

유도무기체계 구동장치 기술에 관한 연구

이 영 옥*

요 약

본 논문에서는 유도무기체계의 구동장치 기술에 대한 사항과 발전방향에 대해 연구하였다. 유도무기체계의 구동장치로는 일반적으로 유·공압 및 전기모타 구동장치가 많이 사용되었으나 근래에는 작은 동력이 요구되는 소형 전술용 유도탄의 구동장치를 제외하고는 대부분 경우에 출력 대 무게비가 높은 유압구동장치가 사용되어 왔다. 그러나 최근에는 유도탄의 높은 기동성 혹은 반응성 요구와 함께 신소재를 이용한 자성재료들의 개발, 제어기술 및 동력전자 기술의 발달, 디지털화 또는 집적화 등 구동장치 관련 기술의 발전도 두드러져 구동장치의 기술수준과 설계개념 등이 빠른 속도로 변화하고 있다. 따라서 본 연구를 통해서 차세대의 유도무기체계 구동장치의 설계기준과 구성, 특성 및 세부기술의 발전방향 명확히 제시하였다.

A Study on the Actuating Device Technology in Guided Weapon System

Young Uk Lee*

ABSTRACT

In this paper, a study on the actuator device technology in guided weapon system development. Hydraulic and pressure, electric motor device had been mostly used, but recently due to high output to weight ratio, pressure actuator device is widely used except for small tactical guided ammunition which needed small power. And now the actuator design concept and technical level is changed because of high mobility of guided ammunition, development of magnetic materials which used new material for requirement of despondence, progress of control and electrodynamics technology, and digitalize and integrity. In this paper we clearly proposed the actuator design criteria and detailed technology development trend for next generation guided weapon system.

Key words : Actuating System, Actuator System, Guided Weapon System(GWS)

* 대덕대학 특수무기과 교수

1. 서 론

최근 과학기술이 급속히 발전됨에 따라 문명의 패러다임이 근본적으로 변화되어가고 있다. 과학 기술혁명은 최근 100여 년간의 발전이 인류 발생 이후 1900년까지의 과학기술 발전을 능가하였다. 또, 기술혁명이 2년 내에 이루어지고 기술 반감기가 3~4년의 간격으로 대폭 단축되었으며 앞으로 이러한 추세가 계속될 경우 향후 50년간의 과학기술 발전이 인류발생 이후 지금까지 축적된 모든 과학기술의 발전을 가저울 것으로 전망된다. 특히 정보통신기술, 항공·우주기술, 나노(Nano)기술 등의 비약적인 발전과 더불어 인력 전쟁의 기본구도와 양식이 첨단화, 정밀화 되면서 획기적으로 변화를 가져올 것이다. 따라서 본 연구에서는 쉽 없는 변화 환경에 맞게 발전되어가는 군사용 무기체계 중 유도무기분야의 구동장치 기술에 대해 연구의 초점을 맞추어 진행하였다.

유도무기용 구동장치 설계 및 제어 기술은 유·공압장치와 전기식 모터를 이용한 조종익 및 추력 벡터 제어장치의 변위제어, 측추력제어, 지능재료를 이용한 조종익 형상제어를 통해서 유도탄을 고정 또는 이동표적에 정확히 도달시키기 위해 요구되는 제반 기술이며 유·공압구동, 전기모터구동, 지능형 조종익 형상제어 등의 세부기술들을 본 연구를 통해서 차세대의 유도무기체계 구동장치의 설계기준과 구성, 특성 및 세부기술의 발전방향 제시하고자 한다.

2. 관련 연구

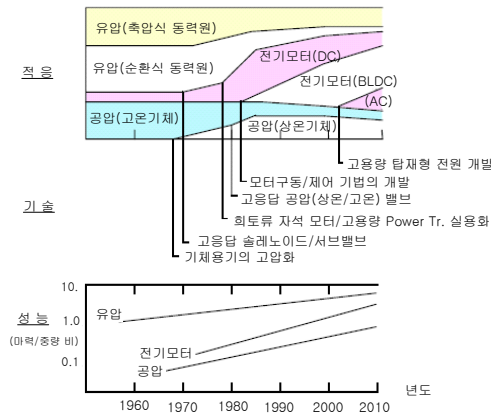
2.1 국내 기술현황 및 발전추세

근래의 유도무기는 점차 고기동화 되어가고 있다. 유도탄의 기동성 향상과 고속 이동표적을 효과적으로 타격하기 위하여 고기동 유도조종 기술이 필요하며 이를 위해 출력대비 중량의 비율 혹

은 출력대 공간의 비율이 높은 구동기술이 요구된다. 특히, 탄도탄 등과 같은 고속 비행표적을 정확하게 요격하기 위해서는 높은 종말 기동성이 요구되며 이를 위해 측추력기 기술이 요구된다. 고기동과 함께 유도무기 분야의 새로운 변화는 전(全)방향 공격 또는 방어를 위한 수직발사방식의 채택이다. 이는 함상장비의 경우 설치면적을 줄일 수 있어 더욱 효과적이며 지상 장비의 경우에도 빠른 대응이 가능하기 때문에 유도무기 체계에서 선호는 경향이 증가하는 실정이다. 이와 같은 수직발사 방식을 채택할 경우 목표 방향으로의 초기 선회를 위한 추력제어가 필요하고 여기에 적합한 유·공압 및 전기모터 구동장치가 사용된다.

2.2 국외 기술현황 및 발전추세

구동장치 기술발전 추세를 유도탄 구동장치를 중심으로 종합하여 보면 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 구동장치 기술의 발전추세

희토류 자성체를 이용한 전기모터 분야와 동력 전자 분야 기술의 발전으로 유도탄 구동장치 분야에서 전기구동장치의 활용 증대와 그에 따른 유압 구동장치의 퇴조가 두드러지고, 고온기체 공압 구동장치는 상온기체 공압 구동장치로 대체되어왔

다. 그러나 전기 모터 관련기술의 발전에도 불구하고 현재까지는 10Hp 이상의 고출력 범위에서는 유압구동장치의 출력대 무게비가 다른 구동장치보다 높아 대형 유도탄의 TVC구동에는 유압의 사용이 필수적이다. 중소형 유도탄 분야에서는 공압식, 축압식, 유압식 및 전기식 구동장치가 상대적으로 많이 적용되고 있다.

3. 구동장치의 설계기준 및 구성

3.1 설계기준

구동장치는 요구되는 성능과 Duty Cycle, 허용공간과 무게조건, 그리고 환경 조건을 만족시켜야 하며, 신뢰성, 정비성, 저장성 등이 높아야 하고, 가용한 동력원 및 경제성 등이 고려되어야 한다. 구동장치에 요구되는 성능조건에는 일반적으로 최대 힘 혹은 토크, 최대 (각)변위, 최대 (각)속도 (Slew Rate), 강성(stiffness), 위치제어 정확도, 주파수 반응대역 등이 포함된다.

3.1.1 토크

공력제어 구동장치의 경우에는 공력저항이, 추력방향제어(Thrust Vector Control ; TVC) 구동장치의 경우에는 그 종류에 따라 관성부하, 마찰부하, 혹은 추진분사력에 의한 부하가 주된 부하가 된다. 최대 힌지모멘트는 유도탄 혹은 항공기의 최대 Lateral 가속도를 제한시키는 요소가 된다. 최대 부하상태에서도 과도한 위상지연이 없이 구동되어야 하므로 구동장치가 낼 수 있는 토크는 기본적으로 예측되는 힘보다 더 커야 한다.

3.1.2 최대 (각)변위

공력제어면(Aerodynamic Control Surface)이나 TVC 장치로 비행제어에 필요한 힘을 얻는 효과는 비록 비선형적이지만 변위가 클수록 힘도 커진

다고 볼 수 있다. 따라서 비행제어 구동장치는 요구되는 최대 (각)변위가 주어진다.

3.1.3 최대 (각)속도(Slew Rate)

위치제어에 있어 속도 Saturation은 시스템 동적반응에서 위상지연을 초래하며, 이는 서보회로의 안정성을 해친다. 따라서 높은 (각)속도는 요구되는 주파수 반응대역을 만족시키기 위해 필요하며 특히 조종장치의 안정성을 위해 요구된다[1].

3.1.4 강성(Stiffness)

큰 공력부하 혹은 다른 부하저항을 이기고 요구되는 각(角)변위를 유지하기 위해서는 충분히 높은 정적 강성이 요구된다. 또한 동적 강성은 공력제어면의 Flutter 현상의 방지를 위해서 충분히 높아야 한다.

3.1.5 위치제어 정확도

고성능 유도무기에서 Hysteresis와 Dead Band 값은 중요성을 가진다. 특히 높은 기동성의 유도탄을 위한 구동장치는 넓은 주파수 반응대역과 높은 강성을 위하여 큰 제어이득이 요구되며, 이 경우 Dead-zone은 구동장치의 Limit Cycle 혹은 조종루프의 Limit Cycle을 유발시켜 제어특성을 해친다.

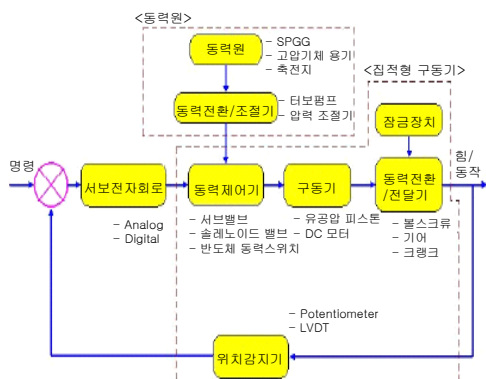
3.1.6 주파수 반응대역

구동장치의 주파수 반응대역은 구동장치의 반응속도를 결정한다. 대공 유도탄과 같이 높은 기동성이 요구되는 경우의 구동장치는 빠른 반응속도를 가져야 한다. 일반적으로 구동장치의 주파수 반응대역은 Airframe 공진주파수의 4~5배 이상 될 것이 요구된다. 정현파 변위에 대한 속도와 가속도는 주파수 외에 변위의 크기에 의해 그 크기가 결정되므로 입력의 크기에 따라 주파수 반응곡선이 달라진다. 많은 경우 주파수 반응대역은 최

대변위의 10%의 입력변위에 대해 -3dB 크기 또는 90° 위상지연을 주는 주파수 값으로 정의된다.

3.2 구동장치 구성

구동장치는 케한루프의 제어시스템으로 직접 구동력을 내는 구동기(Actuator)와 구동기의 움직임을 제어하는 구동제어기 외에 구동에너지를 공급하는 동력원과 동력전환/조절장치, 구동기에 의하여 발생된 구동력을 필요한 운동 형태로 전환하기 위한 동작전환/전달기, 출력의 상태를 감지하여 입력과 비교하기 위한 케한감지기, 그리고 입력과 출력의 차이에 따라 제어를 안정되고 빠르게 조절하기 위한 서보전자회로로 구성되며 (그림 2)와 같이 나타낼 수 있다.



(그림 2) 구동장치 구성도

3.2.1 동력원(power), 동력전환/조절장치

동력원으로는 유도탄에서는 축전지, 고압의 상온 압축기체, 고온기체 발생기 등이 사용된다. 유도탄용 축전지로는 일회용으로 저장성이 높은 열(Thermal)축전지와 Silver-zinc 축전지가 많이 사용된다. 열축전지의 전해물질은 상온에서는 고체상태를 유지하다가 열이 가해지면 녹아 비로소 작동을 한다. 따라서 열축전지는 상온에서는 대단히 안정하여 저장성이 높으며 가열함에 따라 1초내의

짧은 시간 동안에도 작동을 시작한다. 상온 압축동력원은 기체용기에 고압으로 충전된 기체(질소(N₂)나 헬륨(He))를 사용하며 고온기체 발생기는 주로 Canister에 들어있는 고체연료를 연소시켜 고압기체 동력을 얻으나 액체연료도 사용될 수 있다.

동력전환/조절장치는 각종 동력원을 실제 사용이 가능한 동력으로 전환 및 조절하여 제어기 및 구동기로 전달하는 장치로서, 동력원과 구동기에 따라 그 특성이 달라지게 된다.

3.2.2 서보 전자회로

보상회로와 출력증폭회로로 구성된다. 보상회로는 위치제어 시스템의 안정성을 유지하고 제어 정확도와 동적 특성을 더욱 높이기 위하여 사용된다. 이러한 구동장치의 제어회로는 수동 및 능동 소자를 이용한 아날로그 제어기가 많이 사용되어 왔으나 근래에는 마이크로프로세서를 이용한 디지털 제어기가 보편화되어 가고 있다. 디지털 조종장치가 일반화되어 있으므로 구동장치도 완전한 디지털화가 요구되고 있으나 유도탄 구동장치의 경우 부피가 작고 신뢰도와 정확도가 높은 디지털 케한감지기의 확보에 문제가 있어 현재로서는 디지털 제어기에 D/A 혹은 A/D 변환기를 이용한 아날로그 케한감지기를 사용하는 Hybrid 구동장치가 계속 쓰이고 있다. 최근에는 연산속도가 빠른 Dsp(Digital Signal Processor)를 이용하여 특히 Brushless DC 모터의 제어를 위한 서보전자회로 구현이 활발히 시도되고 있다.

3.2.3 제어기

제어기는 구동기의 움직임을 제어하는 장치로서, 유압구동장치의 경우는 제어기로 서보밸브가 주로 사용되며 전기식 구동장치의 제어기로는 과거에는 클러치를 사용하였으나 보자력과 에너지밀도가 큰 자성체의 개발과 반도체기술의 발달로 트랜지스터 스위치가 제어기를 대신하고 있다.

3.2.4 구동기

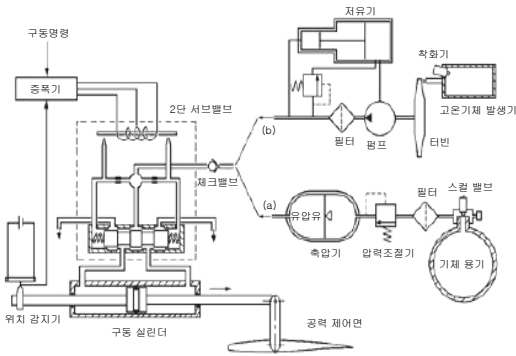
동작전환/전달기를 구동하기 위한 구동력을 직접 발생하는 장치로서, 유압 및 공압구동장치에서는 회전력을 발생시키는 회전형 구동기나 직선력을 발생시키는 직선형 구동기가 주로 사용되며, 필요에 따라서는 1개 이상의 구동기가 조합되어 사용되기도 한다. 이에 반해 전기구동장치에는 회전력을 발생시키는 전기모타가 주로 사용된다.

4. 구동장치별 특성

4.1 유압구동장치

4.1.1 주요구성품

유압구동장치는 구동을 위해 대개 2,000~4,000 psi의 고압의 유압을 사용하며 유도탄에서 고압의 유압을 얻는 방법으로는 유압펌프를 사용하는 순환식 방법과 고압의 축압기(Accumulator)를 사용하는 축압식 방법이 있다. 상대적으로 큰 힘을 요구하며 수 분 이상의 비행시간을 갖는 중/장거리용 유도탄에서는 축전지를 동력원으로 하는 DC 모타 유압펌프 시스템이 사용된다.



(그림 3) 유압구동장치도

일반적으로 상온 고압기체는 (그림 3)의 (a)처럼

고압으로 충전된 기체용기로부터 얻으며 (그림 3)의 (b)와 같이 고압의 기체로 유압펌프가 연결된 터빈을 돌려 유압을 얻는 방법도 있다. 고온 고압기체는 고체연료 또는 액체연료를 연소시켜 얻으며 상온 고압기체를 동력으로 하는 유압구동장치를 축압식(Blow Down) 유압구동장치라 한다.

4.1.2 특성

2차 방정식으로 표현되는 질량-마찰-스프링으로 구성된 일반적인 기계 서보시스템의 주파수 반응곡선은 낮은 주파수에서는 속도한계에 의해서, 높은 주파수에서는 가속도한계에 의해서 결정된다. 따라서 주파수 반응대역은 속도한계 또는 가속도한계에 의해서 결정될 수 있다.

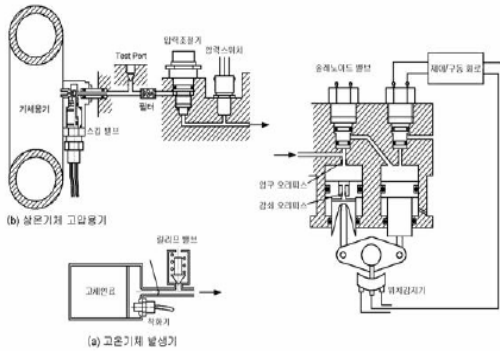
공력비행제어의 경우에는 관성부하가 작고 스프링 부하특성을 가지므로 높은 공진주파수를 가진다. 구동기 자체관성이 작은 유압구동장치는 공압 구동 시스템과 마찬가지로 유량공급능력에 의해 최대 속도가 제한되며 이에 의해 성능이 낮은 주파수에서 제한된다. 그럼에도 불구하고 유압시스템은 50Hz 이상의 높은 동특성도 가질 수 있고, 특히 큰 출력범위에서 높은 체적효율을 가지며, 항공기, 산업기계 및 다른 군수장비에 광범위하게 응용되어 온 관계로 그 기술이 충분히 개발되어 보편화되어 있고 관련 부품의 획득이 용이하다는 장점이 있다.

4.2 공압구동장치

4.2.1 주요구성품

공압 구동장치는 작동유체로 기체를 사용하며 고압기체를 얻는 방법, 즉 동력원에 따라 고온기체장치(Hot Gas System)와 상온기체장치(Cold Gas System) 두 가지 장치로 구별된다.

고온기체장치에서는 (그림 4)의 (a)와 같은 형태로 되어있어 비교적 낮은 온도에서 연소하는 고체연료를 연소시켜 고온의 고압기체를 얻는다. 이



(그림 4) 공압 구동장치도

경우 압력 조절을 위해서는 릴리프 밸브가 사용된다. 고온기체장치들 사용하면 고체연료의 높은 비에너지에 의해서 무게나 부피 등에 큰 부담 없이 비교적 긴 작동시간도 만족시킬 수 있다는 장점이 있다. 기술적으로는 고체연료가 연소되어 생기는 기체는 비록 저온무연화약(Cool Cordite)을 사용하더라도 1,000°C에서 2,000°C까지의 고온으로 말미암아 내열재료에 미치는 악영향문제, 연소시의 그을음 문제, 장기간의 저장시 고체연료의 노후화 문제 등이 있다.

4.2.2 특성

유도탄에 보편적으로 사용되는 작동압 3,000psi의 유압시스템과 헬륨을 사용하는 작동압 1,000psi의 공압 시스템의 공진주파수를 비교해 보면 공압 시스템의 공진주파수는 유압의 7.8~9.5분의 1밖에 되지 못한다[2]. 공압 구동장치의 시정수(Time Constant)는 제어 챔버 내의 압력상승을 위해 기체가 충전 되고 배기되는 시간에 따라 좌우되며, 기체의 압축성에 의해서 이 시간이 상당히 길다. 결국 공압 구동장치는 기체의 높은 압축성으로 인해 시스템 동적강성과 반응속도 및 회로 이득이 낮고 따라서 위치제어 정확도가 떨어진다[3]. 특히 공압 구동장치의 낮은 강성으로 인한 불안정성을 고려하여 가능한 작은 음의 공력부하가 작용하도록 한

지속을 두어야 하며 음의 Load Rate가 양의 Load Rate의 1/2 이상을 넘지 않도록 추천된다[4].

그 외에 공압 구동장치는 비선형 특성이 두드러지고 따라서 이론적 해석이 어려우며, 기체의 점성이 낮아 감쇠특성이 나쁘고 밀폐가 어렵다. 그러나 유압구동장치와는 달리 동력전환기가 별도로 필요 없으며 작동기체의 무게가 작고, 사용되는 부품들의 구조가 비교적 간단하여 값이 싸고, 특히 짧은 작동시간을 위한 구동장치의 경우에는 시스템 전체 무게나 체적이 작다. 그 외에 보수수명이 길며, 저온, 고온 및 핵반응 환경에서 유리하다는 장점이 있다. 특히 공압 구동장치는 고압기체가 밸브 오리피스를 통과할 때 일어나는 팽창에 의해 얻어지는 Joule-Thomson 효과로 냉각작용을 얻으므로 유압장치와는 달리 고온 환경이나 자체 온도 상승이 큰 문제가 되지 않는다. 또한 공압 시스템에 대한 이해의 증가와 새로운 고성능 솔레노이드 밸브 등의 개발로 인해 유압시스템의 동특성에는 미치지 못하나 소형 전술유도 무기에서 요구되는 40Hz 가까운 주파수 응답특성을 가지는 공압시스템의 개발이 충분히 가능해졌으며, 종래에 유압구동장치가 응용되던 분야에까지 그 응용범위가 넓어지고 있다.

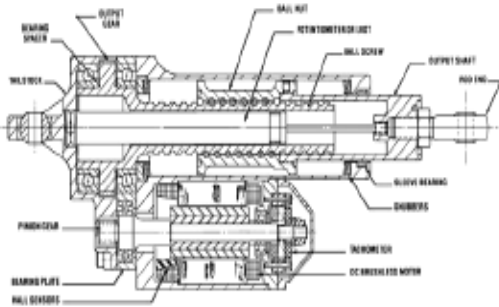
4.3 공압구동장치

4.3.1 주요구성품

주요구성품은 (그림 5)와 같이 전기모터와 서버전자회로, 동력전달장치로 구성되어 있다.

유도무기용 구동장치에 사용될 수 있는 전기모터의 종류로는 DC PM(Permanent Magnet) 서보모터, DC PM Direct Drive 토크 모터, Stepper모터, AC Synchronous 모터 등이 있으나 빠른 반응과 높은 위치제어 정확도를 위해서는 DC PM 서보모터가 이제까지 일반적으로 사용되어 왔다.

모터의 구동제어는 전류제어와 전압제어의 두 가지 방식이 있으며 구동방식에는 선형서보증폭기



(그림 5) 전기식 구동장치

에 의한 구동방식과 스위칭 서보증폭기에 의한 펄스폭변조 방식이 있다. 선형서보증폭기는 간단하고 값이 싸고 노이즈 문제가 없으나 동력손실이 크므로 수백 Watt 이상의 모터 구동에서는 PWM 방식이 주로 쓰인다. 유도탄에서는 많은 경우 부피를 줄이기 위하여 Custom-made Hybrid 구동회로가 이용된다.

모터출력의 동작 전환과 감속을 위한 동력전달 장치로는 스퍼 혹은 베벨 기어류와 Lead Screw가 사용될 수 있으며 이들이 복합적으로 사용되기도 한다. Lead Screw에는 값이 싼 Acme 스크류 등도 사용될 수 있으나 효율이 60% 이하로 낮고 부정확하여 정밀한 볼스크류가 주로 사용된다. 볼스크류는 가격이 비싸지만 효율이 80%~95% 정도 되고 높은 위치 정확도를 얻을 수 있다. 근래에 개발된 Harmonic Drive 류는 1단(Single Stage)으로 감속비가 높고 기어 Backlash 등이 없는 장점이 있으나 강성이 낮은 단점이 있다.

4.3.2 특성

유압·공압 구동장치가 속도 제한에 의해 성능이 제한받는데 비해 전기 모터 구동장치는 많은 경우 가속도 능력에 의해 성능이 결정되며 최대 부하 가속도를 얻기 위해서는 Inertia Match($G_{opt}^2 J_m = J_1$ 인 상태 : G_{opt} = 최적기어비, J_m = 모터관성, J_1 = 부하관성)를 통해 최대 T_M^2/J_M (단, T_M = 모터토크

크) 값을 갖는 모터를 선정하게 된다[1]. Inertia Match 보다 일반적인 상황의 공력 T_1 까지 고려할 때 최적 기어비는 $G_{opt}^2 J_m = J_1 + T_1/\Theta_{MAX}$ 을 만족하여야 한다. 여기서 Θ_{MAX} 는 최대 부하가속도이다. 그러나 넓은 주파수 반응대역을 가진 시스템을 구현하기 위해서는 속도한계와 가속도 한계를 함께 고려하여 기어비가 선정되어야 한다.

Overdrive 시에 얻는 높은 출력대비 무게 외에 전기모터 구동장치는 무동작(Quiescent) 동력소모가 작으며 정비성이 높다는 등의 장점이 있다. 그러나 최근 전기모터 구동장치가 많은 관심을 끌고 있는 근본 이유는 단순히 성능이나 출력대비 무게가 높은 이유라기보다는 유압장치가 전기와 기계적인 장치의 복합 시스템인데 반하여 전기모터 구동장치는 전기에너지를 바로 기계적 출력으로 바꾸어 줌으로써 순수히 전기/전자적인 시스템을 구성할 수 있어 전기와 기계장치의 Interface 문제를 없앨 수 있고, 유압장치의 큰 단점인 누설과 오염 문제를 피할 수 있다는 등의 시스템 차원의 이점에 있다[5].

전기모터 구동장치의 일반적인 단점으로는 관성부하의 Braking문제, 큰 용량의 축전지가 요구되는 점, Peak 전류값이 높아 기계내에서 EMI 문제를 일으킨다는 점, 정적부하에서의 과열 문제 등이 있다.

5. 구동장치 주요기술의 발전방향

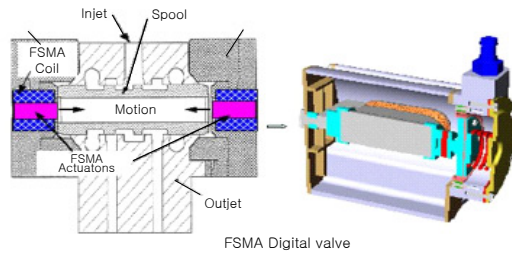
5.1 유·공압 구동기술

5.1.1 소형 경량화를 위한 고압화 기술

현재 3,000psi의 유압구동장치 기본 작동 압력을 넘어 4,000~5,000psi를 적용 중이며 최대 8,000psi까지 고압화가 시도되었다.

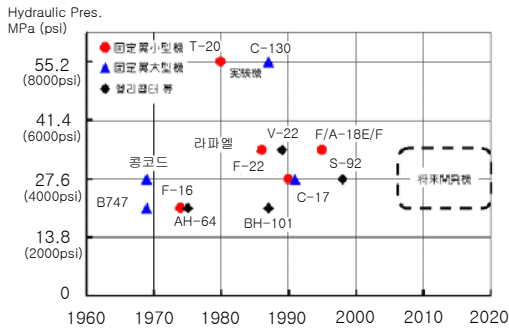
고압시스템화는 주로 항공기 유압구동장치와 관련하여 부피와 무게를 줄이고 반응속도를 높이기

위하여 작동압력을 현재의 일반적인 3,000psi에서 더 높은 압력으로 높이는 시도로 미국 해군에서 주관하여 Rockwell 사에서 10여년 동안 20,000psi까지의 시스템을 시험 연구한 바 8,000psi 압력이 항공기 유압시스템의 최적 압력으로 선정되었다[6]. 압력상승에 따라 고강도 재질 혹은 베어링 문제 외에 누설에 대한 밀폐 문제, 온도상승 문제 등이 예상되었으나 현재까지 대부분의 기술적인 문제들이 해결되었다.



(그림 8) 자기형상 기억합금 응용 디지털 밸브

Direct Drive 밸브의 사용은 디지털화는 물론 유압증폭단을 없애므로써 가격 저하 및 신뢰도 향상을 가져다 주며, SmCo5와 같은 희토류 자성체의 개발과 부피가 작아진 Solid State Amplifier의 등장으로 가능해졌다.



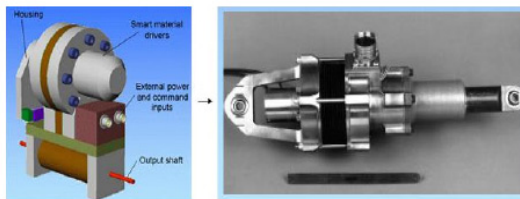
(그림 6) 유압의 고압화 경향

5.1.3 집적화

근래 큰 관심을 끌고 있는 항공기의 FBW(Fly-by-Wire)화를 위하여 유압구동장치의 집적화와 디지털화가 시도되어 왔다.

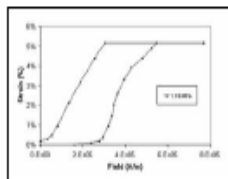
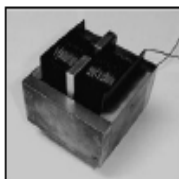
5.1.2 제어계통의 디지털화

지능적인 구동장치를 구현하기 위한 디지털화의 일환으로 동력 증폭 및 제어를 위해 종래에 사용된 2단 혹은 다단 밸브 대신 자기형상 기억합금의 특성을 이용하여 높은 전류의 디지털 PWM(Pulse Width Modulation) 신호를 받아 밸브의 주(Main) 스프링을 토오크 모타가 직접 구동하는 Direct Drive 밸브의 이용이 시도되고 있다[7].



(그림 9) 지능재료를 이용한 유압구동기

집적화의 시도로 집적유압장치(Integrated Hydraulic Package), 집적서보구동장치(Integrated Servo actuator) 혹은 더 나아가서 유압동력원과 구동기가 독립적으로 집적된 전기-정유압구동장치(Electro-hydrostatic Actuator : EHA)가 지능재료를 이용하여 소형 경량화 및 고신뢰도화 집적화로 개발되었다. 이러한 집적화 기술은 밀폐기술의 발전과 함께 유도탄 유압구동장치의 신뢰성 향상에 크게 이바지 하고 있다.



FSMA(Ferromagnetic Shape Memory Alloys)

FSMA Response curve

(그림 7) 자기형상기억합금 및 특성도

5.2 전기모터 구동기술

5.2.1 재료의 사용 기술

희토류의 사용은 자성체의 큰 장점에도 불구하고 최근까지는 무게와 성능이 크게 문제되는 항공 우주용에 국한되어 응용되어 왔다. 그 이유는 기본적으로 SmCo 자성체가 다른 자성재료들보다 비싸고 가공성이 좋지 않아 SmCo DC 모터의 가격이 비싸기 때문이다. NdFeB 자성체는 온도상승에 따른 자력 감소율이 높아 120°C 이상의 고온 작동에는 불리하나, 상온 성능은 SmCo 자성체보다도 30% 가량 높고, 값은 Alnico보다 낮아 여러 분야에 이용이 증가되고 있다.

5.2.2 고성능 전기모터 구동장치

고성능 전기모터 구동장치 관련기술은 현재까지도 계속 개발되고 있어 기술이 정립되어 있지 못하며 따라서 보편화되지 못하였다. 특히 Brushless 모터의 경우, 모터제어 전자회로가 충분히 개발되어 있지 못하고 최근에 무게와 부피는 많이 줄었으나 복잡하며 비싸다는 점 등이 그 단점으로 지적되고 있다. 또, 모터의 최적구동을 위해 기존의 24혹은 28 VDC 보다 더욱 높은 60 VDC에서 270 VDC까지의 전압을 사용할 것이 추천되고[8], 높은 전압을 사용함으로써 모터의 크기는 많이 줄어들거나 구동전자회로의 부피와 무게가 커지고 열발생이 크며 새로운 높은 전압의 전원이 요구된다.

5.2.3 스위칭 능력

전기모터 구동장치의 성능은 동력스위치회로의 스위칭 능력에 의해 제한되며 고전압, 고전류에서 빠른 스위칭 능력을 가진 소형 집적화된 Power Hybrid 모듈이 개발되고 있다. 최근의 경향은 전기모터 자체의 성능 향상보다 이러한 동력전자 및 DSP를 이용한 제어전자 회로 분야의 기술적 발전이 두드러진다. DC 모터 뿐만 아니라 구조가 간단한 AC Induction 모터와 AC Synchronous 모터의 서

보 구동에의 응용을 위한 연구도 활발히 추진되고 있으며, 현재 연구되고 있는 고통력 반도체 기술, 초전도체 기술, 고 에너지밀도 축전지 기술 등도 앞으로 전기모터 구동장치의 성능향상에 큰 영향을 준 것으로 기대되어 전기모터 구동장치의 응용 확대는 계속될 전망이다.

6. 결 론

본 논문에서 연구한 바와 같이 유도무기 구동장치 관련 기술은 분야가 다양하며 전기식 구동장치 관련 기술을 위시하여 각 분야 기술이 빠른 속도로 발전하고 있다. 여러 가지로 심각한 제약조건이 주어진 유도무기 시스템에서 최적의 구동장치를 선정하고 구현하는 것은 중요하면서도 어려운 문제이다. 기술의 발전이란 일반적으로 더 작고 가벼우며 더 성능 높은 구동장치를 뜻하며 따라서 더욱 성능 높은 유도무기를 뜻하므로 발전된 기술을 적용하는 것은 바람직하다.

유도무기에 관련된 부품의 판매와 기술이전이 엄격히 통제되고 있는 상황에서, 발전된 유도무기용 구동장치를 성공적으로 개발하기 위해서는 많은 분야에서 국내 기술의 발전이 요망된다. 또, 가까운 미래에 유도무기체계 구동장치와 관련하여 기술이 개발되 발전이 되어야 할 분야로는 구체적으로, Brushless DC 모터를 포함한 고성능 전기모터 및 제어기, 고 에너지 밀도 축전지, 소형 고성능 유공압 밸브류, 터보유압 동력원 등의 국내 생산되지 않는 핵심부품 관련 설계/제작 기술과, 속도 포화 등 비선형 요소들과 환경 및 특성변화에도 견딜 수 있는 구동장치를 위한 Software 기술 등을 들 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] P. Garnel, "Guided Weapon Control System",

Pergamon Press, 1980.

- [2] D. McCloy and H. R. Martin, "Control of Fluid Power", Ch.13, Ellis Horwood Ltd., 1980.
- [3] B. W. Andersen, "The Analysis and Design of Pneumatic Systems", John Wiley & Sons, 1976.
- [4] D. V. Stallard, "What Types of Fin Servos are Suitable for Interceptor Missiles?", AIAA 88-4088-CP, pp. 286-295, 1988.
- [5] M. J. Cronin, "The Prospects and Potential of All Electric Aircraft", AIAA 83 - 2478, 1983.
- [6] W. N. Bickel and J. Ohlson, "Light Weight Hydraulic System Technology 8,000psi Update", SAE Paper No. 851910, 1985.
- [7] M. J. Anthony and F. Mattos, "Advanced Fli-

ght Actuation System and Their Interface with Digital Commabds", SAE Paper No. 851754, 1985.

- [8] C. E. Wyllie, "Are Actuation System Ready for All-Electric Aerospacecraft?", Drives & Controls Int., April/May, p. 33, 1982.



이 영 욱

1992년 육군3사관학교
기계공학과(공학사)
1998년 아주대학교 대학원
기계공학과(공학석사)
2005년 충남대학교 대학원
메카트로닉스공학과
박사과정

2005년~현재 대덕대학 특수무기과 교수