

캠코더용 Iris Assembly의 국산화 및 생산 기술 개발 사례

고종선
삼성 경영 기술 대학 응용 전자 학과

A Study of Development and Production Technology for Camcoder Iris Assembly

KO JONG-SUN

APPLIED ELECTRONIC DEPT. OF SAMSUNG INSTITUTE OF MANAGEMENT & TECHNOLOGY

ABSTRACT

In this paper, the principle of operation, the part characteristic, characteristic of component movement, analysis are carried out for camcoder iris assembly which is one of the important element component in Video large projection TV instrument, and some Know-how for development of element component is also included. The magnetic field circuit for the small and simple structure with low power consumption is introduced and new materials of yoke for small motor system is suggested. Especially, the relation with remained magnetic field and operation duration time is analyzed by experimental results. Some problems of nonlinear torque characteristics include to obtain the simple and low cost structure in domestic production of element component is analyzed. Furthermore, development procedure is suggested for iris assembly and some methods to reduce the burr with some check points for small precise accessories are explained.

1. 서론

최근의 제품 기술의 동향에서 초정밀 요소부품의 중요성이 부상되고 있다. 경박 단소의 추세는 점차 구동부에도 적용되어 소형, 정밀, 저전력이면서 높은 토크를 요구하게 되었다. 이러한 소형 정밀 Actuator 개발에서는 기존의 이론적 해석보다는 경험적 실험적 해석, 초 저가의 간단한 구조의 실현, 양산 시의 Know-how 등이 큰 변수로 작용한다. 이러한 요소 부품 중의 하나가 캠코더용 조리개이다. 영상기기에서 인간의 눈동자 역할을 하는 이 조리개는 카메라 셔터가 일순간 ON-OFF 동작으로 끌나는 것과 달리 광량에 따라 수시로 빠른 시간에 빛의 양을 조절하기 위해 열리는 양을 선형적으로 조절해야 한다. 또, 동작 특성에 중요한 Factor는 주어진 전압과 전력에 열리고 닫히는 시간이 적으면서 멀림이 최소화되어야 하는 점이다. 본 기기에는 모터 설계 기술 및 간단 구동 기술, 자성체 및 자제회로 기술, 소형 정밀사출 금형 프레스 기술, 소형 정밀조립 기술, 그리고 각 요소 부품별 재질 특성 및 본드류의 소재 기술이 복합되어 있고 끝으로 양산화를 위한 정밀 조립 기술이 필요하다.

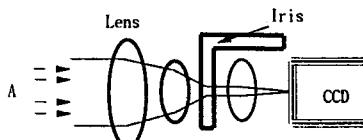


그림-1 Zoom Lens Assembly 구성도

2. 연구 방법

2.1 IRIS 모터 구동 원리

본 자동 조리개(Iris)는 화상의 밝기와 심도를 결정하는 부품으로써 위의 그림-1과 같이 Zoom Lens Assembly의 줌렌즈와 Focus Lens 사이에 놓여 있다. 자동 조리개는 A에 입사된 광량에 따

라 화상 제어부에서 발생되는 전압 신호에 비례하여 구경의 크기를 제어하게 된다. 이때 고정자 코일과 병행하여 연결된 Damping Coil의 유기전압을 Negative Feedback 하여 구동시 멀림을 최소화 한다.

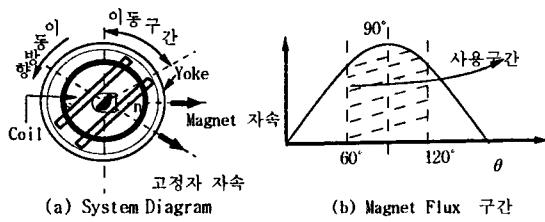


그림-2 Iris Motor의 구동원리

위의 그림-2는 Iris Assembly의 구동 원리를 나타내는 불리 선도이다. 그림-2에 나타난 바와 같이 좌우 회전을 간단한 구조로부터 얻고자, 정방향 회전은 모터 동작으로 얻고 역방향 회전은 스프링에 의한 힘으로 얻는다. 중간에 정지하게 하기 위해서는 이 두 힘의 평형을 이용한다. 즉 스프링의 토크와 전자력이 평행이 되는 점에서 정지하게 된다. 스프링 토크는 다음과 같이 주어진다.

$$T = K\theta, \quad T = K_t \phi(\theta) i$$

K : 스프링 상수, θ : 위치각도, K_t : Motor의 Torque상수

$\phi(\theta)$: 위치에 따른 자속 i : 고정자 전류

이식에서 알 수 있듯이 Motor torque는 비선형이다. 이는 간단한 제어 구조를 얻기위해 피하기 힘든 단점이다. 그림에서 알 수 있듯이 모터의 최대 토크를 얻기 위해서 Flux의 최대 부분인 90°에서 동작구간 60°를 고려한 ±30° 즉 60° ~ 120° 구간을 이용하고 있다. 따라서 그림-2의 (a)에서 표시한 로타축과 자석 N극과 Arm Lever의 상호각도는 매우 중요하며 사출물의 정밀도에 따라 영향을 받는다.

2.2 구동코일 및 제동코일

본 기기는 구동 코일과 제동 코일로 구성되어 있다. 후자는 발전기 원리에 의해 움직임에 비례한 전압을 발생시키는 것으로 신호를 구동코일에 Negative Feedback하여 진동을 억제한다. 따라서 구동 코일과 제동 코일은 동일한 구성비로 구성되고 동일한 권선을 사용한다. 저항은 120Ω이 기준이고 이때 흐르는 전류는 4V/120Ω=0.03A이다. 이 경우 소비전력은 0.13W에 해당한다. Coil의 종류는 자기용착용 앤나멜 등으로 3종 φ 0.05이다. 여기에 연결된 부하는 2개의 Sutter날개와, Arm Lever, 그리고 Rotor 축을 포함한 Rotor부분으로 구별된다. Rotor부의 Inertia는 Arm Lever를 포함하여 5.082g이다. 따라서 주된 부하로 스프링에 의한 Torque $K\theta$ 가 작용하게 된다. 본기기의 경우 Governing Equation은 다음과 같다.

$$M\ddot{\theta} + B\dot{\theta} + K\theta = T\phi(\theta)i$$

M : 질량, B : Friction 상수

2.3 부품 구성도 및 부품의 특성

일반적으로 Iris Assembly는 그림-3과 같이 총 13개의 Sub 부품으로 되어 있다.

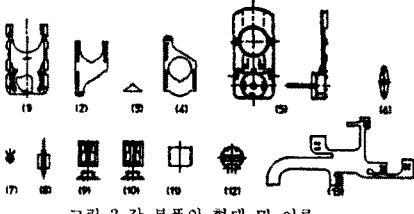


그림-3 각 부품의 형태 및 이름

Plate Cover로 명명된(1)번은 조립된 Iris의 보호 및 Locking 역할을 한다. (2)(4)는 Shutter-A 및 Shutter-B를 나타내는 것으로 두장이 서로 Sliding 하면서 빛의 양을 조절한다. 셔터의 가공에서 중요한 점은 Guide부의 Burr 크기가 9 μm 로 관리돼야 한다. (3)번은 ND-Filter로 투과율은 25%, Burr가 4~5 μm 이하이며 금힘이 없어야 한다. (5)번은 Base-로드 전체 System의 기본 형체를 제공하고 각 요소부품의 안착 및 동작공간, 상호 동작관계를 설정하는 매우 중요한 부분이다. 특히 공차가 사출물이면서도 ± 0.02 이하로 관리되어야 한다. 사출 Injection은 Lever의 동작부위 밖에 있어야 하고 안쪽은 3단 금형으로 처리한다. 또한 광 입사 부위는 반드시 부식 처리를 하고 두 기둥 부위는 보먼과 상호 밀착되어 변형이 없도록 공차를 관리한다. (6)번의 Arm Lever는 회전운동을 Shutter의 왕복 운동으로 바꾸는 부품으로 Base 안쪽과 안정 공간을 유지해야 한다. 특히 스프링을 Base와 Arm Lever에 안착 시키는데 이 각도가 일정해야 한다. (7)번의 스프링은 SUS 304W로 선径 0.1mm 각도 60° ± 5 °를 유지한다. 매우 약한 관계로 편선에 주의를 요한다. 특히 끝단은 평행을 이뤄야하고 가지런히 해야 한다. (8)번은 Sm₂Co₇의 Bonded Magnet로 Br은 8000G이고 H_C는 6000 Oe인 이 방성 희토류 자석이다. 이 Rotor는 이동 각도가 60°로써 정방향 Power Source이다. (9)번은 Bobin으로 고정자 역할을 한다. (10)은 형상은 동일하지만 연결방향이 반대로 된 Damping Coil을 나타낸다. (11)은 Iris Motor의 중요한 부품으로 일반 Silicon-Steel이 아닌 저탄소강을 이용한다. 소형이면서 전류저항률을 적게 만드는 소재가 필요하다. (12)는 Motor Cover로써 Rotor축을 잡아주는 것으로 Base 기둥에 Lock하는 부분이 0.01정도 정밀한 치수를 요구된다. 따라서 금형에서는 μ 단위 정밀도의 금형이 필요하다. 영구 자석의 종류는 희토류계가 Power면에서 유리하다. 이방성에 따른 특성도 매우 중요한데 특성은 다음과 같다.

종류	성능	자성세기
등 이방성	약	
죽 이방성	강	
회 이방성	강	
Radial 이방성	중	
극 이방성	강중	

표-1 방향성, 소결과 본드의 비교

2.4 단위 요소 부품의 생산 기술

소형 Actuator로써 BLDC Type 모터에서는 크기를 작게 만들기 위해 표-1처럼 종 이방성 혹은 횡 이방성이 좋다. 에너지 면에서 약간 뒤지지만 Bonded Magnet가 가격등 다른 면에서 유리하다. 그림-2의 구조에 따른 현 IRIS 모터에 사용된 자석 등급은 SAM15이고 현 구조의 Permeance는 1.844이며 이때 Air gap 자속밀도 Peak치는 4570 Gauss정도이다. 선진 업체의 Yoke를 ICP로 제작 분석한 내용을 근거로 하여, 국내 제품의 Spec을 비교하였다. 최종 선택된 철은 수입재 대비 내부 청정성은 다소 미흡하나 압조성, 도금성, 열처리후 현미경 조직 및 기타 재질 특성도 유사 수준이며 최종 제품의 투사율도 99.4~99.7%로 확보되었다.

철을 속이 빈 관 형태로 제작하기 위해서, 현재의 ±0.1mm 공차에는 Tube Drawing이 적합하다는 결론에 도달했다. 이 철은 연자성 재료로서 가공으로 인해 특성이 바뀌어 Grain Size가 작고 Dislocation이 쌍극자 Moment의 운동을 막아서 전류자기가 남게된다. 따라서

구 분	C	Si	Mn	P	S	S.Al
국산 관리	MAXO.	MAXO.	0.02~	MAXO.	MAXO.O	-
개발	0.013	0.01	0.27	0.013	0.010	0.006
수입 일본	0.014	0.01	0.30	0.016	0.015	0.072
독일	0.013	0.02	0.28	0.019	0.009	0.064

표-2 수입재대비 국산재 화학성분

가공후 적절한 열처리를 통해 내부 응력을 제거시킨다. 큰 Grain의 경우에 투사율은 커지고 H_C가 작아져 같은 Permeance에 전류 자속은 작다. 실험적 검증으로, 열처리에 필요한 최적의 조건을 산출할 수 있었다. 그후에 금속의 부식방지를 위해, 도금두께 5μm의 Zn-Cr 도금을 하였다. 플라스틱 사출 성형품의 설계상 중요 Point는 수지의 결정, 금형 개량 형상의 결정, 성형법 및 2차 가공의 결정, Gate의 위치와 방향결정, Under-Cut의 처리 방법등이다. 열경화성 수지의 종류가 10 종류이상, 열가소성수지의 종류가 15종 이상이고, 세부 성분까지 고려하면 종류가 매우 많다. 본 개발에서는, 재질분석 Data를 근거로 하여, 가장 최적의 조건을 산출하고자 하였다. 제품, 금형설계 및 성형 조건등에 어려움이 많았다. 분석에는 SEM/EDX를 통해 정성분석으로 각 성분을 산출할 수 있었고, XRD를 통해 Rotor Axis내 무기물 성분을 확인할 수 있었다. 제품 설계시 유의해야 할 사항은 공차의 타당성 검토, 기준선의 별도 설치, 재질의 물성이 설계와 부합여부 검증등이다. Shutter Film과 ND filter 등은 두께가 0.08mm과 0.09mm로 정밀 설계와 정밀 Press기술을 필요로 한다. Base와 조립후 Sliding시 Base상의 Post와 접촉되어 오동작이 발생되는 경우가 초기에 있었고 단면 Burr로 인 Shutter 상호간의 마찰로 동작의 불량을 일으키기도 한다. 개선후 품질 상태를 확인해 보아 선진 제품과의 비교를 행한 결과는 다음 그림-4와 같다.



(자체 개발품) (선진제품)

그림-4 Shutter 장공부의 단면비교(100x)

위의 사진을 비교해 보면 선진 제품대비 자체 개발 제품은 장공부의 Burr가 아직 존재 한다. ND Filter의 정면 및 단면 형상을 보면 Cutting 면에서의 빛 반사가 발생함을 알수 있었다. 그러나 검사 공정에서 강한 빛을 통하여 Iris 중간쯤 거의 닫히는 상태에 화면 중간에 줄이 생기지 않으면 양호한 것으로 판정한다. Bond의 도포 부위는 Rotor Axis와 자석, Arm lever와 Rotor axis, Shutter Film과 ND Filter, 요크와 Bobbin 등이다. 생산 기술측면에서 접착제 도포 상태, 작업성, 경제성, 관리 용이성을 고려하여 최적의 접착제를 산정하는데 어려움을 겪었다. 비교적 성능에 큰 영향을 주지 않는 고정 부위에는 상은 경화제를 사용하였다. Rotor 축과 자석 연결은 다른 접착제를 이용하였다. 특히 Shutter Film과 ND Filter는 Polyester와 TAC의 접착에 맞고 작업성이 용이한 접착제를 사용하였다. 그러나 Bond도포 상태의 개선은 계속 이루어져야 할 과제중 하나이다.

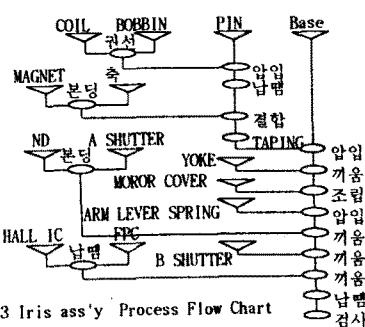


표-3 Iris ass'y Process Flow Chart

3. 결과 및 고찰

3.1 총 조립 과정

성능을 최대한 얻기 위해서는 조립시에 Clean Room을 설치하는 것이 필요하다. 조립 공정은 표-3과 같다.

3.2 실험 결과 및 고찰

Iris Motor의 동작 특성을 파악하는데 기준은 열리는 시간과 닫히는 시간, 그리고 각 부품의 이상 부하(스프링, Burr 등)로 인해 발생하는 신호 불량 등이다. 그림-5에 스프링 강도에 따른 출력파형의 변화이다. 정상적인 파형은 (a)처럼 Power On시 2~3초 이내에 최상에 도착하고 Close신호를 입력 시켰을 때 2~3초 이내에 0.3V이내로 떨어져야 한다. 스프링의 열린 각도가 100°로 표준 60°보다 크면 스프링의 힘이 강해져 그림에서 알 수 있듯이 열리는 시간이 길어지며 열리기 시작하는 전압이 커진다. 반면 닫히는 시간은 빨라지고 발견되는 역 기전력도 커진다. 열리는 시간은 F = BiL에서 i 를 키우면 빨라지나 전력 소모가 커지므로 자석의 자속을 기우는 것이 유리하다. 이 때 너무 큰 소제를 백하면 가격이 올라가고 특히 요크에 잔류 자계가 커지는 영향이 있어 신중히 고려해야 한다. 이상의 선택에 따른 동작 곡선은 그림-6에 나타냈다. 열리는 시간이 자속 크기에 비례함을 알 수 있다. 그림-7은 요크의 선택에 있어서 잔류자계의 영향과 동작 특성을 나타냈다. 일반 사양으로 만들었을 경우가 (b)에 나타내졌다. 우측 닫히는 부분을 보

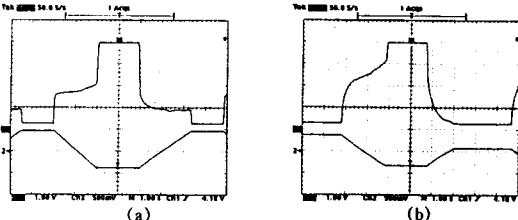
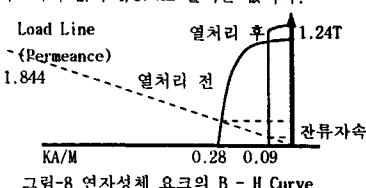


그림-7 미소 잔류 자계가 있을 때 동작 파형

면 전압 파형이 (a) 경우처럼 1/3을 유지하다 0.3V이하로 떨어져야 하는데 명확히 구분이 되지 않는다. 이때 조리개가 2mm 정도 열려 있게 된다. 이것은 스프링에 의해 복원하기 어려운 정도의 잔류 자계로 인해 요크가 로터의 양극을 복원력 반대 방향으로 당기기 때문이다. 이 철을 사용하면 저 탄소강의 성격에 의해 Grain이 쉽게 둘 수 있어 미소 잔류 자계는 바로 소멸되는 것으로 생각된다. 그 결과가 그림-7의 (c)에 보인바와 같다. 우측 끝 단이 분별 정도는 미진하나 Lever가 Locking 부분에 걸렸음을 파형으로부터 예측 가능하다. 그러나 닫히는 시간이 동일 스프링인데도 2.6초로 정상품이 2.4초 정도에 비해 약간 문제가 있다. 2~3초 이내면 사용 가능하지만 좀더 개선이 필요하다. 열처리를 실시하여 극 저 탄소강으로 만든 후 결과가 (d)에 표현 되었다. 닫히는 부분의 구분이 명확하고 역 기전력도 1V가까이 되어 돌아오는 각속도가 (b)나 (c)에 비해 빠름을 알 수 있다. 그 원리를 설명하기 위한 악식 B-H가 그림-8에 있다. 현재 열처리후 Br은 1.2T이고 HCB는 0.09 KA/m로써 회로류 자성체 대비 1.9×10^{-4} 에 해당하는 값이다. 이 값은 열처리 전에 비교하여 값이 1/3으로 줄어든 값이다.



끝으로 40μm 정도 Burr의 영향도 본 기기에서는 매우 중요한 영향을 준다. 그림-9의 (b)는 Shutter부의 날카로운 Burr가 동작에 미치는 영향을 나타낸다. Burr와 Guide가 특정 위치에 급증적으로 마찰하면 Jerking에 의한 파형 불량이 나타난다. 이 현상은 Burr가 9μm이내면 거의 없어진다. Press볼과 달리 Base의 동작 부분과 특히 Arm Lever에 사출 Burr가 발생 시에는 동작 구간 전체에 걸쳐 그림9의 (c)처럼 완만 하면서 전반적으로 긴 파형이 나타난다. 이 정도의 이상파형은 전체 동작에 큰 영향을 주지는 않는다. 동작 전

전압의 1/10인 0.4V 이내의 Pulse는 양풀으로 판정한다.

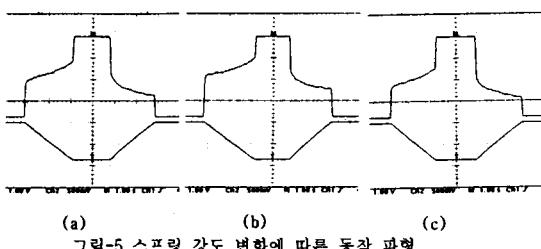


그림-5 스프링 강도 변화에 따른 동작 파형

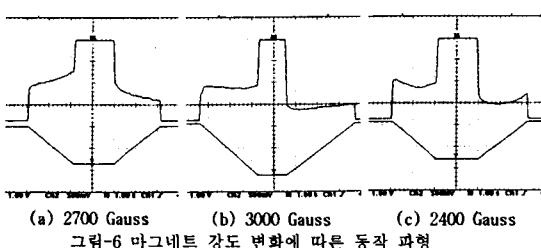


그림-6 마그네트 강도 변화에 따른 동작 파형

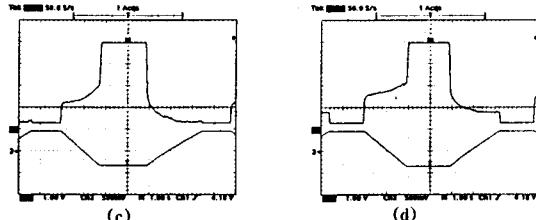


그림-7 미소 잔류 자계가 있을 때 동작 파형

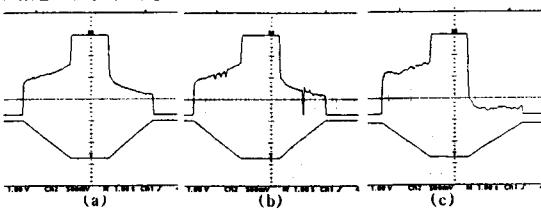


그림-9 시출물에 Burr가 있는 경우의 동작 파형

4. 결론

본 연구 개발에서 캠코더용 Iris Assembly의 부품 개발에 있어서 동작원리, 각 요소 부품의 성격과 역할, 그리고 설계할 때 주의할 점 등을 설명하였다. 또한 소형이며 간단한 구조를 실현하기 위해 사용되는 방법을 정성적으로 고찰하였다. 각 부품의 양산을 위한 공법, 특히 Iris Motor의 자제화로와 연관된 요크의 양산 공법을 연구하였다. Press 및 사출품의 중요 관리 항목을 열거하고 문제 해결방법도 요약하였다. 각 요소 부품을 총 조립 하여 얻은 실험 파형으로부터 성능 분석 방법을 설명하고, 그때 문제 해결요소도 나열하였다. 이상의 제안된 개발 Process와 Check Point로부터 얻은 Iris Assembly는 선진국 제품보다 동작상태와 시간면에서 우수하였다.

5. 참고문헌

- T.J.E Miller, Brushless Permanent Magnet and Reluctance Motor Drives. Clarendon Press Oxford, pp.34-62 (1989)
- 윤명중, 영구 자석 전동기의 Permeance 해석, KAIST 전기 및 전자 공학과
- R.A.C. Slater, Engineering Plasticity Theory and Application to metal forming Process, Macmillan Press, pp. 292-304
- 星舎裕義, Recent Development of Soft Magnetic Iron Used for Advanced Electronic and Magnetic Applications, 일본 철강 협회, pp.293-252 (1994)
- 양훈영, 김수영 공저, 금속 재료학, 문운당, pp.164-177 (1987)