

# 誘導彈 소개

## (4) 自動飛行制御裝置

### 1. 머리 말

유도탄의 발달은 각종兵器 가운데 가장 돋보여 왔는데, 최근에는 폭탄과 砲彈에 까지도 誘導 및 制御技術이 응용되어 誘導爆彈, 誘導砲彈 등이 출현함으로써 병기발달의 장래는 더욱 예측하기가 어렵게 됐다.

그런데 유도탄은 물론 誘導砲, 유도폭탄 등은 誘導部(Guidance System)와 飛行制御部(Flight Control System)를 필수불가결로 하고 있기 때문에 현재 이들에 대한 연구, 개발, 시험이 한창이다.

그중에서 制御部에 관해 살펴보면, 유도탄은 그種類가 전략적 대형으로부터 對戰車유도탄(ATM), 휴대용 地對空유도탄(SAM)등 소형에 이르기까지 많으나 이들에게 공통으로 적용되는 制御部의 간단한 일례를 도시하면 그림 1과 같다.

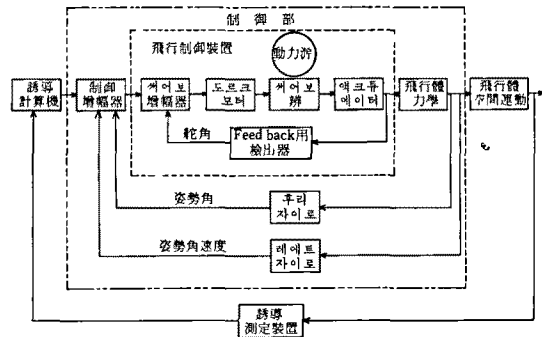
그림 내용 가운데 자이로, 加速度計 등의 姿勢檢知機器에 관해서는 별도로 다루기로 하고, 여기서는 비행거리 100km이하의 地對空(SAM), 空對地(ASM, 유도폭탄 포함), 空對空(AAM), 對戰車(ATM) 유도탄 등 전술용 중·소형 유도탄의 제어부裝置의 현상과 동향에 대해서만 설명하고자 한다.

### 2. 飛行制御方式

비행체의 飛行姿勢를 바꾸는 방법은 操舵翼(Control Surface)에 의하는 것과 로켓트 모터의 推進軸 方向을 變更시키는(Thrust Vector Control이하 TVC로 표시) 것으로 대별할 수 있다.

### (1) 操舵翼制御

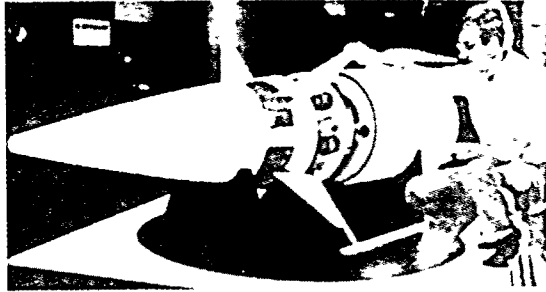
일반적으로 SAM, ASM, AAM 등은 이 방법에 의하는 것이 많으며, 操舵翼의 위치가 胴體前部(前翼, Canard Fins), 중앙부(中央翼, Center Body Wings), 또는 후방부 등으로 구분해 볼 수 있으며, 개중에는 前後翼에 모두 있는 것도 있다.



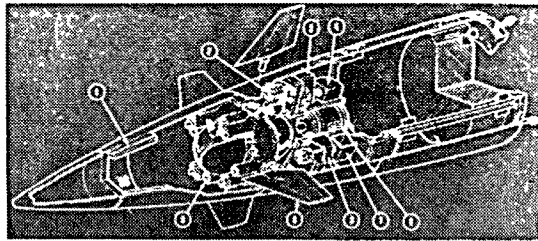
〈그림 1〉 制御部の 블록

(a) 前翼 또는 中央翼을 操舵翼으로 하는 유도탄은 美國의 AAM인 Sidewinder, Sparrow 등이며 사진 1, 2에서 보는 또 하나의 예는 美國의 SSM인 Advanced Lance인데, 동체 斷面積에 桴차게 제어부裝置를 배치하고서는 제어부増幅器, 蓄壓器 등의 附屬機器를 분리시키지 않고 있다. 따라서 配線, 配管이 모두 짧고 콤팩트에 넣어므로써 空力的인 면에서 보면 後翼式에 비해 제어부의 點檢, 交換 등 정비상의 이점이 있다.

(b) 後翼을 操舵翼으로 사용하는 유도탄의 예로 美空軍 B-52와 FB-111에 탑재예정인 SAM의 AGM-69 SRAM(Short Range Attack Missile—단거리 공격용 유도탄)을 들 수 있으며 그림2에서 보는 바와 같이 後部 동체斷面 중앙에 로켓트 모터



〈사진 1〉 Lance의 유도 제어부



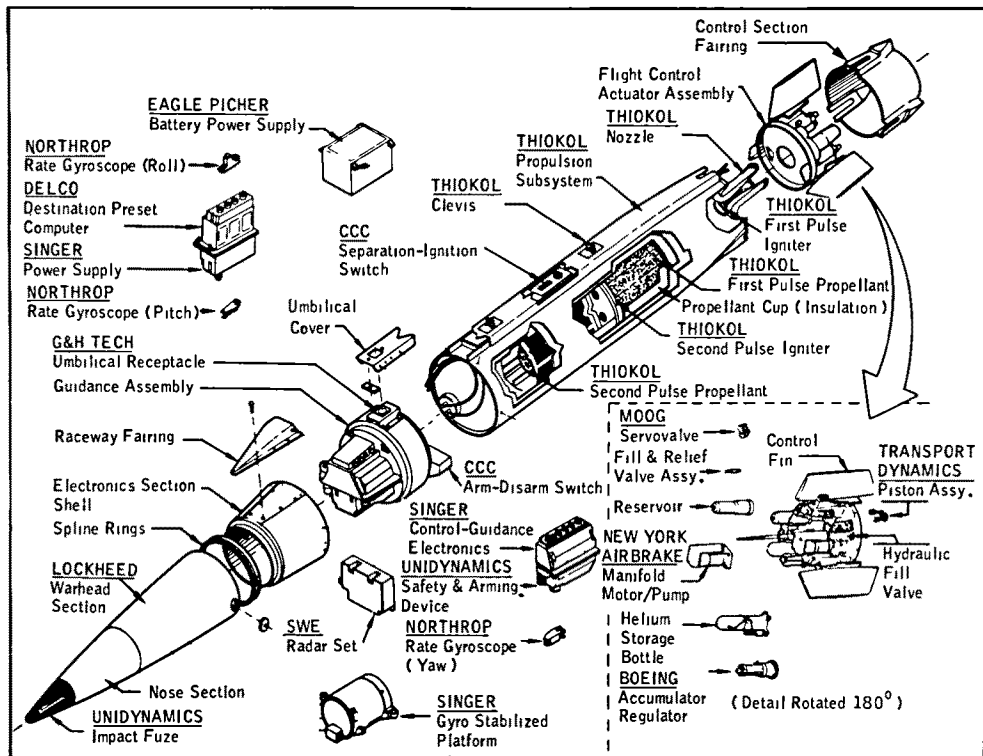
〈사진 2〉 유도 제어부의 구조

의 노즐이 관통하고 있다. 때문에 後翼 3枚(操舵翼은 대부분의 유도탄이 4매인데 3매의 경우는 드물다)로 인한 써어보辨과 액크튜에이터 등 써어보裝置 3組는 노즐 주위에 배치되어 있어서 高壓油 펌프와 油탱크(Reservoir) 등의 機器도 동체직경이 커서 써어보 增幅器를 빼놓고는 모두 後部胴體에 집중되어 있다.

그러나 동체직경이 200mm이하로서 後翼을 操舵翼으로한 AAM이나 SAM에 있어서는 써어보裝置가 차지하는 容積이 적어서 써어보辨, 액크튜에이터 외에는 수용이 안되어 써어보 增幅器, 蓄壓器 등은 로켓트 모터의 前方部에 분리되어 있으며 電氣信號配線, 高壓油配管은 로켓트 모터 외부에 붙여서 설치할 수 있는 단점으로 점검 정비상의 문제점이 있다

## (2) 스포일러(Spoiler)

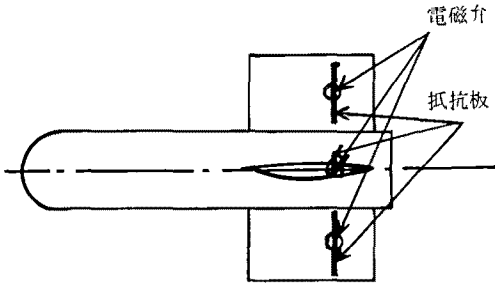
스포일러는 속도가 느린 初期의 ATM, 즉 佛蘭西의 SS10, 西獨의 Cobra 등에 사용되었었다.



〈그림 2〉 SRAM의 구성

(1) 동체직경 450mm (2) 길이 4.25m (3) 중량 약 1000kg (4) 비행거리 최대 160km

그림3에 나타난대로 固定翼 後方部에 機軸과 直角方向으로 나오는 短冊型の 抵抗板(Spoiler)를 電磁辨으로 振動板을 움직이는 것 같이 時分割方式으로 작동시켜서 필요한 조종을 하는 것으로서 최신의 ATM에는 사용되지 않고 있다.



〈그림 3〉 Spoiler

### (3) 推力偏向制御(TVC)

공기의 밀도가 적은 高空을 고속으로 날으는 ICBM이나 IRBM과 같이 노즐로부터의 噴力을 이용해서 비행체의 X,Y,Z 3軸방향을 기울게 해서 姿勢를 제어하는 방식으로, 비행중에는 계속 가스를 분출해야 한다.

따라서 고체연료를 로켓 모터(Sustainer)로 하고 있는 중·소형 유도탄은 대체로 5秒이내에 연소가 끝남으로써 이 방식은 따로 가스源을 가지고 있어야 한다.

(a) 짐발方式(Gimbaled Nozzle) 또는 휘벨방식(Movable Nozzle)

이 방식은 로켓 모터·노즐을 Y,Z軸의 2自由度의 짐발에 붙이든지, 또는 휘벨繼手(Swivel Joint)를 사용하여 油壓 꺼어보裝置로 入力信號만큼 노즐을 機軸으로부터 기울게 하는 것이다.

이때에 로켓 모터는 고체연료인데 屈折部の せ일에 문제가 있어서 액체 로켓이 용이하며 보통 胴體直徑이 적은 유도탄에 있어서는 容積上의 畧란 때문에 IRBM, ICBM 등의 전략적 誘導彈이나 대형인 전술적 탄도유도탄에 채용되고 있다.

(b) 젯트 태브方式(Jet Deflectors, Jet Tabs)

이 방식은 젯트 노즐 出口에 방해판(Tab)을 1~4枚 만들고 入力信號에 따라 이板을 노즐 推力軸에 직각방향으로 방해가 되게 함으로써 推力의 방향을 기울게 하는 것으로, 불란서의 ATM인 SS11,

SS12, 佛·西獨 공동개발의 Hot, Milan, Roland 등에 채용되고 있다.

또 이 방식은 每秒마다 유도탄을 數回式 旋回시킴으로써, 필요한 위치에서 방해판을 내놓으면 유도탄은 旋回하고 있기 때문에 꺼어보裝置는 1組로 충분하며 이판은 電磁辨에 의해서 作動되므로 기구적으로 간단하다.

(c) 2次噴射方式(Secondary Injection)

이 방식은, 美國 SSM인 Lance와 같이 로켓엔진의 노즐 内部 圓周上에 4조 또는 그 이상의 2次噴射辨을 설치해서 필요할 때마다 그辨을 열어서 推力의 방향을 기울게 하는 것인데, 이 噴射辨의 開閉는 꺼어보辨으로 하게 된다

일반적으로 이 방식은 액체 로켓 엔진을 사용하는 대형유도탄에 많이 채용되고 있으며, 噴射가스는 후레온을 사용하는 것도 있다.

(d) 젯트 벤즈方式(Jet Vanes)

이는 노즐 出口 가까이 벤즈를 부착해서 이것이 기울면서 推力을 偏向케 하는 방식인데 실제로는 많이 사용되지 않고 있다.

(e) 사이드 젯트 방식(Side Jet)

유도탄 胴體에다 옆이나 斜後方으로 가스를 분사하는 노즐을 설치하여 姿勢制御를 하는 방식인데 비교적 대형유도탄에 사용되고 있다.

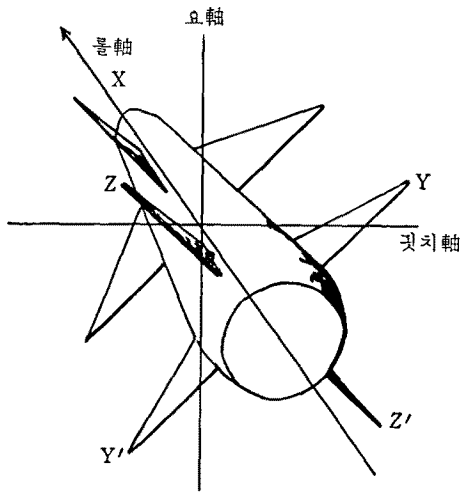
美國의 SSM인 Lance는 발사시 선회를 시키기 위해서 동체 前方部에 2개의 노즐을 만드려 놓고 있다. 또 소형유도탄에 사용되고 있는 특이한 예로서 美國 ATM인 Dragon은 동체주위에 12개의 노즐을 5단으로 총 60개를 설치하고 필요할 때 노즐을 점화해서 推力을 얻는 동시에 姿勢制御도 함께 하고 있다.

이 유도탄의 노즐은 直徑 25mm의 球型固體燃料를 넣은 연소기를 갖고 있으며, 4Hz로 선회하면서 비행한다.

## 3. 롤制御(Roll Control)

유도탄의 飛行制御를 하는 데는 前述한 바와 같이 날개에 의하는 방법과 推力軸을 機軸에 대해 기울이는 방법이 있는데 이는 機體의 X, Y, Z 軸(그림 4참조)에 대해서 가해지는 것이다.

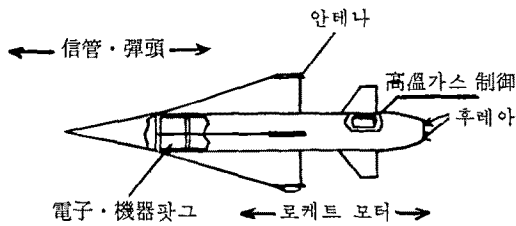
그중에서 롤軸(X軸)의 制御는 다음 3가지 방법이 있다.



〈그림 4〉 롤 제어

(1) 자유 롤(Roll)

롤에 대해서는 제어하지 않고 자유롭게 놓아 두지만, 롤·자이로에 의해서 Y·Z축의 위치의 변화



〈그림 5〉 英國 SAM Seawolf의 자유롤 제어

량을 檢出해서 Y, Z組의 써어보裝置로 핏치, 요角을 偏向하게 한다.

한 예로서 그림 5에서 보는 英國 SAM(Anti-missile Missile에도 사용하고 있다) Seawolf는 後翼에 2組의 高溫가스 써어보裝置로 飛行制御를 하고 있다.

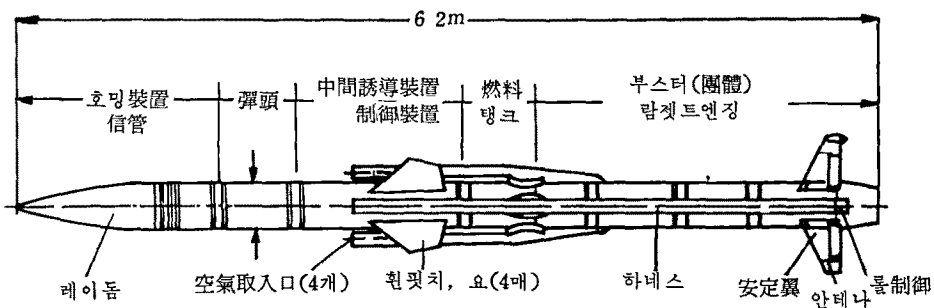
(2) 安定 롤(Roll)

自由자이로, 레에트 자이로, 積分자이로, 加速度計 등으로 롤의 變化量과 速度를 산출해서 유도탄이 롤하지 않도록, 즉 安定하도록 롤을 제어한다. 이는 그림 6에 도시되어 있다.

中東戰爭에서 애급軍이 사용한 소련제 SAM인 SA-6 Gainful과 佛蘭西製 SAM인 Crotal과 같이 前翼으로 핏치 및 요를, 後翼으로는 롤을 制御하든가, 또는 그림2의 SRAM과 같이 操舵翼 3枚(일반적으로는 十字翼이 많아 4枚)의 움직임을 각각 독립시켜서 그중 Y축이나 Z축의 舵에 롤安定용의 신호를 넣어 핏치 및 요의 制御와 롤安定을 동시에 하게 된다. 이경우 써어보裝置는 3~4組가 필요하다.

(3) 强制스핀(Activated Spin)

이方式은 발사시에 탄차 또는 噴射가스로 강제적으로 스프인을 걸든지, 혹은 機體가 스프인할 수 있도록 安定翼을 機軸에 기울게 붙여서 비행시키며, 핏치와 요를 偏向시키려는 위치에서 제트 메후랙터가 울 때 操舵翼을 作動시키면 된다. 써어보裝置는 1組로 충분하며 前述한 Lance, NATO의 ATM



〈그림 6〉 소련 SAM SA-6 Gainful의 安定롤 제어

등에서 많이 볼 수 있다.

#### 4. 動力源(Power Supply)

##### (1) 油 壓

현재 유도탄의 썬어보裝置는 大토크크와 應答性이 높은 점으로 보아 電氣, 油壓썬어보裝置의 사용이 많은데, 유압의 경우는 가스나 電氣式 썬어보裝置에 비해서 機器의 公작정밀도가 높기 때문에 가격면에서 비싸게 맥힌다.

또 사용되는 作動油는 그 종류가 많은데, 美軍에서는 규격 MIL-H-5606 石油基(사용온도 범위  $-54^{\circ}\text{C} \sim +71^{\circ}\text{C}$ )를 사용하고 있다. 이 作動油는 일반적으로 Red Oil이라 불리워 赤色으로 軍用 항공기, 유도탄, 그밖에도 널리 사용되고 있으며 획득도 용이하다.

##### (a) 蓄壓器(Accumulator)

飛行時間이 20~30초 정도로 짧은 유도탄은 作動油의 流量이 적은 小型썬어보辨을 사용하고 있어서 되돌아오는 作動油로 油탱크에 넣지 않고 버리게 된다.

그래서 油循環을 위해서 高壓 펌푸를 설치하게 되면 용적, 중량, 가격 등 불리한 점이 많아서 후래온, 窒素, 헬륨 등의 고압가스를 넣은 蓄壓器를 설치해서 高壓油를 사용하게 된다.

가스의 압력은, 썬어보裝置의 사용압력이  $70 \sim 210\text{kg}/\text{cm}^2$ 이므로, 사용秒時와 사용압력으로 정하게 되는데  $140/350\text{kg}/\text{cm}^2$ (2,000~5,000psi)이 보통이다.

또 蓄壓器의 형식도 여러가지이며 蓄壓器와 리저어바를 一體化한 블래더(Bladder) 또는 다이어프람(Diaphragm)式이 있다. 피스톤式은 대형에 한해서 사용되고 있으며, 특수한 것으로는 고체연료의 연소고압가스를 壓力源으로해서 고압유를 얻는 方式도 있다.

##### (b) 高壓油 펌푸

펌푸 사용은 飛行時間이 긴 비교적 대형유도탄(그림2의 SRMA와 같은)에 한정되어 있으나 蓄壓器로 할 것인가 또는 펌푸로 할 것인가는 심본 검토할 필요가 있다.

##### (2) 가스源

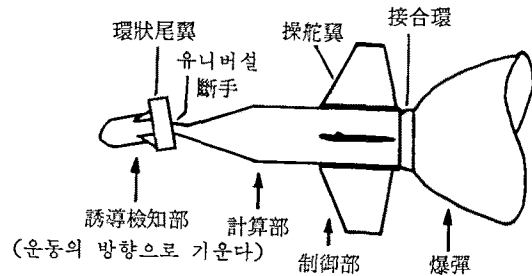
가스式 썬어보裝置의 가스源으로서 다음의 2가

지가 있다.

##### (a) 高溫가스(Hot Gas)

고체연료의 연소로 高溫가스의 압력을 약  $40 \sim 80\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 조절해서 사용하는 것으로, 현재 널리 알려진 美國의 AAM인 Sidewinder(자국에도 이와 유사한 것이 많다), 英國의 SAM인 Rapier, SSM인 Seawolf, 그림7의 레저誘導爆彈 등에 사용되고 있다.

그러나 가스는  $1000^{\circ}\text{C}$  이상의 고온으로서 연소시 고름이 생기므로 오리피스나 노즐이 막힐 우려가 많기 때문에 磁性材料의 고온에 의한 惡影響, 耐熱材料, 필터, 연료의 經年變化, 저온인때의 性能低下대채, 低燃燒速度燃料 등의 研究가 있어야 한다.



〈그림 7〉 레저誘導爆彈

##### (b) 常溫가스(Cold Gas)

高溫가스의 결점을 제거하기 위하여 헬륨窒素 등의 安全가스를 소형耐壓容器에  $350\text{kg}/\text{cm}^2$ (5,000psi) 또는  $490\text{kg}/\text{cm}^2$ (7,000psi) 등의 高壓으로 넣고는 사용시에 容器出口의 膜을 爆管으로 파괴해서 가스를 썬어보辨으로 보내게 되는데, 이 방식은 저장시의 취급이나 가스의 누출 등에 유의해야 한다.

美製 ATM인 TOW, 유도폭탄, Bullpup, SSM인 Advanced Lance(사진 1, 2 참조) 등에 사용되고 있다.

뿐만 아니라 油壓이나 가스源 共히 前述한 바와 같이 配管은 될 수 있는 한 없거나 짧게 해서 閉閉辨, 切換辨, 逆止辨, 安全辨, 壓力調整辨 등의 諸辨과 필터 등의 여러部品을 간단한 구조와 소형으로 하여 신뢰성이 있는 것을 사용해야 한다.

### (3) 電 源

油壓 또는 가스 써어보裝置의 작동에 필요한 電源에 대해서 설명하면, 써어보增幅器, 토르크 모터, 휘드베크用 트란스주사 등의 直流에 대해서는 航空機用 표준전압과 동일한 것이 많으며, 토르크 모터의 테이저 信號用으로는 100Hz, 400Hz와 같은 交流를 쓰고 있다.

또 종래 발전기를 電源으로 사용한 때도 있었으나 최근에는 熱電池와 같은 소형, 경량이면서 용량이 큰 것이 실용화되어 蓄電池로 轉換되고 있다. 또 ATM, AAM, SAM과 같은 소형유도탄에 電氣 써어보裝置를 사용하는 것이 많아져서 앞으로 전원의 소형·경량화의 연구가 더욱더 필요하게 됐다.

## 5. 써어보辨(Servo Valve)

써어보辨은 電氣入力信號에 의해 토르크 모터를 움직여서 流量, 압력, 또는 方向制御를 하는 辨으로써 형식 및 구조상으로 다음과 같이 分類한다.

#### (a) 후렛퍼式(Flapper)

노즐 1개 또는 2개와 후렛퍼와의 연결.

#### (b) 스펴式(Spool)

랜드(Land) 2~4개를 가진 스펴과 스텔리브(Sleeve)와의 연결

#### (c) 젯트 파이프式(Jet pipe)

토르크 모터로 젯트 파이프를 作動시키는 젯트 파이프와 切換辨과의 연결

### (1) 油壓 써어보辨

중·소형 유도탄의 動力源은 蓄壓器를 사용하기 때문에 零入力流量(Quiescent Flow)이 적을 수록 불필요한 기름의 소비를 막으므로 비행시간을 연장할 수가 있다. 이런 점으로 보아 후렛퍼式은 動特性(周波數 應答)은 좋지만 위의 消費流量이 많아 항공기용으로는 적합하지만 유도탄用에는 스펴式이 流量面에서 더 좋다. 그림 8에서 그 예를 알 수 있다.

그러나 스펴辨은 作動油가 高壓이므로 스펴 스텔리브의 直徑方向의 빈틈(Clearance)에 따라 漏出量이 많이 달라지기 때문에 그 工作精度가 높아서  $5\mu$  이하라야 한다.

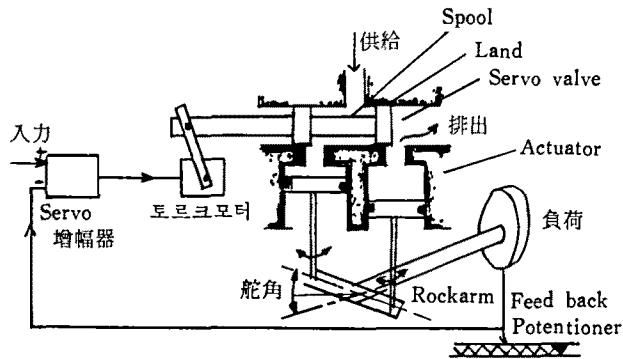
그 밖에도 랜드의 平行度 등이 나쁘면 하이드로록크(Hydraulic Lock)나 스텔팅(Slitting) 등의 나빠지는 현상이 나타나게 된다. 또 써어보辨은 전반적으로  $5\mu$ ,  $10\mu$  등의 필터를 流路中에 설치할 필요가 있다.

### (2) 가스制御辨

壓力制御辨이 많아 Ball형, 바늘型, 핀틀(Pintol)板型(Disc), 스윙型(Swing)등 구조가 용이한 것도 많다.

### (3) 써어보辨의 段數(Stage)

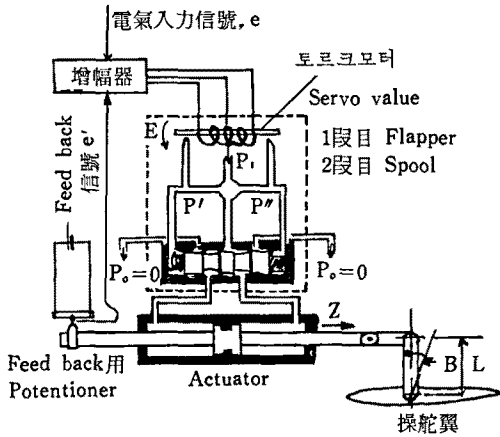
써어보辨은 그 단수가 많아질수록 增幅率 즉 流量게인(Flow Gain  $l$ /分/mA)과 特性(주파수응답) 등이 좋아지는 반면에, 容積, 重量, 價格 등이 커지므로 유도탄에는 2단정도까지로 하는데, 2단식



〈그림 8〉 油壓 Servo Valve

이라도 그림9에서 보는 바와 같이 거이가 스폴식의 연결로 구성되어 있다.

그러나 가스 써어보辨은 그림10과 같이 段目에도 ball型辨을 사용하고 있다.



〈그림 9〉 2段의 Servo Valve

또 小型誘導彈일수록 1단식이 많고 거이가 그림 8 및 11과 같이 써어보辨과 악크튜에이터를 한데 組立한 方式(Integral Valve Actuator Combination, Sevropositioner, Servoactuator, Actuator Valve라고도 함)인데 1단식 써어보辨은 2단식에 비해 増幅率이 나빠서 동일한 出力(토크)을 얻는데 있어 토크 모터의 入力과우어가 커지므로 電源容量도 많아지게 된다.

## 6. 악크튜에이터(Actuator)

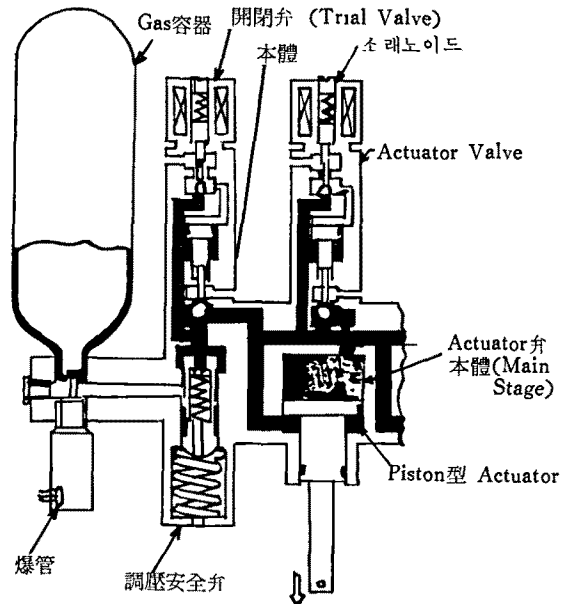
써어보辨에 의해 제어된 流體를 악크튜에이터에 流入 또는 排出시켜서 操舵翼 혹은 로켓엔진 노즐 등에 變位를 加하는 것인데 運動 방식에 따라 分類하면 다음과 같다.

### (1) 直線運動型(Linear Motion Type)

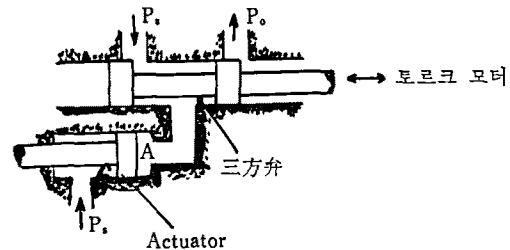
이 악크튜에이터로 操舵翼에 所요의 舵角을 加하려면 回轉往復運動으로 變換하지 않으면 안된다. 여기에는 그림 9에서와 같이 크랑크 또는 요오크(Yoke)로 回轉運動을 하게끔 하는 것이 일반적인데, 그림 8에서 보는 單動(Single Acting)의 악크튜에이터 2개를 나란히한 型式(Opposed Piston)의 경우는 피스톤棒과 操舵軸의 輻(Rocker

Arm)을 결합해서 輻으로 멈추게 하면 피스톤棒의 先端이 汽缸의 중심선에 대해서 左右로 運動하기 때문에 피스톤의 O 링의 형상은 汽缸벽에 의해서 圓→眞圓→타원이란 運動을 반복하게 된다. 그래서 汽缸와 피스톤간의 찌임에 대해 충분히 고려해야 한다.

다음 그림 10 및 11의 複動型(Double Acting)의 경우는 그림 8에 비해서 汽缸가 1개로 축하나 소형이 된다. 이 피스톤面積은 피스톤棒의 有效면적의 2배이다. 이런 型式(Differential Area Piston)을 사용하는 예는 매우 많다.

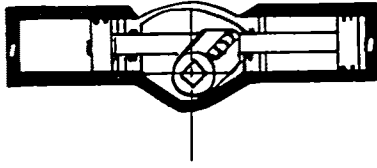


〈그림10〉 CHANDLER EVANS Model CACS-5 Cold Gas Torque Limited Control System



〈그림11〉 Servo와 Actuator를 結合한것

또 그림12에서 보는 複動型(Scotch Yoke Type)도 사용되고 있는데 유도탄과 같이 써어보辨裝置가 接하는 容積이 제한되어 있는 것에는 써어보辨 보다는 악크튜에이터 쪽이 容積이 커지므로 그의 선



〈그림 12〉複動型

택에 있어서 形狀, 構造 등을 잘 검토해야 한다.

(2) 回轉運動型(Rotary Motion Type)

써어보辨으로 직접 베인(Vane)型式의 회전왕복형 악크튜에이터를 작동시키기 때문에 베르크랑크가 불필요하므로 구조적으로 간단하지만 아직 研究의 여지가 남아 있어서 사용되지 않고 있다.

이밖에 航空機와 같이 써어보辨으로 써어보 모터를 움직여 그 回轉力으로 ball나사의 軸을 회전시키어서 대형유도탄의 로켓트 모터의 노즐의 偏向을 시도하는 方式도 있다.

7. 電氣써어보裝置

電源을 직접 에네르기源으로 사용하는 써어보裝置는 다음과 같다.

(1) 電磁辨

전술한 스포밀러方式 및 젯트 태브方式의 抵抗板 또는 방해판을 움직이는데 사용되는데 各板을 사이에 넣고 電磁辨을 2개 사용하는 경우와, 1개를 사용해서 吸引하고 復歸는 용수철로 하는 경우 등이 있다.

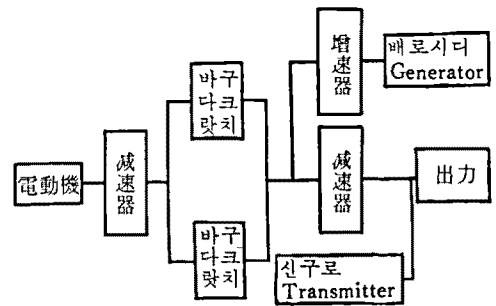
(2) 電動機

이것은 그림13에서와 같이 電動機의 회전을 틱니바퀴로 감속시켜 그 回轉토크를 크라치와 브레이크로 時計方向이나 혹은 그 반대 방향으로 전환시켜 操舵翼을 작동하는 방식으로서, 다른 써어

보裝置에 비해 중량, 용적, 성능 공히 불리한다.

그러나 근래에 와서 電動機의 永久磁石에 希土 氧化物(Rare-earth Magnets)의 사마리움, 코바르트가 매우 큰 保磁力을 갖고 있어, 종래 아루니코磁石, 웨라이드磁石에 비해서 중량, 용적이 적어서 回轉子의 慣性모멘트도 적으므로, 응답도 빨라졌다.

또 크라치도 최근의 磁粉크라치 등의 발전으로 이용가치가 커져서 電氣써어보裝置를 사용하는 예를 많이 볼 수 있다.



〈그림 13〉電 動 機

그리고 電動機의 利用效率를 높이면 더욱 간편한 方法이 고안되어서 앞으로 상당한 진보가 있을 것으로 보인다.

8. 맺 는 말

이상에서 說明한 바와 같이 各써어보裝置에는 형식, 구성품 등의 종류가 많으므로 유도탄의 목적, 용도, 성능, 形狀, 써어보裝置의 장착위치, 용적, 중량, 가격, 정비성, 그리고 機體, 誘導部, 推進部와의 관계 등을 잘 검토한 다음, 方式과 機器를 선정해야 한다. 그러나 최근의 傾向은 점차 단순, 소형화 그리고 信賴性이 높은 것으로의 研究開發이 진행되고 있다.

(兵器と技術 78. 5月號에서 轉載)