분은 다음과 같다. 첫째, 해석 모듈에서 계산된 상태변수값을 이용하여 목적함수를 계산하는 것으로 이는 주어진 설계문제의 목적에 따라 다양하게 주어지며 시스템 해석 모듈의 여러 데이터를 이용한다. 둘째, 최적화기법 모듈에서 미분정보가 필요할 경우 미분정보를 계산하는 것으로 목적함수의 미분정보는 해석 모듈의 상태방정식을 통해 얻어지므로 해석 모듈의 데이터 및 해석결과 뿐 아니라 해석 모듈을 다시 이용하기도 한다. 셋째, 최적화기법 모듈의 수행 결과 얻어진 변경된 설계변수를 해석 모듈에서 사용할 수 있는 변수로 변환하는 것인데, 예를 들어 해석모듈에서 유한요소법을 사용하고 설계변수는 기기의 치수변수일 때, 치수의 변화는 유한요소 모델의 여러 절점의 변화를 의미하므로 치수변수와 유한요소 절점사이의 관계를 처리하는 매개화과정(parametrization)이 요구된다.

## 5. 대표적인 전기기기 최적화 방법

앞 절에서 언급한 바와 같이 전기기기의 최적설계 과정은 3개의 모듈로 구성되며 해석 모듈과 최적화기법 모듈에서 적용되는 방법에 따라 최적설계 모듈의 내용이 결정된다. 우선 해석 모듈에서는 여러 방법중 유한요소법이 가장 많이 사용되고 있으며, 최적화기법 모듈에서는 0th order method인 확률적 방법과 1st order method의 방법이 가장 일반적이다. 이에따라 주로 사용되는 해석법과 최적화기법의 조합은 유한요소법-확률적 방법과 유한요소법-1st order method라 할 수 있다.

유한요소법-확률적 방법의 최적설계는 앞 절에서 설명한 것처럼 목적함수에 대한 미분정보가 필요하지 않으므로 최적설계 모듈의 구조가 상당히 간단하여 목적함수 계산 및 설계변수와 요소절점의 매개화 과정만 필요하다. 이 방법은 미분정보 계산의 과정이 필요치 않아 구현이 용이하고, 국부최적치로 수렴할 가능성이 적다는 것이 가장 큰 장점이다. 그러나 이는 미분정보를 이용하지 않기 때문에 전체 최적치에 도달하는데 상당히 많은 반복 계산이 필요하다. 특히 설계변수의 갯수가 많거나 계산시간이 긴 문제(대형 2차원 문제, 3차원 문제, 과도현상 문제 등)에서는 반복횟수와 해석시간이 엄청나게 커져 적용에 어려움이 많고, 상태변수로 구성된 구속조건의 처리가 아직 미해결 과제이다.

유한요소법-1st order method의 최적설계는 최적설계 모듈에서 설계변수에 대한 목적함수의 미분정보의 계산 과정

이 필요하다. 이 방법은 국부최적치로 수렴할 가능성이 크고 미분정보를 계산하는 과정이 필요하다는 것이 단점이다. 그러나 적은 반복계산으로도 수렴할 수 있기 때문에 계산 시간이 적게 걸리고, 구속조건 처리가 비교적 용이하다. 이상의 두 방법은 각각 장단점을 갖고 있기 때문에 주어진 설계문제의 성격에 맞게 적당한 방법을 선정하는 것이 상당히 중요하다.

다음은 유한요소법-1st order method의 최적설계에서 미분정보의 계산법을 간단히 설명한다. 이는 이산적 방법과 연속체적 방법으로 나눌 수 있다. 이산적 방법은 설계변수에 대한 목적함수의 변화율을 유한요소법등 수치해석 기법에 의한 행렬식 표현의 상태방정식으로부터 미분정보 즉 민감도를 계산하는 것이다. 연속체적 방법은 이산화되지 않은 연속 시스템의 변분식으로부터 연속체역학(continuum mechanics)의 전미분(total derivative)으로형상변화를 일반적으로 기술하여 민감도식을 해석적으로 도출한 후, 이 민감도식을 유한요소법 등 수치해석 기법을 이용하여 계산하는 방법이다. 이산적 방법은 민감도의 도출 과정이 이론적으로 이해하기 쉽고 다양한 문제에 적용이 용이하나 유한차원화된 시스템에서 출발하므로 이산화 모델에 따라 프로그램이 바뀌고 복잡해진다. 연속체적 방법은 해석적인 민감도식을 한 번만 도출하면, 이산화 모델에 상관이 적용이 매우 간단하다. 하지만 그 도출과정이 수학적으로 매우 복잡하고 이해가 어렵다.

## 6. 앞으로의 과제

전기기기의 최적설계 기법이 산업체 등에서 광범위하게 적용되기 위해서는 효율적 알고리즘의 지속적 발전과 함께

쉽게 사용할 수 있는 최적설계 패키지의 개발이 요구된다.

우선 현재까지 개발된 알고리즘을 살펴보면, 대부분이 2차원 문제들로서 선형 정자계, 선형 정전계, 선형 와전류 시스템, 비선형 정자계, 과도 와전류 시스템, 전파 문제 등이고, 앞으로 해결해야 할 대표적인 문제들로서는 3차원 문제의 효율적 최적설계 기법, 결합문제(coupled problems)에서의 최적설계 문제, 과도현상에서의 최적설계, topology 최적화, multi-criteria 최적설계, 민감도법과 확률적 방법을 결합한 효율적 최적화기법 등이다.

전자장 수치해석을 이용한 최적설계 패키지는 아직 어느 나라에서도 개발되어 있지 않다. 하지만 국내에서의 이에 관한 연구가 세계수준보다 결코 낮지 않으므로 최적설계패키지의 자체 개발은 가능한 것으로 판단된다. 이의 개발에 도움이 되도록 최적설계 패키지가 갖추어야 할 기본적인 요구조건을 저자의 경험과 여타 자료를 통하여 다음과 같이 요약한다.

- 각 프로그램 모듈간 표준적인 데이터 교류가 능한 모듈화된 구조
- 부가되는 모듈을 쉽게 통합할 수 있는 확장성
- 설계도면 CAD program(예; AutoCAD)과 데이터 호환 가능
- 대형최적화문제(설계변수와 상태변수가 많은 경우)의 효율적 계산법 사용
- 여러 최적화 알고리즘중 가장 적당한 것의 선택 가능성
- 특성해석을 위하여 다양한 해석법의 사용
- 다양한 문제를 다룰수 있는 편리한 도구 제공(pre-and post processors)

## 저 자 소 개



**정현교(鄭炫敎)**

1955년 8월 17일생. 1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1987년~89년 뉴욕 Polytechnic Univ. 객원교수. 1984년~93년 강원대 공대 전기공학과 교수. 현재 서울대 공대 전기공학과 부교수. 당 학회 학술이사.



**박일한(朴日韓)**

1960년 5월 7일생, 1984년 2월 서울대 전기공학과 졸업, 1986년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사), 1990년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(공학), 1991년~1992년 프랑스 그레노블 공대 post-doc, 1993년~현재 숭실대 전기공학과 조교수, 주관심 분야 : 전기기기 최적설계, 전자장 수치해석.