



소형 정밀 전동기의 기술동향과 해석기법

이 은 응*, 김 일 중**

(*충남대 공대 전기공학과 교수, **주성전문대 전기과 조교수)

1. 서 론

소형 정밀전동기의 OA화, FA화에 따른 눈부신 발전의 배경에는 전동기의 제어기술 및 그 수요를 창출하고 있는 시장규모의 확대를 들수 있다. 소형 정밀전동기의 대부분은 동력만을 발생시키는 단순한 액츄에이터의 역할이 아니라 제어기술의 발전과 함께 다양하고 복잡한 기능을 요하는 응용기기에 광범위하게 사용되고 있다.

기존의 전동기 사용은 전동기의 축에 동력전달기구를 부착하여 필요한 부분에 동력을 분산 전달하였지만 최근에는 마이크로프로세서 및 전자회로 기술의 발달과 소형정밀전동기의 고성능화에 따라 복잡한 동력전달기구를 생략하고 전동기 자체만으로도 필요한 운동을 직접 구현할 수 있게 되었다. 따라서 FA용 고가 장비는 물론 OA, AV용과 같이 비교적 저가인 기기에도 고급 제어기술에 의해 구동되는 소형 정밀전동기가 사용되고 있다.

오늘날 경제와 산업의 발전은 각종 요소기술의 발달에 의존하는 바가 크며 세계적으로 첨단산업을 선도하고 있는 선진국의 경우를 보면 신소재의 개발, 고도의 기계가공기술, 설계 및 제어기술등 생산기술의 향상을 기업 뿐 아니라 국가적 목표로 하고 있다. 1980년도 부터 주목을 받고 있는 메카트로닉스 분야의 중요 핵심기인 소형전동기의 성능향상은 응용기기의 소형화와 고성능화를 가능케 하였으며, 신소재의 개발과 함께 성능 면에서 매우 우수한 새로운 소형 정밀전동기가 등장하고 있다.

소형 정밀전동기에는 그 종류가 대단히 많고 마이크로컴퓨터와 결합된 제어기술의 발달에 따라 이용 개소도 매우 광범위하다. 일반적으로 소형 정밀전동기는 외경 35[mm]이하의 직류전동기, 출력 70[W] 미만의 교류전동기와 소형화가 가능한 모든 전동기를 통칭하며 사용개소, 구조, 형식등에 따라 다양하게 설계 개발하여 사용하고 있다. 소형 정밀전동기는 개발초기 부터 부하조건, 동작조건이 결정되기 때문에 전용설계에 의해 대량생산되는 것이 보통이다.

따라서 국내에서 필요로 하는 대부분의 소형 정밀전동기의 수입에 필요한 막대한 외화의 유출을 막기 위해 부하조건과 동작조건에 맞는 소형 정밀전동기의 설계 및 생산기술의 국산화가 절실히 요구된다.

2. 소형 정밀전동기의 기술동향과 해석기법

각종 전동기를 모양에 따라 분류하면 원통형(radial flux and axial currents), 디스크형(axial flux and radial currents), 직선형등이 있으며 전원의 종류와 전동기의 기능에 따라 분류하면 표 1과 같다[1].

표 1. 전동기의 기능과 전원에 의한 분류

DC motor	<ul style="list-style-type: none"> •micromotor with electronic governer •micromotor with mechanical governer •power and torque motor •dc servo motor •coreless motor •brushless motor 	
AC synchronous motor	<ul style="list-style-type: none"> •wound field motor •PM motor •reluctance motor •hysterisis motor •inductor motor •eddy current motor 	
AC asynchronous motor	three-phase induction motor	<ul style="list-style-type: none"> •squirrel cage •wound rotor
	single-phase induction motor	<ul style="list-style-type: none"> •split phase •capacitor start •two value capacitor •permanent capacitor •shaded pole •AC servo
Universal motor	<ul style="list-style-type: none"> •series commutator motor 	
Stepper motor	<ul style="list-style-type: none"> •PM type •HB type 	<ul style="list-style-type: none"> •VR type •shaded pole type
Switched reluctance motor		
Disk and printed curcuit motor		
Linear motor	<ul style="list-style-type: none"> •LIM •LSM •LPM •LDM •LOA •LES 	

표 2. 응용분야별 소형 정밀전동기의 종류

응용분야	응용기기	영도·영점	전동기 종류
영상분야	1/2" VTR 8mm VTR LDP	캡스턴모터 실린더모터 스핀들모터 럼모터 로우딩모터	•brushless DC motor •coreless motor •DC micromotor •FG 내장형 •DC power motor
음향분야	record player 카세트 car stereo CDP	턴테이블용 스핀들용 럼용	•DC micromotor •brushless DC motor •hysteresis motor
OA, 통신분야	FDD IIDD printer FAX 복사기	스핀들모터 토오크모터 스테핑모터 FAN모터	•brushless DC motor •torque motor •stepper motor •linear pulse motor •DC servo motor •DC power motor
계측분야	XY recorder XY plotter FAN paper 이송		•DC servo motor •linear pulse motor •stepper motor •AC fan motor •brushless DC motor •DC motor with tacho generator

표 2는 소형 정밀전동기의 종류를 응용분야 별로 나타내 고 있으며 대부분 경박단소화, 다기능화, 고효율화로 개발 되고 있다[2]. 또한 기존의 전자력을 이용하는 전자형전동기 와 자기에너지가 에너지 변환 과정에 존재하지 않는 정전 형 전동기, 초음파, 압전 전동기, 감온, 화학, 바이오 전동기 와 같은 새로운 원리의 전기력 및 기타 소형전동기들이 등 장하여 일부 특수한 용도에 사용되기 시작하였다[3].

소형 정밀전동기에서 기술적으로 요구되는 사항은 전동 기를 사용하는 응용기기의 개발목표와 마찬가지로 다음과 같은 것을 들 수 있다[4].

- ① 소형화, 경량화
- ② 고성능 및 고기능화(정밀제어, 저전압화, 저소비전력 화, 저진동, 저소음화)
- ③ 고신뢰성, 사용의 편리성(높은 수명, 내환경, 제어성)
- ④ 복합화

이와 같은 요구조건에 대하여 다양한 신기술이 도입되어 기술적인 측면에서의 개선이 시도되고 있다. 예를 들면 해 석기술의 발달과 연구실적의 축적, 표준화, 복합화등 새로 운 이론의 적용등으로 설계기술의 향상을 도모하고 있으며 정밀가공기술, 실장기술, 조립기술, 정밀 에칭기술, 높은 점 적율을 갖는 권선기술등을 적용하여 제조기술을 향상시키 고 있다. 또한 새로운 영구자석 재료의 개발과 지지기구, 회로기판, 부품기술의 이용한 신소재 기술과 직접구동 전동 기, 직선 운동형 전동기, 초음파 전동기, 파라메트릭 전동기 등 새로운 개념의 전동기 기술을 도입하여 소형 정밀전동 기에 요구되는 사항들을 충족시키고 있다.

소형 정밀전동기의 개발에 필요한 기술 가운데 용도, 취 부공간 및 방법, 회전수, 토오크등 응용제품의 요구사항에 맞는 전동기의 구조설계 분야가 있으며, 편평형 브러시레스, 코어레스 전동기의 코일설계 기술, 영구자석의 자기회로 최

적설계, 자성재료의 특성해석, 자성재료의 선정기술, 영구자 석의 착자기술을 포함하는 자기회로의 설계기술등과 같은 S/W적인 기술과 센서이용기술, 정밀 가공기술, 생산기술, 활용기술등과 같은 H/W적인 기술로 나눌 수 있다. 특히 자 기회로 설계등 구조설계를 위한 전자장 해석 분야는 최근 국내 소형 전동기 업체에서 유한요소법(FEM)을 비롯한 다 양한 설계 소프트웨어를 국내 개발하거나 외국으로 부터 구입하여 특성해석에 이용하고 있다. 전동기 설계에 FEM 을 이용하기 시작한 것은 1970년대 중반부터 대학의 연구 과제로 시작하여 현재는 각 기업체에서도 전동기 설계 개 발시 매우 활발하게 활용하고 있다. 그러나 최근 개발되고 있는 소형 정밀 전동기의 구조는 매우 다양하여 초정밀 설 계 및 3차원 해석을 해야될 경우가 많다.

아직까지 해결해야 할 과제들이 많이 있지만 표 1과 표 2의 소형 정밀전동기 중 대표적인 소형 정밀전동기의 기 종 별 기술동향과 해석기법의 적용 예를 살펴보면 다음과 같다.

2.1 직류전동기

각종 직류전동기의 기본형으로 기술적 과제로는 정류현 상에 기인하는 성능, 신뢰성, 출력밀도의 향상등이 있다. 수 와트 이하의 마이크로 전동기는 VTR, 테이프 레코더등과 같은 AV, OA기기에 사용되지만 특별히 계자용 영구자석과 전기자 철심 사이의 퍼미언스의 변화에 의한 미소 토오크 변동 이 문제가 되고 있다. 이와 같은 문제는 전기자 철심에 보극을 설치하거나 계자를 착자할때 유도전동기의 사구(skew slot)와 동일한 효과를 갖는 특수한 방법을 사용하여 해결하고 있다.

마이크로 전동기의 토오크 맥동, 회전불균일의 개선을 위 해 FEM을 사용하여 전동기 내의 자속분포를 알고, 자극배 치와 브러시, 정류자의 최적 위치관계를 규명하고, DC 서보 전동기의 경우 디지털 제어시 샘플링주기의 영향과 진폭제 한이 있는 최적시간응답제어 시스템의 구성, 서보전동기의 위치제어시 새로운 기동,정지법등이 연구되고 있다.

FEM에 기초한 민감도 해석을 이용한 수치해석 방법을 사용하면 정량적, 정성적 분석이 가능하고 코깅 토오크를 최소화할 수 있는 형상을 제시할 수 있다. 영구자석이 회전 자 내에 매입되어 있는 구조의 DC 서보전동기의 코깅 토오

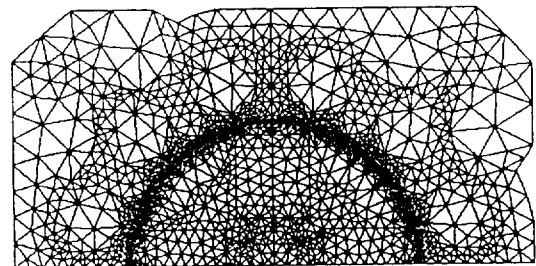


그림 1. DC 서보전동기의 기본 형상 요소망

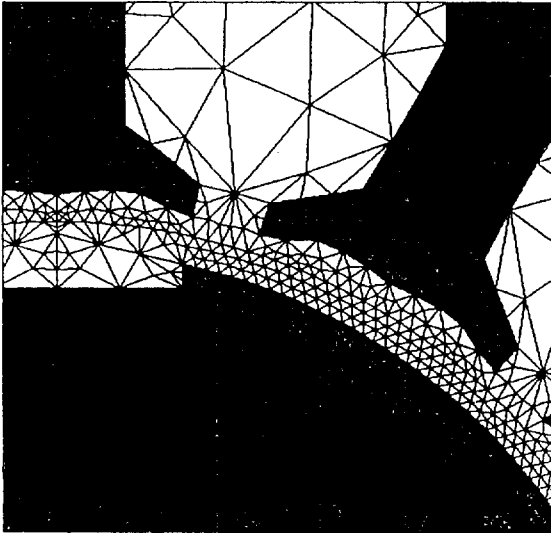


그림 2. DC 서보모터의 최적화 후 슬롯형상 및 요소망

크를 줄이기 위한 형상 최적설계의 예를 들면 다음과 같다 [5]. 민감도 계산을 위해서는 FEM 해석을 위한 데이터 외에 설계변수의 위치 및 절집 번호가 준비되어야 한다. FEM의 반복계산에 의해 전기자 돌극의 형상을 변경하고 초기형상 시의 코깅토크를 1/2이상 줄일 수 있으며 반복계산 횟수를 증가시키면 보다 나은 결과를 얻을 수 있다.

그림 1은 FEM을 적용하여 해석하기 위한 DC 서보전동기의 기본모델 요소망을 나타내며 최적형상은 그림 2와 같다.

2.2 브러시 없는 직류전동기

일반 직류전동기의 정류자, 브러시에 의한 기계적인 정류를 홀소자등을 이용하여 회전자의 위치를 검출하고 스위칭 소자를 사용하여 전자적으로 정류를 행하는 방식의 직류전동기이다. 따라서 수명과 전기적 잡음 측면에서 신뢰성이 높고 이와 같은 요구에 맞는 기기에 널리 사용되고 있다.

영구자석 회전자와 고정자 사이의 코깅 토크를 FEM을 이용한 자계해석으로 구하고, 영구자석의 공극 자속밀도 분포와 고정자 코일피치가 토크에 미치는 영향등을 규명하여 토크 맥동을 감소시킬 수 있는 방안을 검토하고 있다. 스텝상의 부하변동에 대한 과도응답특성의 해석, 축방향 공극의 영구자석동기전동기의 역기전력 파형, 전류파형의 이론과 실제 비교등에 관한 연구가 있다[4]. C 타입의 영구자석이 회전자 표면에 위치한 4극, 24 슬롯인 브러시 없는 전동기에 FEM을 적용한 해석 결과를 그림 3에 나타내고 있다. 절집수는 5519개이고 요소수는 10896개 이다[5].

2.3 스텝 모터

개루프제어로 위치제어가 가능하기 때문에 FDD의 헤드 이송과 프린터의 캐리지, 복사기등 각종 기기의 용지 이송

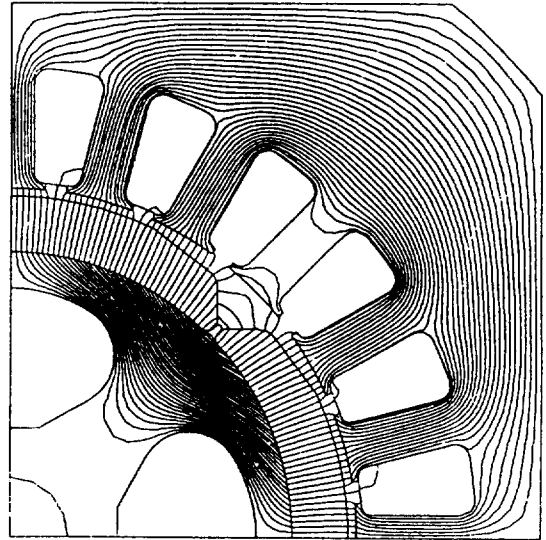


그림 3. Brushless DC 모터의 FEM 해석 결과

용으로 광범위하게 이용되는 전동기이다. 또한 단순히 위치를 결정할 뿐만 아니라 위치를 조절하므로써 간접적으로 유체의 압력이나 유량을 제어하는 경우도 많다. 경계요소법, 유한요소법등에 의한 자계해석으로 설계기술이 급속히 발전하였고, 제조기술의 진보와 함께 가공정밀도를 수 μm 이하로 생산할 수 있다. 그러나 스텝 모터는 탈조현상의 방지, 세틀링 타임의 단축, 히스테리시스오차의 개선등에 관한 연구가 계속되고 있으며 특히 고정밀도를 요구하는 용도나 서보전동기와 경쟁이 되는 기술영역에서는 페루프제어를 행하기도 한다.

스티프네스 특성에 따른 최적 치형상을 찾기 위해 경계요소법에 의한 토크 산정과 공극의 형태를 설계하고, 전동기 전체의 스티프네스 특성을 얻기 위해 자기등가회로를 함께 이용한 3차원 해석과 PM형인 경우 고정자 형태에 의한 디텐트, 홀딩 토크의 해석, VR형의 크기와 성능설계의 최적화 계산법등의 연구가 있다. 또한 현대 제어 이론을 응용한 슬라이딩모드법에 의한 위치결정제어등 다양한 제어 분야의 연구도 진행되고 있다[4].

2.4 AC 서보 전동기

AC 서보 전동기는 공작기계나 로봇등의 FA용으로 DC 서보 전동기의 결점을 개선하였으나 소형 전동기로서는 고가이며 아직 기술면에서도 대형 전동기의 연장선상에 있다. 소용량 분야에서는 DC 서보 전동기와 스텝 전동기의 페루프제어로 대체되어 AC 서보전동기는 특정분야에 한정되고 있다. 구조적으로도 DC 서보 전동기와는 반대로 고정자에 권선을 감고 회전자에 영구자석이 착자되어 있다. 자계중에 직각 방향으로 배치된 도체에 전류를 흘려 플레밍의 왼손법칙에 의해 발생하는 힘을 이용하지만 DC 서보 전동

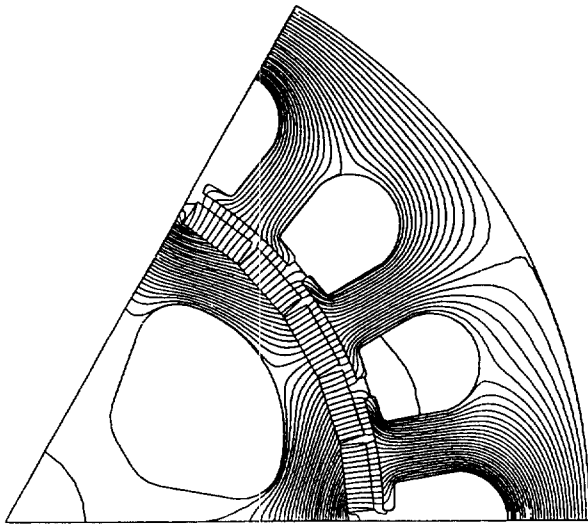


그림 4. AC 서보 전동기의 FEM 해석 예

기는 회전자와 각 권선에 흐르는 전류를 끊임없이 자계에 직교하도록하고 브러시는 자극의 위치를 검출하여 정류자는 각 권선에 직교하는 전류를 분배시켜 동작된다.

그림 4는 5개의 철판자석이 하나의 극을 이루는 6극, 18 슬롯인 AC 서보 전동기의 1/6에 절점수 6293개, 요소수 12448개, 반주기경계조건을 적용하여 FEM으로 해석한 결과를 나타낸 것이다.[5]

2.5 리니어 모터

각종 리니어전동기 가운데 리니어펄스모터(LPM)은 FDD의 헤드 구동, 프린터의 캐리지구동, 반도체 웨이퍼 이송용 등으로 사용되고 있다. 스테핑 전동기와 같이 정밀한 위치 결정은 물론 고분해능이 요구된다. 정밀도를 유지하기 위해 고정자와 가동자의 치는 정밀 프레스나 에칭등 새로운 제조기술이 도입되고 있다. 기기의 소형화는 가동자를 포함하는 자계해석등으로 가능하지만 경량화에 대해서는 아직 개량연구가 필요하다. LPM이외에 VCM으로 불리는 단극 LDM이 있다. 이 전동기는 고속응답을 요하는 고용량 기억 장치의 헤드이송용에 사용되는 예가 많다. 소형이면서 고추력과 고응답성을 실현하기 위해 출력밀도를 높여야 하며 따라서 Nd-Fe계 희토류 자석을 사용하기도 한다. 권선의 점적율을 높이기 위해 알루미늄권선을 사용하기도 한다.

리니어모터는 FEM을 이용한 자계해석이 대부분이다. 특별히 원통형 LPM의 디텐트릭 해석, 평판형을 인공심장용 액츄에이터로 응용을 시도한 경우등이 특이하다. 파라메트릭 전동기에서는 추력증가를 목적으로한 자극과 2차도체 구조에 관한 해석이 이루어지고 있다[4].

1대의 가동자로 평면구동이 가능하고 구조가 간단한 표면(surface) 전동기를 고안한 경우도 있다. 이 전동기의 추

력을 해석하기 위해 FEM을 이용하였으며 자속이 3차원으로 복잡하게 분포하고 있기 때문에 종래의 2차원 해석으로는 정확한 자속분포를 구할 수 없다. 따라서 최적설계를 위한 해석방법으로 3차원 근사 해석을 행한 결과를 발표하고 있으며[6], 해석영역과 해석결과를 그림 5와 그림 6에 각각 나타내고 있다.

또 PM형 LPM을 퍼미언스법에 의해 해석한 적용 예를 살펴보면 다음과 같다[7]. 광 디스크 장치에 이용할 수 있는 6[mm] 두께의 매우 소형인 PM형 LPM에 기존의 퍼미언스

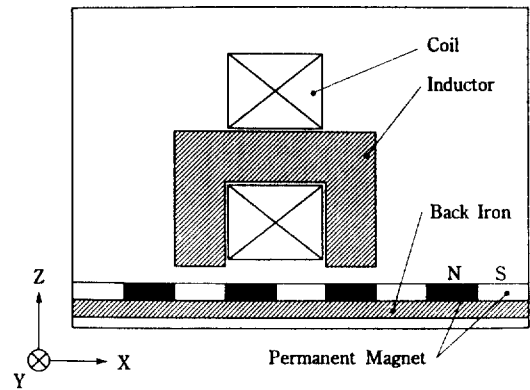


그림 5. Surface 전동기의 해석영역

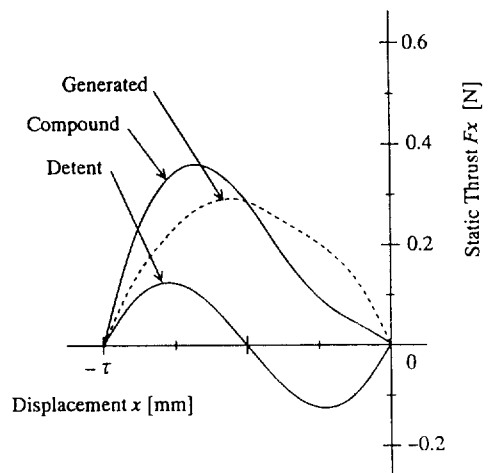


그림 6. 표면 전동기의 3차원 근사해석에 의한 정추력

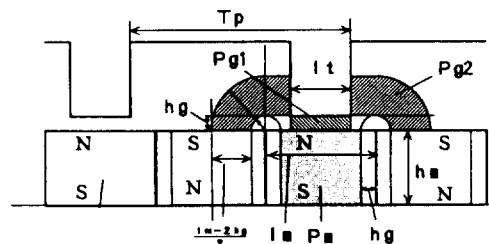


그림 7. PM형 LPM의 공극 자속통로 모델

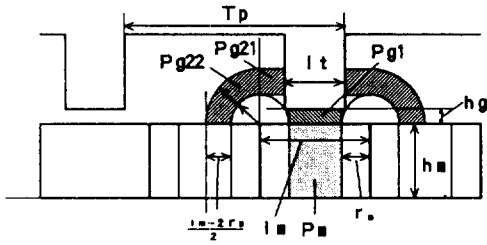


그림 8. PM형 LPM의 새로운 공극 자속통로 모델

법에 새로운 자속통로 모델을 제시하고 있다. 공극에서의 자속통로를 직선과 원호로 가정하고 수식을 세워 공극 퍼미언스와 자속을 계산하는 퍼미언스법은 영구자석과 치사이의 자로를 직선과 원호로 어떻게 구성하느냐에 따라 계산결과가 매우 상이하게 나타난다. 그림 7은 기존의 퍼미언스법에 의한 PM형 LPM의 공극 모델로서 N극과 S극의 경계를 중심으로 공극길이 h_g 를 반경으로 하는 반원으로 근사되어 있다. 그러나 추력을 향상시키려면 치폭 l_t 는 자극폭 l_m 보다 좁은 편이 좋으므로 위와 같은 자속통로는 불합리하다. 따라서 그림 8과 같이 자석의 무효부분을 자극 경계로부터 치까지의 거리 r_m 으로 하고, 이것은 그림 7과는 다르다. 이와 같은 모델로부터 계산된 퍼미언스는 (1)식과 같다.

$$r_m = \sqrt{h_g^2 + (l_m - l_t)^2}, \quad P_{g1} = \frac{\mu_0(l_t - 2r_m)w_t}{h_g}$$

$$P_{g21} = \frac{\mu_0(l_m - 2r_m)w_t}{l_m - l_t}, \quad P_{g22} = \frac{2\mu_0 w_t}{\pi} \ln\left(\frac{l_m}{2r_m}\right)$$

$$P_m = \frac{\mu_0(l_m - 2r_m)w_t}{h_m} \quad (1)$$

PM형 LPM의 1상분 등가회로는 그림 9와 같고 첨자 1, 2는 공극퍼미언스의 치쪽(대), 슬롯쪽(소)을 나타내며 (1)식의 첨자 1, 2에도 대응된다. W_t 는 치의 안쪽 길이를 나타내며, U_m 은 영구자석의 기자력이다. 1상당 치의 수를 n 라고 하면 P_1, P_2 는 각각 (2)식과 같다.

$$P_1 = nP_{g1}, \quad P_2 = n \frac{P_{g21}P_{g22}}{P_{g21} + P_{g22}} \quad (2)$$

또 영구자석의 퍼미언스는 식(3)과 같으며,

$$P_{m1} = P_{m2} = nP_m \quad (3)$$

쇄교자속 ϕ 와 추력 F 는 (4)식과 같다.

$$\phi = \frac{P_m^2(P_1 - P_2)}{(P_1 + P_m)(P_2 + P_m)} U_m, \quad F = \frac{2\pi}{T_p} \phi NI \quad (4)$$

단, I : 전류, N : 1상분 권수, T_p : 치피치

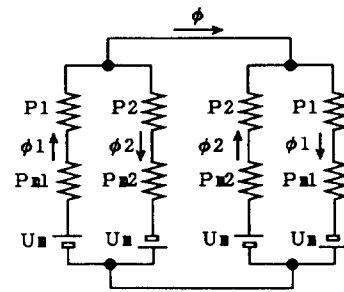


그림 9. PM형 LPM의 1상분 자기등가회로

2.6 스윗치드 리럭턴스모터

이 전동기(SRM)는 전기자 각 상의 인덕턴스가 고정자의 돌극과 회전자의 돌극이 정렬되어 있을 때 최대값을 가지며, 어긋나 있을 경우 최소값을 갖게되어 회전자의 위치에 따라 공극 퍼미언스가 주기적으로 변화된다. 따라서 퍼미언스법을 이용한 해석은 고정자와 회전자의 돌극이 일치되어 있는 경우를 제외하고는 오차가 너무 크기 때문에 불가능하며 현재는 FEM등의 전자해석 방법을 이용한 최적설계가 이루어지고 있다. 이때 고정자와 회전자의 상대적인 위치에 따라 상응하는 전류값을 추정하여 입력하고, 다른 전동기에 비해 자기포화의 정도가 심하기 때문에 자성재료의 비선형특성을 어떻게 계산에 반영하느냐에 따라 계산결과에 차이를 보이게 된다. 따라서 SRM을 해석하는 것은 FEM등의 수치해석 방법으로 가능하지만 공학적으로 의미가 있는 해석결과를 얻기 위해서는 많은 경험과 노력이 필요하다. FEM 해석시 회전자의 위치와 여자전류에 따른 쇠교자속을 계산하므로써 전동기 형상의 최적화, 최적 치수의 선정, 운전특성의 예측이 가능하다. 그림 10은 FEM으로 회전자의 위치에 따른 전동기의 자속분포를 계산한 예이다[8].

2.7 특수 전동기

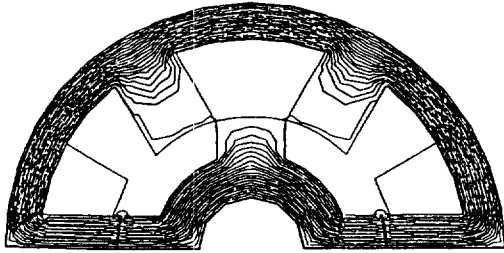
특수 전동기는 압전소자를 이용한 초음파 전동기와 형상기억합금을 이용한 감온 전동기 등과 같이 권선이나 영구자석 등의 구성재가 없다.

초음파진동의 진행파를 이용하는 직선형과 정재파를 이용하는 회전형이 있는 초음파 전동기는 저속, 대토크, 순시 정지 특성이 있으며, 토크를 전달하기 위해 고정자와 회전자 사이에 적당한 마찰력이 필요하기 때문에 마모로 인한 수명과 신뢰성에 제한이 따른다. 이 초음파 전동기는 자동차용 전장품, 복사기의 감광드럼 구동, 카메라의 자동 초점장치 등에 이용된다[3, 4].

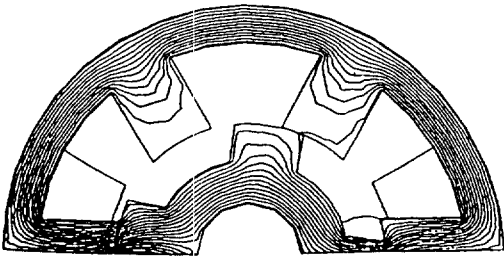
3. 결 론

앞으로 국·내외의 각종 소형 정밀전동기의 수요가 폭발적

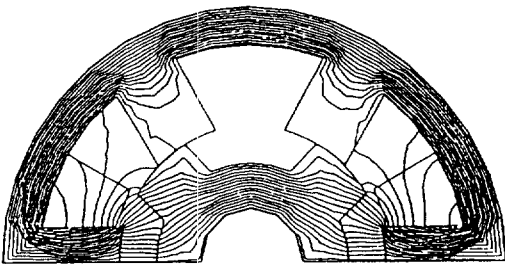
참 고 문 헌



(a)



(b)



(c)

그림 10. FEM에 의한 SRM의 자속계산

(a) : 극일치, (b) : 10도, (c) : 극불일치

으로 증대될 것으로 예상된다. 그럼에도 불구하고 설계 및 생산기술에 척역한 국내에서는 소형 정밀전동기를 구동장치로 사용해야 하는 제품의 생산량을 전동기의 수입 가능량에 따라 조정할 수밖에 없고 전동기의 수입가에 의해 생산가격이 결정되고 있는 실정이다.

따라서 각종 소형 정밀전동기의 개발에 필요한 영구자석의 자기회로 최적설계, 자성재료의 특성해석, 영구자석의 착자기술등의 기술동향과 해석기법을 대표적인 몇 종류의 소형 정밀전동기를 선정하여 정리하였다. 이와 같이 S/W적인 기술은 물론 센서이용기술, 정밀가공기술, 생산기술, 활용기술등과 같은 H/W적인 기술은 다음 기회에 논하기로 한다.

[1] S. S. Murthy, "Small and Special Electrical Machines", IEE, Vol.70, No.2, pp.64-78, 1989

[2] 소형모우터 기술조사전문위원회, "소형모우터 기술현황", 대한전기학회 기술조사보고 4호, 1992. 7, pp.288-294.

[3] 高精度 高付加價値化의 小型모터, 日刊工業新聞(日本), 1993.1.18

[4] 糸見和信 外, "제어용 소형모터의 동향", 일본전기학회 논문지, Vol.107-D, No.6, pp.700-706, 1987

[5] 전자장수치해석기법 조사전문위원회, "전자장 수치해석 기법 현황", 대한전기학회 기술조사보고 3호, 1992. 7, pp.42, 142-148

[6] 海老原 外, "스테핑형 surface motor의 3차원근사해석", 일본전기학회논문지, Vol.114-D, No.12, pp.1235-1241, 1994

[7] 二瓶秀樹 外, "초박형의 PM형 LPM", 일본전기학회논문지, Vol.114-D, No.1, pp.64-70, 1994

[8] 리덕턴스모터 조사전문위원회, "스윗치드 리덕턴스모터의 기술동향", 대한전기학회 기술조사보고 8호, 1994.7, pp.25, 62

저 자 소 개



이은웅(李殷雄)

1944년 8월 14일생. 1971년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1982년-83년, 85년-86년 캐나다 McGill대학 방문교수. 1984년-85년 당 학회 대전지부장. 1987년-현재 평의원. 1989년-90년 편수위원. 91년-92년 대한전기학회 학술이사. 93년-94년 대한전기학회 편집이사. 1995년 대한전기학회 편집위원장 및 전기기기연구회 간사장. 현재 충남대 공대 전기공학과 교수 및 공대학장.



김일중(金一中)

1958년 12월 10일생. 1980년 충남대 공대 전기공학과 졸업. 1995년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 주성전문대학 전기과 조교수.