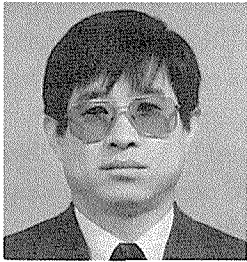


Brushless double cylinder Motor의 개발과 응용



한국기술교육대 학
교 수 박 창 순

1. 서 론

Double Cylinder Motor는 일종의 외형회전자 Motor (Inside-Out Motor)이다.

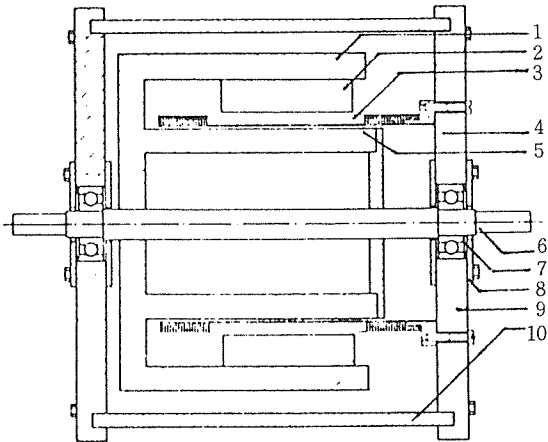
외형회전자 전동기는 독일의 Hermann Papst가 특허를 취득한후 세계 제 2차 대전후 부터 생산을 하여 일반적으로는 회전자에 직접 Fan의 날개를 부착하여 길이가 작아지는 장점을 이용한 냉각 Fan구동용 전동기로, 특수하게는 torque ripple이 작고 회전자 자체를 구동축으로 직접사용할 수 있는 장점을 이용하여 방직공장등에 사용되어왔으며 전기자동차의 바퀴에 직접 장착하여(동경전력 IZA)공간을 최대한 이용하는 등 여러 분야에 사용되어 왔다.

소개하고자 하는 Double cylinder Motor는 외형회전자의 내벽에 영구자석을 부착하여 높은 회전수에 운전이 가능하고 Yoke가 함께 회전하기 때문에 철손이 작아 효율이 높고 출력밀도가 높아 향후 응용분야가

확대될 것으로 생각되어 개발현황과 응용에 대하여 소개하고자 한다.

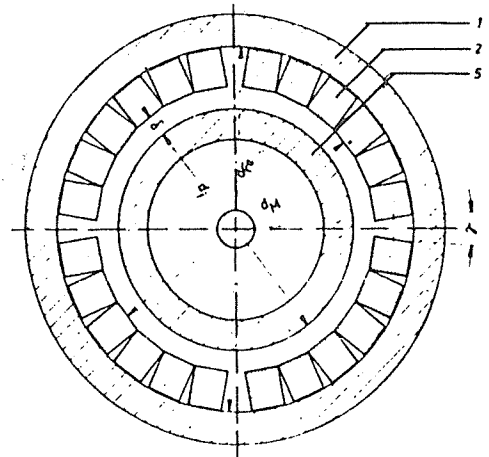
2 구조

그림 1과 같이 회전자는 두개의 이 cylinder(1,5)로 ferromagnetic material로 shaft(6)과 연결되어 있고 outer cylinder가 yoke로 작용하며 Magnet와 함께 회전하기 때문에 철손이 거의 존재하지 않으므로 cylinder는 보통의 전동기와는 달리 규소강판을 적층하여 사용하지 않고 순철로 만들 수가 있다. outer cylinder의 내벽에 여러개의 희토류자석을 붙여서 하나의 극(2)을 만든다. 두 cylinder사이의 공극에 Amature winding (3)을 Winding holder(4)에 연결하여 bracket에 연결 고정한다. Amature winding은 일반적으로 사용되는 전동기와 달리 slot에 삽입하지 않고 자속이 흐르는 두 Cylinder 사이의 공극에 존재하며 대단히 얇게 제작이 가능하므로 공극을 극소화 할 수가 있고 권선에서 발생하는 열은 쉽게 공기로 냉각이 가능하므로 전류 밀도를 높게 할 수가 있다. 따라서 높은 출력밀도의 전동기 제작이 가능하다.



- | | |
|--------------------|------------------|
| 1. outer cylinder | 6. shaft |
| 2. Permanentmagnet | 7. bearing |
| 3. amature winding | 8. bearing cover |
| 4. windingholder | 9. braket |
| 5. inner cylinder | 10. housing |

그림 1. a) Double cylinder motor의 측면도



□ Seltenerd Cobalt-Magnet

그림 1. b) Double Cylinder Motor 단면도

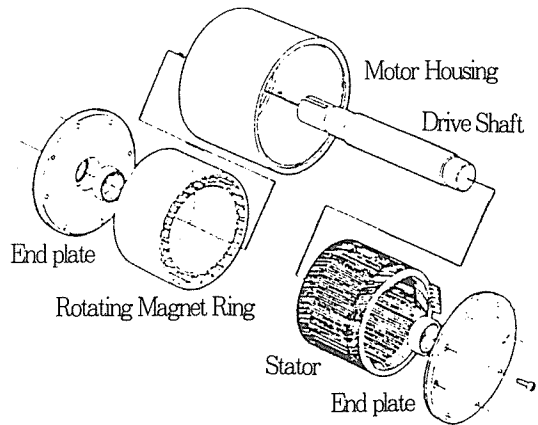


그림 2. Double Cylinder Motor 분해도

그림 3에는 일반적으로 사용되는 보통전동기와 Double Cylinder motor(15kW)의 단면을 비교하였다./2/ 같은 용량의 전동기에서 그림에서 보는 바와 같이 철심의 두께가 double cylinder motor의 경우 대단히 얇은 것을 알 수가 있으며 일반전동기는 slot에 stator권선을 삽입하나 이 전동기의 권선은 공극권선(airgap winding)으로 공극내에 골고루 분포되어 있고 slot가 없다.

참고문헌에 따르면 같은 용량(15kW)에서 소개하

는 전동기의 무게는 보통전동기보다 약 5kg이 가벼운 것으로 설명하고 있다.

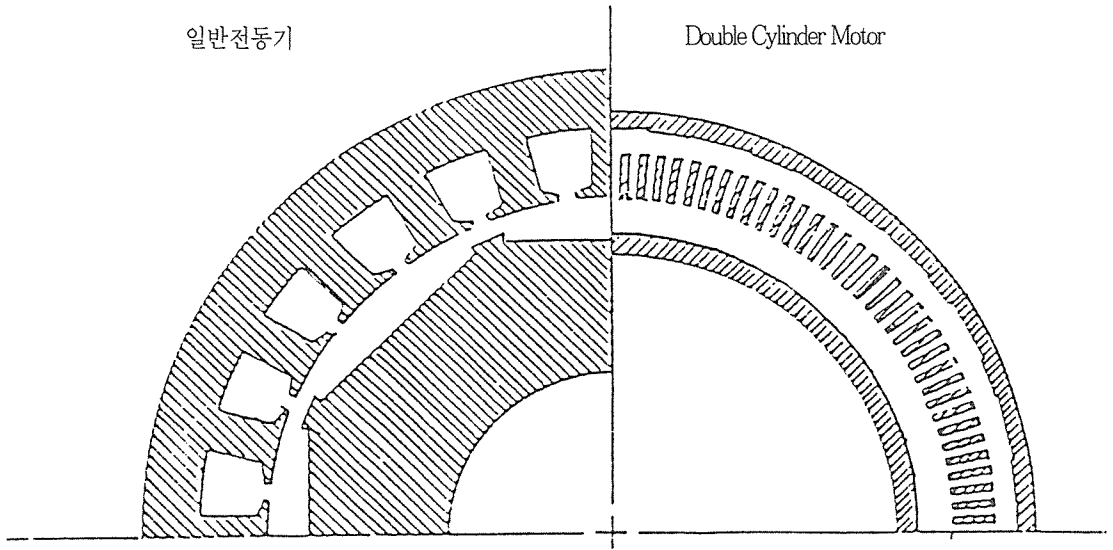


그림 3. 일반전동기와 double cylinder motor의 비교

이 전동기는 관성모멘트가 크기 때문에 전동기가 flywheel 기능을 갖거나 torque ripple이 적게 요구되는 곳에 사용된다.

3. double cylinder motor의 장점

- 외형회전자 내벽에 magnet를 장착한 전동기는 높은 원심력에 견디므로 높은 회전수에 적합하다.(그림 4)
- 양벽에 Magnet를 붙여 값비싼 영구자석을 효율적으로 이용할 수가 있다.(그림 5)
- 구조가 간단하고 견고하다.
- Magnet와 함께 yoke가 회전하므로 와류손이 적고 따라서 높은 회전수에서 효율이 높다.
- torque ripple이 적고 torque가 일정하다.
- 회트류 자석의 사용시 소형경량화가 가능하다.
- 사각형의 자석으로 값싸게 만들수 있다.
- Brush가 없기 때문에 보수가 필요없다.
- 외형회전자를 구동축으로 사용할 수 있다.

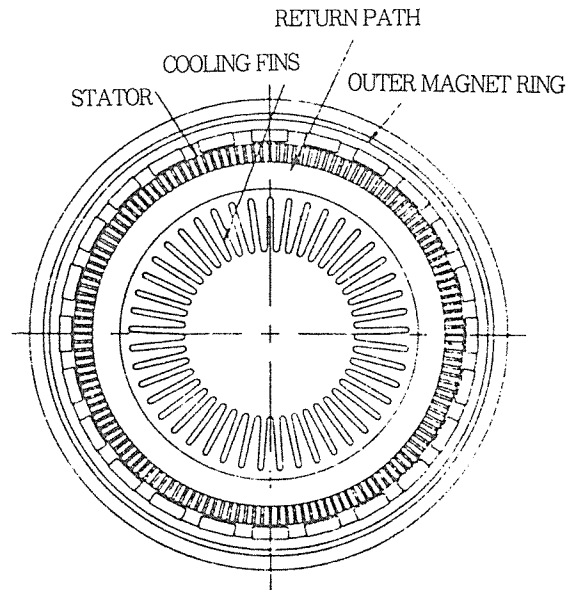


그림 4. 높은 회전수에 적합한 전동기형태

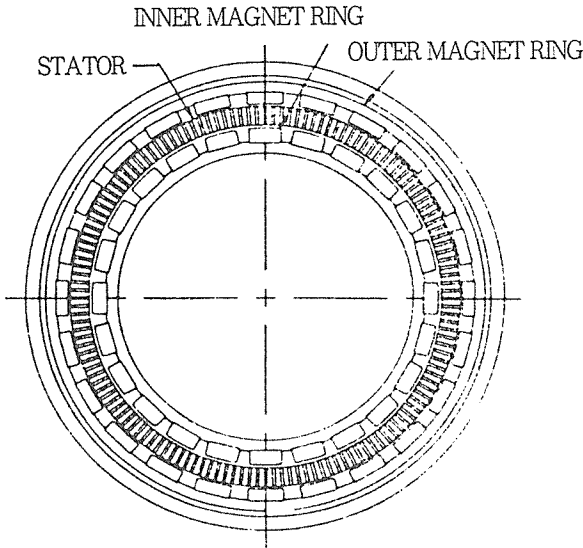


그림 5. 영구자석의 이용을 최적화한 형태

그림 5에서 보는 바와 같이 Double Cylinder Motor는 낮은 회전수에서는 효율이 다소 낮으나 회전수의 증가와 함께 효율도 증가하여 높은 회전수 범위에서는 대단히 높은 효율로 구동됨을 알 수가 있다.

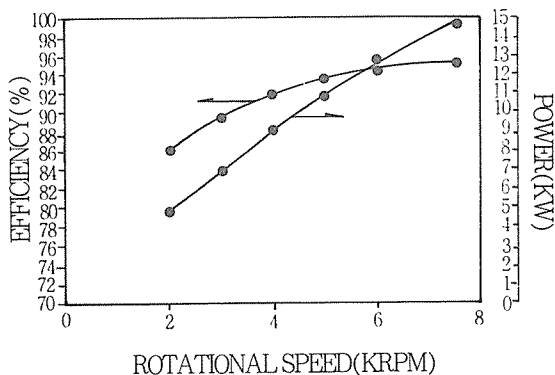


그림 6. Double cylinder Motor의 회전수에 따른 효율과 출력곡선

4. 동작원리 및 제어

일반 직류전동기에서는 slot속에 있는 도체가 자속 사이를 운동하게 되어있으나 Brushless motor에서는 고정된 Amature winding에 전류가 흐르며 기계적인 정류자와 Brush 대신 전자식 정류자로 작동되기 때문에 높은 신뢰성과 Brush에서 발생하는 손실이 없기 때문에 높은 효율이 보장된다.

Amature winding에 전류를 공급하는 정류회로는 star 결선과 Bridge 결선이 사용된다. Star 결선은 가격이 저렴한 대신 기기의 이용율이 저하되는 단점이 있다. 따라서 출력비를 높이기 위하여는 Bridge결선이 사용되며 기기의 이용율, Torque 그리고 효율이 높아진다. Amature winding에 흐르는 전류는 Rotor Position에 따라 on-off되며 Rotor Position Sensor로는 Hall 소자, Optoelectrical Sensor등이 사용된다. 그림 7은 3상 권선을 갖는 Double Cylinder motor의 구동회로 이다.

5. 응용분야

3장에서 설명한 장점을 이용한 곳이면 어디서나 응용이 가능하나 특히 높은 회전수로 동작되는 곳, 높은 회전수에서 높은 효율을 원하는 곳, 특히 큰 관성 moment를 이용할 수 있는 곳이면 더욱 이 전동기가 사용될 수 있는 곳이라 할 수가 있다. 현재로서는 전기자동차의 견인전동기로서 개발이 되고 있으며 electric flywheel로 그림 8과 같은 형태로 개발되기도 한다.

또한 가전제품(진공청소기, 세탁기, 비디오등), 고속 Pump, Fan, Textil spinning, Compressor 등에 장점이 있을 것으로 판단된다.

6. 결 론

Double Cylinder Motor는 현재로서는 미국에서는 Uniq Mobility에서 연구개발하고 있고 유럽 통합연구기관에서 CEAM Project의 일환으로 Neodym iron

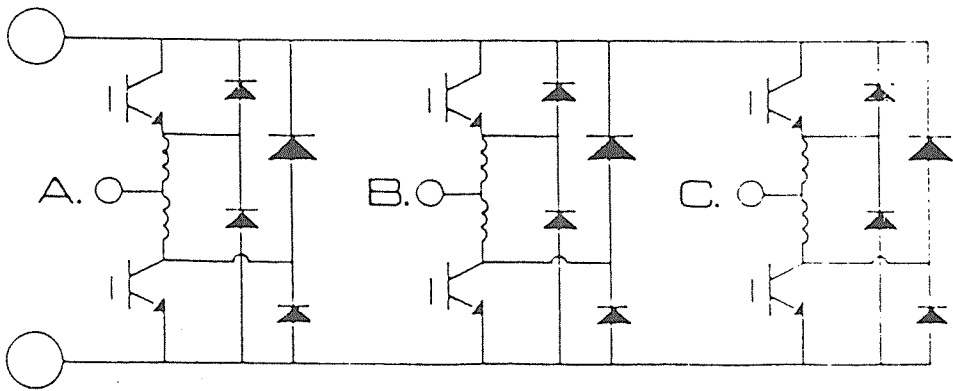


그림 7. Motor controller Power Circuit

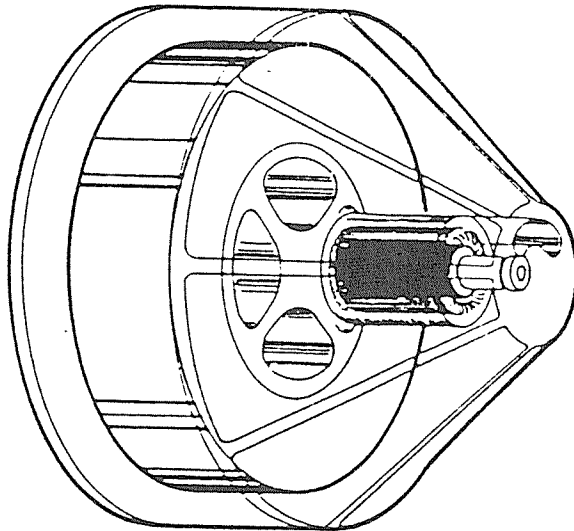


그림 8. Electric Flywheel

Boron 영국자석을 이용하여 출력밀도를 높이는 연구를 하고 있다.

참고문헌 /2/에 의하면 무게당 출력이 3kW/kg으로 보고되고 있는데 이 값은 대단히 높은 것으로 견인전동기등에 이용이 대단히 큰 장점으로 작용할 것으로 생각된다. 아직 국내에서는 이러한 전동기에 대한 연구가 전혀 없으므로 연구 및 개발을 활성화 시켜야 할 것이다.

7. 참고문헌

- (1) successive nonlinear quadratic programming for high power density and high-efficiency, permanent-magnet motors
H.Huang, E.F.Fuchs
ICEM 90 Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts August 13-15 1990
- (2) An Advanced electric drivetrain for EVs

- | | |
|---|--|
| William M. Anderson
The 10th International electric Vehicle symposium,
Hong Kong 3-5 1990 | -19. 1990 |
| (3) Brushless Motors and Controllers
Craig S. Cambier
4th Conference on Application & Advances, at
California State University at Long Beach, January 16 | (4) Ein elektronisch kommutierter Doppelzylinderläufermotor
J.-C. Chang
VDI Berichte Nr.482 1983 |
| | (5) Electricmotor Handbook
D. Knight
MC-Graw-Hill Book Co 1978 |

〈전기용어〉

자동주파수제어와 자동위상제어(AFC & APC)

자동주파수제어(AFC)란 automatic frequency control의 약자며, 자동위상제어(APC)는 automatic phase control의 약자로 AFC는 발전기의 주파수가 원하는 주파수에 자동적으로 가깝게 유지되도록 제어하는 자동주파제어를 말하며 APC는 발전기의 신호위상을 자동적으로 일정범위로 유지되도록 하는 자동위상제어이다.

AFC는 데이터신호전송에 있어 발전기의 발전주파수 또는 회로의 동조주파수를 정해진 범위내에 자동적으로 유지보전하도록 제어하는 것을 말한다.

APC는 텔레비전에서 발전기의 신호와 외부기준신호와의 위상비교에 의해 얻어지는 보정신호를 제어에 사용할 때 발전기의 신호위상을 자동적으로 일정한 범위로 유지시켜주는 프로세스 또는 수단을 말한다.

자동위상제어(APC)는 정확한 주파수제어를 목적으로 사용되기도 하는데 이 경우에도 자동주파수제어(AFC)라고도 부른다.

방송의 기간설비는 AM, FM, TV, 위성방송 등의 각 미디어에 따라 구성기기가 서로 다르지만 통상 프로그램제작 또는 연주시설(Studio)·방송시설(Transmitter)과는 방송프로그램을 위한 무선회선(ST링크) 또는 유선회선으로 연결, 프로그램신호·감시제어신호 등을 전송하는데 AM·FM라디오의 송신에 있어서의 변조는 가반용량 다이오드에 의한 광대역의 FM변조를 하며, 이때의 주파수안정화를 AFC 또는 APC라고 한다.

텔레비전의 신호송신에 있어서의 변조는 신호를 별도의 국소발전기출력에 의해 변환하는 방식이 채용되고 있으며 변조반송파를 높여 AFC등에 의해 주파수를 안정화한다.