

반코일 구조에 의한 수직코일 힘의 컴퓨터 시뮬레이션 수식
모델 및 응용에 관한 연구

A study on the computer simulation function model and
application system of the vertical force by the vertical
current using the half coil configuration

정병태(Byung Tae Chung)¹⁾

요약

코일에 전류가 서로 수평방향으로 흐를 때 힘이 발생한다. 그러나 코일에 수직으로 완전 교차하면 힘은 0이다. 반 코일 구조를 이용하여 완전수직 교차가 아닌 반만 수직으로 전류가 흐를 때는 힘이 존재함을 적분 방적식으로 풀이 할수있다. 수식 모델을 만들어 컴퓨터 시뮬레이션 할 수 있도록 하고 특히 전기 피스톤에 응용 할 수 있도록 한다.

abstract

When the electric current flows horizontally along the coil, the force is found. However, when the coil intersects perpendicularly, the force is 0. Using a half coil structure, when electric current flows along the incomplete perpendicular half intersect we can explain this by way of integral calculus with the spinning motion. Upon completion of the perpendicular model, computer simulation for this model will be possible particularly for the application of the electric piston.

논문 접수 : 2008. 8. 11.

심사 완료 : 2008. 8. 19.

1) 정희원 : 시립 인천전문대학 컴퓨터 정보과교수

※ 본 연구는 2008년도 인천전문대학 교내연구비 지원에 의하여 수행되었음.

1. 서론

솔레노이드[1][2]나 릴레이 에서는 가동자의 움직임 거리가 매우 짧다. 산업 현장에서 직선운동을 가동길이(stroke 길이)가 크게 하려면 기계적으로 구현하거나 선형 모터를 쓰거나 복잡한 열역학[3]을 고려한 공기 펌프를 동반한 공기피스톤[4] 또는 기름 피스톤[16]을 쓰는데 그 유체역학 [5]이론이 일반인에게는 상당히 어렵다. 선형모터[6]는 고가이며 제어회로가 복잡하다. 공기피스톤은 공기압 탱크 및 공기펌프가 따로 있어야 하고 유압[7] [8]피스톤[9]은 역시 기름 매체와 기름펌프가 따로 있어야 하는 불편함이 있다. 산업 현장이나 로봇[10]응용시 전기적으로 선형동작이 길며 제어가 간단한 전기 피스톤을 찾아 볼 수 없다. 본 논문에서는 반 코일 구조를 이용하여 다만 DC 방향으로 동작 길이가 크게 움직이는 전기 피스톤을 개발 하는데 그 수식 모델과 응용예를 소개 하고자 한다. 반코일 구조의 전기 피스톤은 코일내부에 있는 영구자석 또는 전자석을 제어 없이 한번에 피스톤 끝까지 이동하도록 하는 특징이 있다.

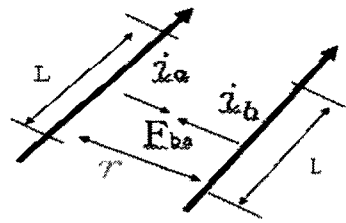
2. 반코일 구조내의 영구자석 선형 이동 원리

보통 코일에 흐르는 전류[11]는 [그림 1]과 같이 같은 방향의 평행으로 흐르면 서로 당기고 그 힘은 식(1)과 같고

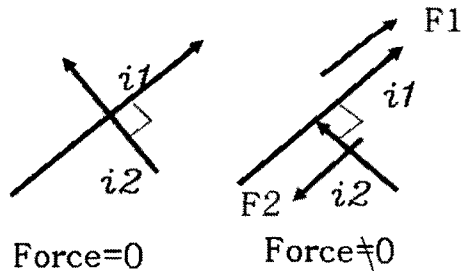
$$F_{ba} = \frac{\mu_0 L i_b i_a}{2\pi r} \quad (1)$$

다른 방향의 평행으로 흐르면 서로 밀다. 코일에 흐르는 전류가 서로 수직으로 흐르면 즉 완전 교차하면 힘이 0으로 되어있으나 코일이 완전교차가 아닌 [그림2]과 같이 전류가 흐르면 서로 작용하는 힘이 0이 아니다. [그림3]와 같

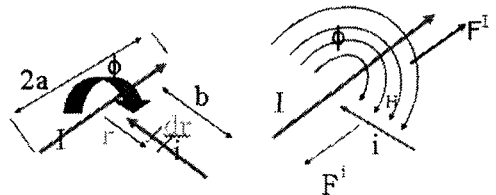
이 2a 길이 도선과 b길이 도선이 반만 수직으로 전류[12]를 흐를 때는 서로 힘이 존재 한다. 이문제의 해는 적분방정식의 해[13]가 0이 아니고 식(4)와 같이 $i=i$ 인 경우 힘을 갖는 실수 해를 가지므로 컴퓨터 시뮬레이션 할 수 있도록 수식 모델을 적용 할 수 있고 실제 시스템에 응용 할 수 있다.



[그림1] 평행전류의 힘
[Fig.1] Parallel current force

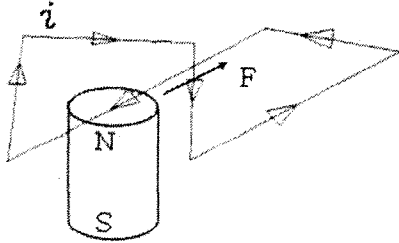


[그림2] 수직전류를 이용한 수직힘
[Fig.2] Using Vertical force by Vertical current

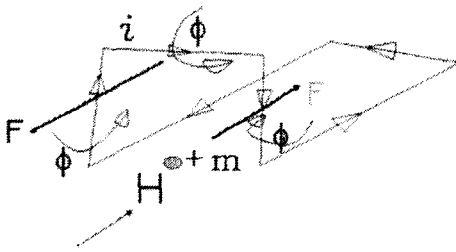


[그림3] 수직힘의 수식유도
[Fig.3] Function of vertical force
작용되는 힘은 [그림4]과같이 코일에 대해서 영

구자석(PM)의 한극이 작용하는 단극[11] 응용 예이다. 자연계에는 단극이 홀로 존재하지 않지만 단극만 코일이 작용되게 [그림 4]와 같이 할 수 있다. 특히 전기 피스톤에 응용 할 수 있도록 적절히 적용 하면 스토르크가 큰 전기 피스톤을 만들 수가 있다. 영구자석의 단극을 응용하려면 [그림5] 와 같이 코일의 구조[12]시에 코일 바로 밑의 영구자석의 N극이 쇠교할 때 나타나는 힘의 관계이다. 이때 작용하는 컴퓨터 시뮬레이션 수식 모델은



[그림4] 반코일 구조
[Fig.4] Half coil structure



[그림5] 영구자석과 반코일
[Fig.5] PM.& Half coil structure

[그림3]을 참조하면

$$H_a = \frac{I}{4\pi b} (\sin \Phi_1 + \sin \Phi_2) \quad (2)$$

$$= \frac{I}{2\pi b} \sin \Phi_1 = \frac{I}{2\pi b} \cdot \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

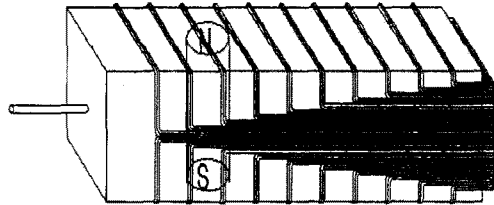
$$H_b = \frac{I}{2\pi a} \cdot \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (3)$$

$$H = H_a + H_b = \frac{1}{2} \frac{I}{\pi \sqrt{a^2 + b^2}} \left(\frac{a}{b} + \frac{b}{a} \right) \quad (4)$$

이므로 코일과 영구자석(PM)이 힘이 서로 작용한다. PM 극은 고정하고 전류를 반대로 흘리면 반대방향으로 이동한다.

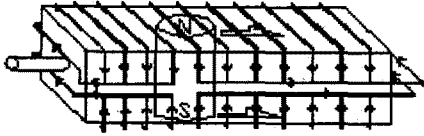
3. 반코일(Half coil) 피스톤 구조 및 제작

[그림 6]와 같이 반코일 구조를 중복 배치하여 반코일에 전류를 흘리면 전류 방향에 따라 PM 이 힘을 받아 전후로 제어 할 수 있다. 반코일의 작용부분과 끝에 모아지는 반작용부분의 코일을 뒤로 배치하는 경우와 앞으로 배치하는 경우 및 [그림7]과 같이 양쪽 고루 분포하는 법이 있다.



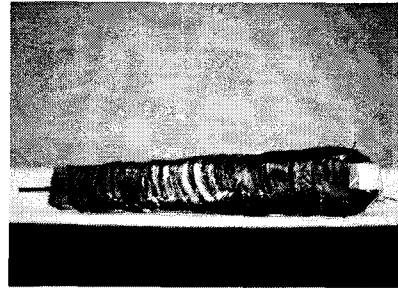
[그림6] 긴 스토르크를 갖는 솔레노이드 피스톤(
한방향 반코일 감기형)

[Fig.6] Long stroke solenoid piston
(one way HC. winding type)

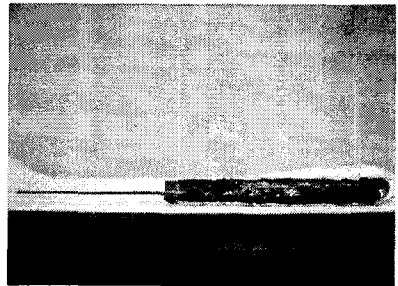


[그림7] PM과 Half coil 분포형
[Fig.7] PM & distributed Half coil piston

일단 제어 코일이 PM을 덮고 있고 상하 같은 방향으로 전류를 흘리면 즉 상하 코일의 전류 방향이 지면으로 나오는 방향으로 전류를 흘리면 각 PM 단극에 상하 같은 방향으로 힘을 받아 코일 내부에 있는 PM은 아무리 긴 선 길이라 해도 코일 내부를 우측으로 이동 할 수 있고 반대로 전류를 흘리면 좌측으로 이동 할 수 있다는 결론이다. 코일의 재원은 코일 굵기 0.5mmφ 코일 감은수=상500회+하500회 한개 코일의 길이 $l = 50\text{mm}$ 피스톤길이(코일 총길이) = 250mm 일 때 ,피스톤 스토르크 길이 약 230mm 를 자유로 이동하는 피스톤의 예를 [그림 8]와 같이 제작 하였다. 단점은 힘은 플레밍의 왼손법칙의 원리에 의하여 전류가 크거나 코일을 많이 감아야 하고 코일의구조가 복잡한 불편함이 있다. 그러나 전기적으로 긴 스토르크를 가지는 피스톤은 제어를 매 단계 해야 하는 선형모터에서만 가능 하였다. 이 반코일 방법으로 실제 코일 부분의 길이 내에서 매 단계 제어 없이 코일 시작에서 끝까지 내부의 영구자석을 이동 할 수 있다. 피스톤 시뮬레이션시 공식은 간단하다. 상 하 축 반 코일의 전류 i 와 Π 모형의 길이를 l 라 하고 내부의 영구자석의 자속 밀도를 B 라 하면 힘 $F=2n iB l$ 를 받고 피스톤 스토르크 길이는 코일 내부의 PM과 쇠교 하는 길이만큼 이동 한다. 피스톤 몸체의 길이와 유사하게 길게 나온 피스톤의 예를 [그림9]에서 볼 수 있다.



[그림8] 한방향 반코일 감기에 의한 전기피스톤
[Fig.8]Electric piston of the one way Half coil winding type



[그림9]긴 스토르크가 나온 반코일 피스톤
[Fig.9]Long stroked Half coil type piston

4.결론

스토르크가 큰 전기피스톤 구조를 만들고 수직 전류에 의한 수직힘의 존재를 확인하고 그로부터 간단한 전기 피스톤의 수식모델을 구하여 컴퓨터 시뮬레이션 할 수 있도록 했다.

스토르크가 큰 전기 피스톤을 개발하면 산업현장에서 특히 콘베어 시스템의 선형 자동화 이동 장치에 쓸 수 있어 지금까지 복잡한 공압 및 유압[9] 장치로 구현하던 선형이동장치가 간단히 전기피스톤 하나로 전기 선형제어 및 각종 햅틱 [14]장치에 대체 될 수 있다. 또한 로봇[4][15]의 팔이나 다리로도 응용 가능하고 수식모델을 근거로 동적인 전기 피스톤의 행태를 간단한 수식 모델로 컴퓨터 시뮬레이션 할 수 있어 산업현장에 지대한 공헌을 하는 효과가 있으며 특

히 앞으로의 전기 기술에 단극 자석을 응용 할 수 있는 예를 보였다.

반코일 구조를 이용 하면 일반 모터 [15][17][18],[19]

와 특징이 다른 단극 이용 모터를 개발 할 수 있고 특히 폐쇄계[20],[21]에 강체의 이동 및 회전 장치에 응용 할 수 있다. 자기 가둠에 단극 발전을 응용 하듯이 앞으로 우주시대에는 단극을 이용하여야 할 것 이다.

참고문헌

[1] 우 형 주, 조 철 '전기 재료학' 1970, 문운당, pp60
 [2] FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS 'LECTURES ON PHYSICS ' 1989 ,California Institute of Technology. pp13-5
 [3] Richard C. Dorf " The Engineering Hand Book "1996 by CRC press, Inc. pp 409-456
 [4] Phillip John Mckerrow 'Introduction to Robotics' 1991 Addison -Wesley Publishing company ,Inc. pp71
 [5] 부정숙 ,서용권,송동주,김경천 공역 '유체역학 (Fundamentals of Fluid Mechanics)' 1992, Pearson Education Korea
 [6] 세화편집부 '리니어 모터 應用 핸드북' 세화 출판사, 1988
 [7] 不二越 油壓 研究 그루우프 著 機電研究士 編輯部 譯 '알고싶은 油壓 '1976, 機電研究士
 [8] William F. Hughes John A. Brighton, Shaurm's Outlines FLUID DYNAMICS ,1999. Mac Graw-Hill, pp82-83
 [9] 노오현 '압축성 유체유동' 2004. 박영사
 [10] 강철구의 3저 '로봇 동역학과 제어' 회중당 ,1994
 [11] DAVID HALLIDAY, ROBERT RENICK, JEARL WALKER 'FUNDAMENTALS OF PHYSICS' JOHN WILEY & SONS, INC., 1993, pp853 , pp818, 977
 [12] Joseph A. Edminster 'Schaum's outline of

Theory and Problems of Electromagnetics 2/ed ' McGraw-Hill, INC., 1993 , pp142

[13] 高在杰 "力學 " 請文閣 pp214, 1993, 부록
 [14] 대한 기계학회 "2001년도 2월 동역학 및 제어부분 동계워크숍 논문집 " 2001.2
 [15] 도서출판 세운 '도해 매카트로닉스 입문 시리즈 로봇제어입문 '1987. 도서출판 세운
 [16] IRA COCHIN/HAROLD J. PLASS. JR 'ANALYSIS AND DESIGN OF DYNANIC SYSTEMS '1990 Harper Collins publishers Inc. pp144
 [17] 김영권 역 'John D. Kraus , 전자기학' 회중당 ,1996
 [18] 도서출판 세운 편집부 'DC 모터의 제어회로 설계 ' 도서출판 세운, 1985
 [19] 안진우 '스위치드 릴럭턴스 전동기' 오성미디어 ,2004
 [20] 정병태 "폐쇄된 계에서 선형 및 비 선형 달린 운도에 대한 컴퓨터 시뮬레이션 모델에 관한 연구" 한국 컴퓨터 산업교육학회 논문집 vol 7, june 2006
 [21] 정병태 "코리올리스 힘을 이용한 폐쇄된 계의 컴퓨터 시뮬레이션에 관한 연구" 한국 컴퓨터 산업교육학회 논문집 vol 5, no.6, june 2004

정병대



- '68- '75 : 광운대학교 전자 공학과(공학학사)
- '78-'81 : 고려대학교 대학원 전자공학과 (공학 석사)
- '96-'99 :한양대학교 대학원 전자 통신과 (박사 과정 수료)
- '74-'76 : 주식회사 흥전사 개발부 계장 (초고 주파 필터 개발)
- '76- '78 : 남미산업 개발과장 (자동 기계 전자 제어 개발)
- '78- '79 : 경남기업 기전부 사원 (바레인 근무)
- '82-'85 : 인천전문대학 전자과 전 임
- '85- '87 : 인천전문대학 전자계산과 조교수
- '87-'88 : 인천전문대학 전자계산 소장
- 06.8-07.8 :호주Latrobe대학 전자공학과 객원교수
- 2008 : 현 인천전문대학 컴퓨터 정보과 교수