

항공기용 전기식 제동 작동기의 설계방향에 대한 연구

이상욱^{1†}, 배영훈¹, 강신민¹

¹(주)대영엠텍 연구소

A Study on Design Plan about Electric Brake Actuator for Aircraft

Sangwook Lee^{1,†}, Younghun Bae¹ and Shinmin Kang¹

¹Daeyoung M.Tech. R&D Center

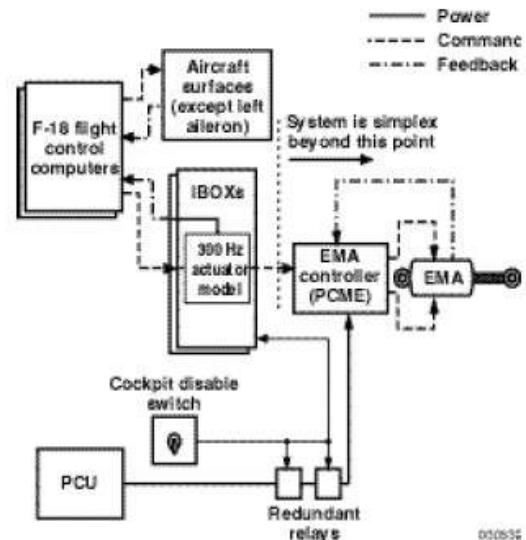
Abstract : 전동기를 사용하여 직선운동을 하여 구동하는 EMA(Electro-Mechanical Actuator, 전기-기계식 작동기)는 항공기의 특성상 공간이 상당히 제한되어 가볍고 효율적인 구조를 가져야 한다. 이를 위해서는 기존에 개발된 다른 EMA들의 구조에 대한 분석이 필요하다. 본 연구에서는 기존에 개발된 EMA의 구조에 대하여 비교/분석하여 경제적/현실적으로 개발에 용이한 EMA의 구조에 대하여 제안하였다.

Key Words : Brake Control System(제동 제어장치), Electro-Mechanical Actuator(전기-기계식 작동기), Fly By Wire(전기식 비행제어), Power By Wire(전기식 동력 전달)

1. 서 론

초기의 항공기들은 작동기가 없이 조종사의 힘이 기계적인 연결을 통해 조종면 혹은 제동장치로 전달되었다. 그러나 조종사의 힘 만으로 응답속도, 출력 등을 감당하기 힘들어 짐에 따라 작동기를 사용하게 되었으며 그 이후로 현재까지 대부분의 항공기에서는 1970년대부터 개발된 구동은 유압식으로, 제어는 전자식으로 구동하는 FBW(Fly By Wire, 전기식 비행 제어)의 유압식 작동기들을 사용하고 있다. 하지만 항공기에서 유압시스템을 제거할 경우 얻을 수 있는 병참지원 요소의 절감, 생존성의 증대, 신뢰성의 증대, 무게의 절감 등의 장점들을 고려하여 점차 PBW(Power By Wire, 전기식 동력 전달)시스템으로 전환, 그를 통해 MEA(More Electric Aircraft)로, 나아가서는 AEA(All Electric Aircraft)까지의 발전이 모색되고 있다. 그에 따라 유압을 사용하지 않는 EMA의 개발은 필연적이라

고 할 수 있다.



본 연구에서는 해외에서 개발되어 사용되고 있는 전기식 제동 작동기 중 구조가 공개되어 있는 4종의 작동기에 대하여 비교/분석하여 적합한 구조를 제안하였다.

2. 작동기 구조 분석

2.1 전동기 축과 피스톤의 정렬

대상의 전기식 제동 작동기의 구조를 피스톤과 모터의 위치와 방향에 따라 구분해 보면, Fig. 2의 1형 작동기(이하 1형 작동기)나 Fig. 4의 3형 작동기(이하 3형 작동기)와 같은 피스톤/모터 축 수평형, Fig. 3의 2형 작동기(이하 2형 작동기)과 같은 피스톤/모터 축 수직형, Fig. 5의 4형 작동기(이하 4형 작동기)와 같은 피스톤/모터 동일 축 구조 3가지로 분류할 수 있다.

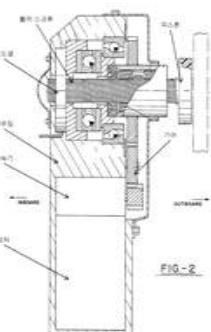


Fig. 2 Type 1 EMA [1]

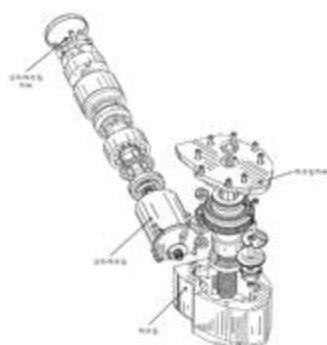


Fig. 3 Type 2 EMA [2]

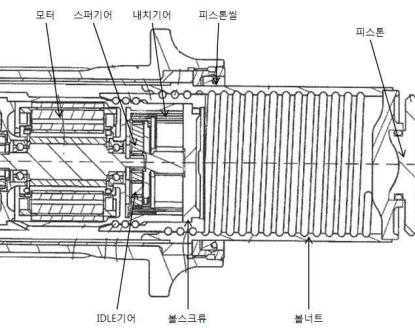
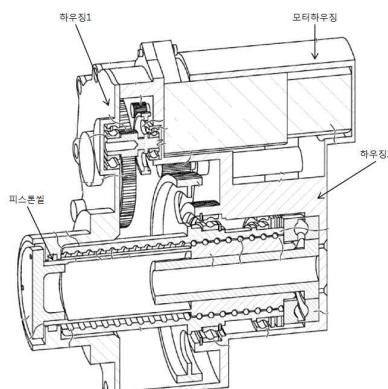


Fig. 5 Type 4 EMA [4]

2.2 볼 스크류/롤러 스크류

작동기에서는 모터의 회전운동을 직선운동으로 바꾸기 위해서 볼스크류 혹은 롤러스크류를 이용하고 있다. 일반적으로 롤러스크류가 볼스크류에 비해 내하중성, 내충격성, 수명 등이 탁월하지만 비교적 크기가 크고 대량생산에 불리하며 단가가 높다는 단점 또한 가지고 있다. 또한 볼스크류가 보다 대중적으로 널리 이용되며 설계, 제작하는 곳이 다양하다.

(1) 사용된 스크류의 종류

본 연구에서 검토한 4종류의 작동기중 1형 작동기는 롤러스크류를 사용하고 있으며 2형, 3형, 4형 작동기는 볼스크류를 사용하고 있다. 특히 3형과 4형 작동기는 볼스크류의 볼트랙이 너트쪽에 있고 볼을 스크류 쪽에서 가지는 특수한 볼스크류를 제작하여 사용하고 있다.

(2) 피스톤의 연결

1형, 2형, 3형 작동기는 볼너트가 회전력을 받아 볼스크류에 피스톤이 결합되어 직선운동을 하는 타입이며 4형 작동기는 볼스크류가 회전운동을 하고 볼너트에 피스톤이 결합되어 직선운동을 한다.

(3) 볼스크류/롤러스크류의 선정

볼스크류가 경제적이고 범용성이 높은 것은 사실이나 개발중인 제품은 E-Brake용 작동기로서 고하중이 요구되기 때문에 상용의 롤러 스크류를 사용하는 것이 적절하다고 판단된다.

2.3 기어

모터의 회전운동을 볼스크류나 롤러스크류 까지 전

달하고 원하는 하중과 속도를 얻기 위해서 기어들이 이용된다. 모터에 연결된 기어에서 IDLE 기어를 거쳐 스크류로 전달된다. IDLE 기어는 모터에서 생성한 회전력의 속도를 늦춰 힘을 증폭시키기 위해 사용된다. 2형 작동기의 경우 모터가 수직으로 연결되어 IDLE 기어로 베벨기어를 사용하여 동력축을 변환하였고 3형 작동기의 경우 IDLE기어를 2중으로 사용하여 하중의 증폭을 모색하였으며 두번째 IDLE기어에 위치센서가 연결되어 있다. 4번 작동기는 볼스크류에 내치기어를 사용하여 내치기어와 모터 사이에 IDLE 기어를 유성 감속기로 사용하였다.

(1) 백래쉬 제어

작동기에 안티 백래쉬 기어가 적용되었는지는 자료에서 육안으로 판별이 불가하다.

(2) 기어의 선정

작동기의 제어에 있어 백래쉬를 완전히 제거하는 것 이 더 좋으나 개발중인 제품이 E-Brake용 작동기로서 제어의 정밀도 보다는 고하중이 요구되므로 안티 백래쉬 기어 보다는 기어의 정밀도를 높여 백래쉬를 최소화 하는 것이 적절하다고 판단된다.

2.4 모터

모터에 대해서는 어떤 종류의 모터를 사용하였는지에 대한 구체적인 정보가 없어서 정확히 알 수는 없다. 다만 1형 작동기에서는 식별이 불가하지만 2형, 3형, 4형 작동기는 육안상으로 모터브레이크가 존재하는 것으로 보인다. 필요 토크와 회전속도에 따라 모터를 선택하여 설계하는 것이 필요하나 모터 브레이크를 사용하는 것은 기능상 필요할 것으로 보인다.

2.5 센서

작동기들은 각자 제어에 필요한 위치정보를 획득하기 위하여 위치 자체를 검출하는 레졸버 혹은 선형 위치센서를 보유하고 있거나 현재 작동기가 디스크에 압력을 가하고 있는지 여부를 검출하기 위한 로드셀이 장착되어 있다.

(1) 사용 센서

각각 1형 작동기와 4형 작동기는 로드셀을 사용하고

있고 2형 작동기는 LVDT를, 3형 작동기는 레졸버를 사용하고 있는 것으로 보인다.

(2) 센서의 선정

위치센서와 로드셀 두가지 중 한가지 센서만 사용하는 경우가 많으나 제어의 용이성을 위해 위치센서가 필수적이고 필요에 따라 로드셀도 적용할 수 있다고 판단된다.

2.6 하우징

4가지 모든 작동기는 기본적으로 2개 이상의 하우징을 가지고 있다. 또한 2형, 3형 작동기는 기본 하우징 몸체에 모터와 모터 하우징을 결합하도록 설계되어 있으며 1형 작동기는 하우징 몸체에 얇은 하우징 덮개가 있고 4형 작동기는 특수한 형태에 맞게 원통형의 하우징이 3종 구조를 가지는 것으로 보인다.

자료에서는 식별이 불가하지만 본 작동기는 항공기의 장착물로서 EMI 차폐구조를 필수적으로 적용해야 할 것으로 생각되며 하우징의 설계에 있어 그러한 점을 충분히 고려해야 할 것으로 보인다.

2.7 씰링

작동기는 직선 운동을 하는 부분이 존재하며 내부에 볼스크류나 기어 등 이물질에 민감하게 영향을 받는 부품들이 존재하므로 빗방울 혹은 이물질이 내부로 침투하는 것을 방지하기 위한 씰링 구조가 필요하게 된다.

(1) 피스톤씰 적용

1형, 4형 작동기는 너트가 스트로크 되는 타입이라 돌출부 표면이 매끄러워 피스톤 씰을 사용하고 있다. 3형 작동기는 볼스크류가 스트로크 되는 타입이지만 스트로크에 해당하는 영역이 볼트액 없이 매끄럽게 처리되어 피스톤 씰을 사용하고 있다.

(2) 피스톤씰 미적용

2형 작동기는 볼스크류의 볼트액이 돌출되는 타입이다. 자료상으로 구분은 불가하지만 커버를 씌워 외부와의 접촉을 막고 있는 것으로 보인다.

2.8 베어링

작동기의 기어, 볼스크류는 사용 시 지속적으로 회

전운동을 한다. 따라서 안전적인 수명을 보장하기 위해서는 회전 구동부에 적절한 베어링을 사용하여야 한다.

(1) 볼 베어링 적용

내치기어를 사용한 4형을 제외한 작동기에서는 기어 구동부에 각각 볼베어링을 사용하였다. 또한 1형의 1번 타입과 2형, 3형에는 볼스크류의 구동부에도 추가로 볼베어링을 사용하였음을 알 수 있다.

(2) 그 외 베어링 적용

작동기의 회전 운동부 중에 수직 하중을 받는 곳에는 스러스트 베어링을 사용하였다. 특히 1형, 4형 작동기의 로드셀로 하중이 전달되는 곳에는 전부 스러스트 베어링을 이용하였음을 알 수 있다. 예외적으로 2형 작동기에는 룰러 베어링이 사용되었다.

(3) 베어링 선정

각각의 회전부는 볼베어링과 예압구조가 필요할 것으로 보인다. 또한 로드셀 적용 시 스러스트 베어링과 거기에 적절한 예압구조를 적용하여야 한다.

2.9 방열구조

검토한 작동기들에는 별도의 방열을 고려한 식별 가능한 구조가 적용되지는 않았다. 하지만 디스크에서 많은 열이 발생하는 것을 감안할 때 브레이크 체계 수준에서는 방열에 대한 설계가 이루어 져야 할 것으로 보인다. 또한 그럼에도 체계에서 작동기로 전달될 수 있는 열에 대해서는 작동기에서도 단열을 고려한 설계를 해야 할 것으로 보인다.

3. 결 론

본 연구에서는 개발중인 브레이크용 EMA에 적용하기 위한 구조를 검토하기 위해서 기존에 공개되어 있는 제품들의 자료들에 대하여 분석하였다. 하지만 기존에 사용된 구조들이라고 해도 실제 개발 시에는 대량 생산을 감안할 수 없기 때문에 비용, 성능, 타당성 등의 측면에서 실제로 적용하기 어려운 구조들도 많을 것으로 보인다. 따라서 이러한 측면에서 실제 개발 시에도 다각적으로 끊임없는 검토가 필요할 것으로 보인

다.

후 기

본 연구는 2018년도 산업통상자원부의 항공우주부 품기술개발사업의 연구비 지원에 의한 연구임 (과제번호 : 10084610)

참 고 문 헌

- [1] Rick Morris; Moseley Douglas D; Gary M. Rimlinger; Thomas L. Soldat. "Electrically Actuated Aircraft Brakes" US Patent 4,865,162, Dec. 15, 1986
- [2] Thomas H. Haydon; Michael J. Ortman; Steve Anderson; Eric Schwaigert. "Electric Brake Actuator Module For Aircraft" US Patent Application US 2006/0102436 A1, May. 18, 2006
- [3] Casey Hanlon; Kellan Geek; James Neil Quitmeyer. "Aircraft Electric Brake Actuator Assembly With Line Replaceable Actuator Brake" US Patent Application US 2011/0198163, Feb. 12, 2010
- [4] David Drennen; Harald Klode; Kevin Rehfus. "Aircraft Brake Actuator Assemblies" US Patent 9,641,044, Oct. 30, 2013