

코아리스 모터의 개요와 동향

방한기

(한국 소형모터 연구조합)

I. 개 요

제 1 절 특징과 종류

1. 특징

코아리스 모터는 그림1과 같이 전기자 권선과 전기자 철심을 분리하여 철심을 고정 시킴으로써 전기자 권선이 공극내에 있고 철심부분은 회전하지 않는 직류 모터이다. 따라서 공극이 커지게 되어 자기저항이 크게 되므로 계자로 보자력이 높은 영구자석을 사용하는 것이 보통이다.

이러한 구조에 의해 코아리스 모터는 통상의 직류 모터에 비해 다음과 같은 여러가지 장점을 가지고 있다.

- 1) 전기자 인덕턴스 및 전기자 반작용이 작아 정류성이 양호하며 따라서 전기적 잡음이 적고 수명이 길다.
- 2) 철심 부분은 회전하지 않으므로 관성 모멘트가 작다. (같은 출력의 직류모터에 비하여 1/5 ~ 1/10)
- 3) 냉각이 잘 되므로 과전류에 대한 내성이 강하다.
- 4) 자속밀도를 크게 높일수 있어 채적당 출력이 크다.
- 5) 철손, 풍손 등 손실이 적어 효율이 높다.
- 6) 회전자에 대한 자기흡인력이 없으므로 코깅토크가 없다.

7) 출력 / 체적비가 크므로 소형화가 가능하다.

이상에서 코아리스 모터는 속응성이 높고 토오크 변동이 작으므로 제어용에 가장 적합함을 알수 있다.

2. 종류

코아리스 모터의 구조와 전기자 코일의 제법에 따라 다음과 같이 분류된다.

1) 전기자 형상

- 원통전기자형 - 경방향공극 (그림 1)

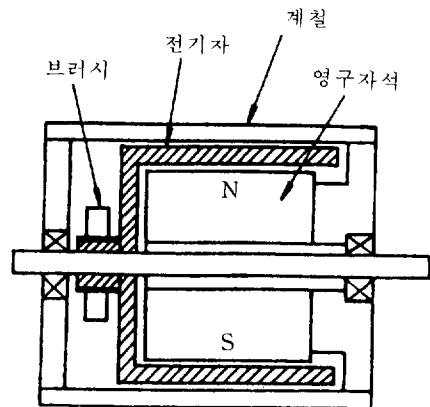


그림 1. 원통전기자형 코아리스 모터

- 원판전기자형 - 축방향공극 (그림 2)
- 2) 자석형상
 - 내면자석형 - 원통자석형 (그림 1)
 - 외면자석형 - 자극자석형, 변자석형 (그림 3, 그림 4)
 - 측면 자석형 - 편측자석형, 양측자석형 (그림 2, 그림 5)
- 3) 코일제법
 - 권선형
 - 프린트 배선형

참고로 그림6은 원통전기자형 모터의 주요 권선법을 나타냈고 그림7은 자기융착성 에나멜선의 주요 단면도를 표시한 것이다.

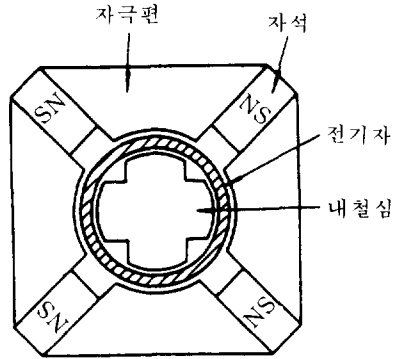


그림 4. 변 자 석 형

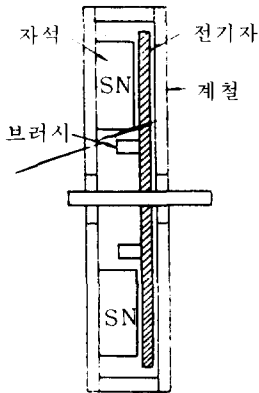


그림 2. 원판전기자형 (편방향 자석)

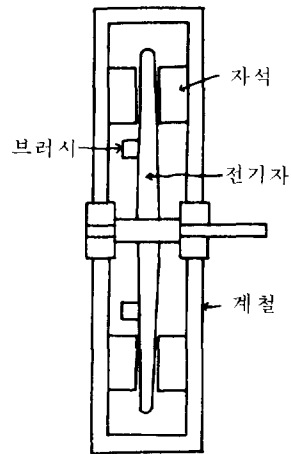


그림 5. 원판전기자형 (양방향 자석)

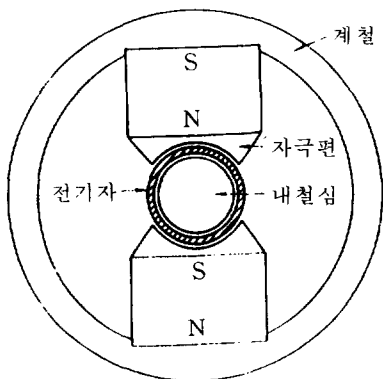


그림 3. 자극자석형

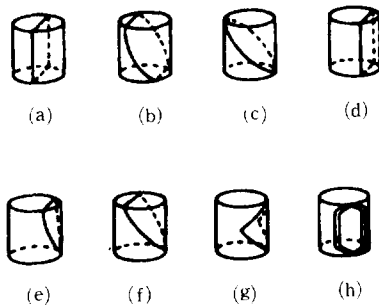


그림 6. 원통전기자형 권선법

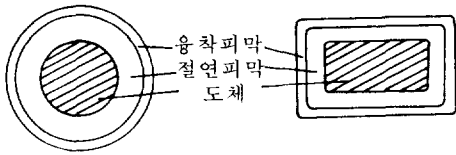


그림 7. 자기용착성 에나멜선의 단면

3. 용도

코아리스 모우터는 1W 이하의 마이크로 모우터에서 KW급 공업용 모우터까지 그 용도는 대단히 넓으며 용량에 따라 나누어 보면 다음과 같다.

1) 수W이하

일반적으로 소형의 경우에는 회전이 원활하고 전기 잡음이 작으며 효율이 좋아 테이프 레코더, 데이터 레코더, 카세트 레코더, VTR, 비디오 디스크, 8mm 카메라, TV 카메라, 의료기, 기록계, 팬 레코더, XY 레코더, FDD, 프린터 및 자동계측기 등에 사용된다.

2) 수W이상, 수백W이하

비교적 대형인 것은 응답이 빠르므로 증분동작을 하는데 많이 사용되며 스텝모우터로 추종할 수 없는 분야에 이용되는 예가 많다. 시리얼 프린터, 라인프린터, 자기디스크, 카드리더, 카드판치, 타이프라이터, 팩시밀리, 레코더, 금전등록기, 자동용접기, 공업로봇, 공작기기 등에 사용되고 있다.

3) 수백W이상

공작기기, 로봇, 안테나구동, 제조설비 등에 사용되고 있다.

제 2 절 기본특성 및 설계시 고려하여야 할 사항

1. 정특성

코아리스 모우터의 기본 관계식은 직류모우터와 동일한데 다음과 같이 표시 된다.

$$V = K_e \omega + I R_a + V_b \quad (1)$$

$$T_M = K_t I = T + T_f + K_a \omega \quad (2)$$

여기서

V : 전원전압 (V)

K_e : 유기전압상수 (V / rad / s)

ω : 회전각속도 (w)

I : 전기자전류 (A)

R_a : 전기자저항 (Ω)

V_b : 브러시 전압강하 (V)

T_M : 내부 발생토크 ($N \cdot m$)

K_t : 토크상수 ($N \cdot m / A$)

T : 출력토크 (부하토크) ($N \cdot m$)

T_f : 모우터 마찰토크 ($N \cdot m$)

K_a : 점성계수 ($N \cdot m / rad / s$)이다.

식(1)과 식(2)로 부터 속도대 토크, 전기자 전류대 토크 관계식을 구하면 다음과 같다.

$$T = \left\{ \frac{(V - V_b) K_t}{R_a} - T_f \right\} - \left(\frac{K_e \cdot K_t}{R_a} + K_a \right) \omega \quad (3)$$

$$T = \left(K_t + \frac{K_a \cdot R_a}{K_e} \right) I - \left(T_f + \frac{K_a (V - V_b)}{K_e} \right) \quad (4)$$

여기서 코아리스 모우터의 정부하특성 즉 $W - T$ 및 $I - T$ 특성은 전원전압 V 에 의해 평행이동되는 1차함수의 직선식이 됨을 알수 있다. 또한 코아리스 모우터에서는 공극이 커서 전기자 반작용이 거의 무시되며, 따라서 계산치와 실측치는 잘 일치 한다.

식(3)과 식(4)에서

$$W = W_o - \frac{W_o}{T_o} T \quad (5)$$

$$I = I_o + \frac{T_s - I_o}{T_s} T \quad (6)$$

을 유도 할수 있다.

2. 등특성

스텝전압을 인가한 경우의 응답특성을 구해보자.

권선의 인덕턴스를 무시하면 식(1), 식(2)에 대응하여 다음과 같은 관계식이 성립 한다.

$$V = K_e \omega + I \cdot R_a + V_b \quad (7)$$

$$K_t \cdot I = J \frac{d\omega}{dt} + T_f + K_a \omega \quad (8)$$

여기서 J는 관성 모멘트(Kg · m²)이다.
식(7), 식(8)로부터

$$\omega = \omega_R (1 - e^{-\frac{t}{\tau_m}}) \quad (9)$$

인 관계를 얻을 수 있다.
여기서

$$\tau_m = \frac{J R_a}{K_e K_t + K_a R_a} \quad (10)$$

$$\omega_R = \frac{(V - V_o) - R_a T_f / K_t}{K_e} \quad (11)$$

이다.

τ_m 은 기계적 시정수라고 하는데 모우터의 속응성을 나타내는 지표이다.

3. 출력특성 및 효율특성

식(5), 식(6)으로부터 모우터의 출력 P(watt)는

$$P = \omega T = \left(\omega_o - \frac{\omega_o}{T_s} T \right) \cdot T \quad (12)$$

로 주어진다.

식(12)로부터 모우터의 출력이 최대가 되는 조건은 부하토크가 기동토크의 반이 될때이며 이때의 최대 출력 Pmax는

$$P_{max} = \frac{\omega_o T_s}{4} \quad (13)$$

이다.

다음, 모우터의 효율 η 는 식(5), 식(6)에서

$$\eta = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} = \frac{\left(\omega_o - \frac{\omega_o}{T_s} T \right) T}{V \cdot \left(I_o + \frac{I_s - I_o}{T_s} T \right)} \quad (14)$$

이다. 따라서 효율은 부하토크 T의 함수로 되며 식(14)로부터 효율이 최대가 되는 부하 토크 T를 구하면

$$T_{\eta_{max}} = \frac{\sqrt{I_o T_s} - I_o}{I_s - I_o} \cdot T_s \quad (15)$$

가 된다.

4. 손실

코아리스 모우터에 발생하는 손실은 다음과 같이 분류 된다.

- 1) 기계손 - 브러시 마찰손, 축수손, 풍손
- 2) 전기손
 - ① 전기자동손 - 직류분손, 교류분손, 불평형전류손
 - ② 정류손 - 유기전압 단락손, 전류절환손
 - ③ 도체 과전류손
 - ④ 브러시 전압강하손
- 3) 철손 - 히스테리시스손, 과전류손

5. 모우터 상수의 측정

가. 토오크상수 Kt

$$K_t = \frac{PN\phi}{2\pi a} K_w \quad (16)$$

여기서

P : 극수

N : 총도체수

ϕ : 매극자속(wb)

a : 내부 병렬회로수

Kw : 권선계수

이다.

나. 유기전압 상수 Ke

$$K_e = \frac{\Delta V}{\Delta \omega} \quad (17)$$

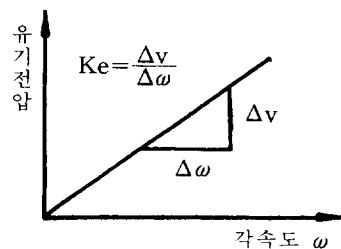


그림8. 회전수 - 유기전압특성

다. 점성계수 K_d

$$K_d = \frac{\Delta I}{\Delta N} \times K_t \quad (18)$$

라. 전기자저항 R_a

모우터를 별도의 외부 원동기로 30rpm 정도로 회전시키면서 모우터 양단에 전원을 접속하고 전압을 0에서부터 서서히 증가시키면서 모우터의 유입전류가 정격치의 1/4정도까지 여러번 측정한다. 이때 모우터 양단의 전압을 측정하고 V/I 에서 저항을 산출한다. 다음에는 전원전압의 극성을 바꾸고 같은 방법으로 저항을 산출한다. 전자와 후자의 평균치가 전기자저항이다.

마. 전기적 시정수 τ_e

$$\tau_e = L_a / R_a \quad (19)$$

여기서 L_a 는 전기자 인덕턴스(H)이다.

바. 기계적 시정수 τ_m

$$\tau_m = \frac{J R_a}{K_e K_t + K_d R_a} \quad (20) \quad (20)$$

사. 마찰 토크 T_f

모우터축에 외부에서 토크를 가해서 축이 회전을 시작하는 때의 토크를 말한다.

제 3절 제어방식

코아리스 모우터는 제어회로 없이 사용되는 경우는 적다. 제어에는 속도제어, 위치제어, 토크제어와 이들이 둘이상 조합되는 혼합제어가 있으며 제어방식은 근본적으로 보통의 직류모우터와 동일하다. 제어계의 일반적인 구성은 그림9와 같다.

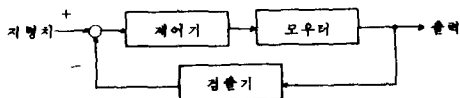


그림 9. 모우터 제어계

모우터 제어의 기본은 속도제어인데 속도제어 방식은 속도 검출에 따라 다음과 같이 분류된다.

- 1) 원심력 점접식 가버너
- 2) 모우터의 역기전력 검출제어
- 3) 타코제너레이터에 의한 전압검출제어

4) 회전엔코더에 의한 주파수 검출제어

1)의 가버너 방식은 마이크로 모우터용으로 많이 사용되고 있으나 신뢰성이 문제가 되어 고급용에는 사용되지 않는다. 2)의 브리지형은 역기전력의 온도특성과 브러시 접촉의 불안정성이 문제가 되나 알리크계 자석과 금속계 브러시를 사용한 코아리스 모우터에서는 그 영향이 적어 간이 방식으로 사용 가능하다. 3)의 타코제너레이터에 의한 방식은 브러시 접촉 문제는 적으나 자석과 반도체의 온도 특성에 의해 문제가 생기기 쉽고 AC 타코제너레이터의 경우는 AC-DC 변환에 의한 지연에 의해 제어성이 저하 되는 문제가 있어 최근에는 잘 사용되지 않고 있다. 4)의 주파수를 전압으로 변환시켜 사용할 수도 있다. 이외에도 모우터의 속도를 엄밀히 일정하게 유지하는 목적으로 사용되는 PLL(phase locked) 방식이 있다.

II. 동향

제 1절 기술동향

1. 기술현황

앞에서 다룬 바와 같이 코아리스 모우터는 가전 OA, FA 및 각종 정보기기에 이용되고 있으며 그 수요는 날로 증가하여 동력용에서 제어용 소형 모우터의 용도까지 확대되어 가고 있다.

코아리스 모우터의 기술이 눈부시게 발전하게 된것은 사용기기의 진보개선과 이를 구동, 제어하는 전자회로에 필요한 반도체 기술이 뒷받침이 되어 진전되었기 때문이다.

현재 사용기기에 대한 요구사항, 즉 소형화, 가격의 저렴화, 고밀도화를 충족시키기 위하여 개선된 사항은 다음과 같다.

- ① 고성능 영구자석의 채택
- ② 고성능 자기회로 재료의 개발
- ③ 모우터의 효율향상을 위한 자기회로 공작법의 개발
- ④ 소형화를 위한 권선기술의 향상
- ⑤ 제어용 전용, 칩개발
- ⑥ 소량 생산 제어회로용 전용 하이브리드 IC의 개발

- ⑦ 하이브리드 IC화와 회로의 소형화, 실장밀도의 향상
- ⑧ 자기회로와 제어회로 기관의 공통화, 방열효과의 향상
- ⑨ 칩부품의 채택
- ⑩ 모우터와 제어회로의 일체화

등 많은 개선 사항을 들수 있다.

특히 소형화에 대해서는 다음과 같은 사용재료, 설계, 가공방법 등이 개선되어지고 있다.

- ① 고에너지적 자석의 채택
- ② 권선방법과 절연방법을 개선해서 코일의 동점적율을 향상시켜 코일단부의 높이를 줄인다.
- ③ 성형가공기술의 정밀도 향상

이상과 같이 구성재료의 효율적 사용기술과 정밀가공 부품의 채택, 권선방법의 개선 등이 적절히 조합되어 모우터의 소형화에 이바지 하고 있다.

2. 개발 동향 및 과제

코아리스 모우터의 양산은 약 13년전부터이며 프랑스의 SEA사, 미국이 PMH사 및 일본의 radiator사 등에서 기술개발을 주도하여 전기자는 권선된 코일을 열경화수지로 고정시킨 몰드형에 이어 가열된 금형으로 성형하는 Hot press type으로 제조되어 왔다. 그리고 최근에는 정열권선된 코일을 수지성형하는 전기자가 중심으로 되어 있다. 형상으로는 원통형에서 편평형으로, 마그네트는 알리코에서 이방성 페라이트 및 희토류 자석으로 바뀌어 지고 있다.

코아리스 모우터의 장래 요망 사항은 브러시 부착 모우터의 제조기술에 있어서 형상의 극한화(초박형, 초소형), 성능의 극한화(초고속, 초저속)와 함께 가격의 저렴화 이다.

그러나 이들 형상 및 성능의 극한화를 달성하기 위하여

- ① 품질의 정밀도 향상 : 정밀가공 방법개발 및 양산시 정밀조립 측정기술개발
- ② 신뢰성을 확보하기 위한 재료 개발 : magnet의 특성에 따른 착자방법 개발 및 소형 박형화 요구신 최적 재료 선정 기술개발
- ③ 자석의 최적설계 : 가격대 토크 코일과 마그네트의 특성에 따른 모우터설계와 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 최적설계 방법을 개발, 프라스틱 마그네트의 특수사출 기술 개발, 착자기술 개발 등이 급후의

과제이다.

제 2 절 시장동향

1. 시장추이

코아리스 모우터의 주요용도는 음향기기 및 의료기기 등을 중심으로한 전자기기산업의 호황에 힘입어 86년까지 연평균 20% 이상 높은 성장율을 기록하였으나 앞으로는 주요용도의 변화가 예상되고 있어 소형 모우터 산업중에서 코아리스 모우터는 성장이 둔화 될것으로 예상 되어 진다. 그림 10 참조

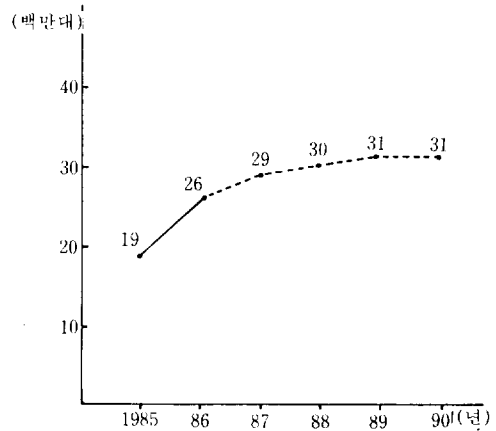


그림 10. 코아리스 모타시장의 예측

2. 용도구성

코아리스 모우터의 주요 용도는 컴퓨터 주변기기에서부터 미니카세트 자동카메라 VTR과 같은 가전용기에 이르기 까지 광범위하게 사용되고 있으며 8mm VTR 및 DAT 등에도 코아리스 모우터가 사용될 것이다. 한편으로는 영구자석이 알리코 혹은 희토류자석을 사용함으로써 가격이 상승하고 브러시 및 정류자 사용으로 수명문제와 주변장치에 미치는 영향으로 이에 대한 보완으로 페라이트 자석 채용 및 브러시리스 모우터 및 기타 서보 모우터로 대체 할것으로 예상 되어 진다. 그림 11은 1986년도 일본의 코아리스 모우터의 용도별 구성비를 나타내고 있다.

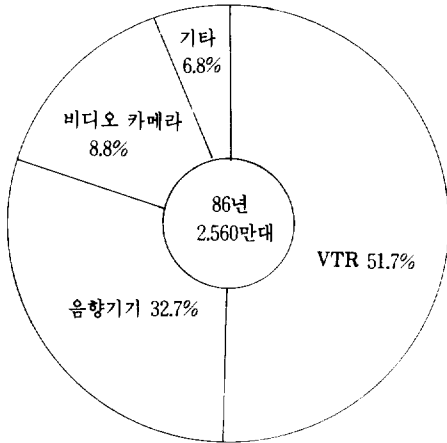


그림 11. 코아리스 모우터의 용도별 구성비

참 고 문 헌

주) 본 내용은 한국소형모우터 연구조합에서 한국과학기술원에 위탁하여 연구개발한 "마이크로 D.C 모우터의 개발"과 세중코아리스 모우터의 개발 부분을 발췌 하였으며 상기 제목의 과제는 1985년 과학기술처에서 시행한 특정연구 개발사업으로 이루어 졌음을 밝히는 바입니다.

- 1) 杉浦恒雄, "코아리스 DC모우터의 개발법"정밀소형 모우터 總合資料集 Vol.1, p.183~196(1982)
- 2) 佐甲進, "코아리스 모우터의 설계" ibid., PP. 197~215
- 3) 石井重夫, "코아리스 모우터의 특성과 선택법", ibid., PP. 216~226
- 4) 新保克司, "코아리스 모우터의 기술적 제문제", ibid., PP. 227~235
- 5) 青木金正, "코아리스 모우터의 기술적 제문제", ibid., PP. 236~243
- 6) 大西和夫, "코아리스 모우터의 기술적 제문제", ibid., PP. 244~258

- 7) 隣比呂彦, "코아리스 모우터의 특징과 최근의 사용예", ibid., pp. 259~268
- 8) 杉浦恒雄, "코아리스 DC tachogeneration" ibid., pp. 274~284
- 9) 杉浦恒雄, "코아리스 모우터의 特性, 실용신안, 조사보고" ibid., pp. 269~273
- 10) 大西和夫, "코아리스 모우터와 제어", 정밀소형 모우터 총합자료집2, pp. 289~313
- 11) 金能秀, 李相國, "小形모터의 기술개발 現況및 動向, 산업연구원 pp. 13~14
- 12) 裴鍾基, "國內 小型모터산업의 動向과 育成方案, 산업연구원 pp. 85~87
- 13) 87年版 "小型精密 모-타 市場의 中期展望" (株) 矢野經濟研究所發行, 1987년
- 14) 山田 博 "코아리스 모우터의 권선설계" 小型 모-타의 設計 pp. 3-1~3-12
- 15) 猿田 憲 "코아리스 마이크로 모우터의 卷線と形成의 自動化" 小型 모-타의 設計 pp. 10-1~10-3
- 16) 飯島邦彦, "코아리스 모우터의 設計 (I)" 直流小形모-타 設計, pp. 3-1~3-36
- 17) 石井重夫, "코아리스 모우터의 設計 (II) 直流小形모-타 設計 pp. 1~48
- 18) 田淵伸一, "코아리스 모우터의 측정·評價" 小形모우터의 測定. 檢査. 評價法 pp. 7-1~PP 7-13.
- 19) 岸信夫, "코아리스 모우터" 「電子技術」 Vol. 28, no. 12, 1986, pp. 138
- 20) 見城尙志, "최근의 小形 모우터의 動向" 「自動化技術」, Vol. 16, No. 12, 1984, pp. 26~30
- 21) 領木喜明, "精密小形 모우터의 開發現況과 將來", 「自動化技術」, Vol.16, No.12, 1984, pp. 31~36
- 22) 見城尙志, "最近의 小形모우터의 技術動向", 「機械設計」, Vol.28, no.7, 1984 pp. 25~29.
- 23) 官崎健, "小形 輕量化設計를 위한 磁性材料", 「機械設計」, Vol.28, No.11, 1984 pp. 43~48.
- 24) 見城尙志, "小形. 精密모우터의 應用技術 最近의 小形모우터의 技術動向", 「機械設計」 Vol.28, No7, 1984, PP 25~29