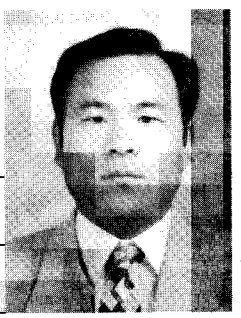
정유압 구동식 변속기(HST : HydroStatic Transmission)의 개발 및 연구현황

이 근 호

(KIMM 산업기술연구부)

'84 한양대학교 기계공학과(학사)
'91 미국 Polytechnic Univ. 기계공학과(석사)
'97 미국 Univ. of Connecticut 기계공학과(박사)
'97. 3 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



이 용 범

(KIMM 산업기술연구부)

'87. 2 창원기능대 기계공작학과
'98. 2 한국방송대학교(학사)
'87. 7- 현재 한국기계연구원 선임기술원

1. 서 론

정유압 구동식 변속기 (HST : HydroStatic Transmission)는 변속기의 역사와 시작을 같이 한다. 무단변속으로 보다 간편한 변속과 동력전달효율을 높이기 위한 노력은 여러 가지 방식의 HST개발을 가져왔다. 그리고 HST의 여러 가지 장점은 건설중장비, 농기계, 다목적차량, 특수목적의 선박 및 항공기 분야 등에 광범위하게 응용되고 있으며, 고압화 및 고속화를 위한 활발한 연구 및 개발이 진행중이다. 특히, 방산분야 군기동장비의 변속 및 조향장치로 세계적으로 유명한 주요 전차, 장갑차 및 자주포 등에 채택되어 사용 중이다. 그리고 중·대형 트럭용이나 버스용 무단변속기로 HST를 상용화시키기 위한 노력은 1970대부터 미국 변속기 전문제작업체 GM, Ford, Orshansky[1]사 등에서 시도되었으나, HST의 여러 가지 장점에도 불구하고 경제성이나 소음문제로 인해 기존의 수동 및 자동변속기를 대체하지 못하였다. 그러나, 최근 전자제어기술의 발달로 미국, 유럽 및 일본에서는 중·대형 트럭용 무단변속기와 환경친화형 버스의 동력절약(Energy Saving)장치에 이르기까지 HST에 대한 상용화가 연구 및 개발이 활발히 진행중이고, 국내에서도 연구기관 및 완성차량업체를 비롯하여 부품업체 등에서 HST 개발에 대한 관심이 증대되고 있다. 본 논고에서 HST에 대한 특징 및 응용분야에 대하여 살펴보고, 특히 중·대형차량 및 버스용 무단변속장치와 군기동장비의

조향 및 변속장치에 적용되는 HST기술의 해외 개발현황을 조사하여 향후 국내 기술개발방향에 기여하고자 한다.

2. 개 요

HST는 발진장치(Clutch, Torque Converter 등)가 없이, 원동기(Engine 등)의 동력을 유압식 동력전달장치(유압펌프/모터조립체 등) 및 기계식 동력전달장치(유성기어장치 등)에 전달하고, 유압펌프/모터조립체나 유성기어장치에 부하부가 연결되어 동력이 출력되는 변속 및 동력전달장치이다. 현재 활용중인 정유압 구동식 변속기는 순수유압식 HST 와 기계-유압식 HST로 크게 구분되어진다.[2]

순수유압식 HST(그림 1)는 디젤엔진의 동력이 유압펌프에 전달되고 유압펌프로부터의 동력은 유압모터를 통하여 부하부로 출력되는 방식으로 유압모터와 펌프가 분리되어 작동하는 분리형(Open Circuit Type)(그림 1. a)방식과 유압펌프/모터, 각종 제어밸브 및 Regulator가 일체형(Closed Circuit Type)(그림 1. b) 조립체로 된 Compact한 방식이 있으며, 차량의 탑재 및 작동방식에 따라 각각 적용되어진다. 순수유압식 HST에서의 변속은 가변용량펌프 및 모터의 사판조절을 통하여 이루어진다.

기계-유압식 HST는 부분 부하의 사용이 빈번하거나, 큰속도비 범위를 상용으로 하는 경우에 주로 채택되어 사용된다. 엔진으로부터 전달된 동력의 일부를 유압식으로 전달하고, 나머지 동력은 기계식으로 전달하는 방식이다. 이 방식은 정유압 기계식 변속장치(HMT : Hydro-Mechanical Transmission)로 분류되기도 한다. 기계-유압식 HST(그림 2)는 1개의 Power Flow를 갖는 Serial방식(그림 2. a)과 2개이상의 Power Plow를 갖는 동력분기(Power Split)식(그림 2. b)으로 나누어지며, 동력분기식은 운전 Mode에 따라 동력순환이 발생되는 동력순환(Power Circulation)식과 기어열 연결방식에 따른 복합형(Compound Type) 등이 있다. 기계-유압식 HST에서의 변속은 가변용량형 유압펌프 및 모터의 사판조절과 유성기어열의 기어비를 조합하여 이루어진다.

3. HST의 특징 및 응용분야

HST는 일반 기계식변속기(수동 및 자동변속기)와 비교하여 다음과 같은 특징을 가지고 있다. 첫째로 무단변속에 따른 가속성능의 향상이다. 발진요소 클러치나 Torque Converter가 없이

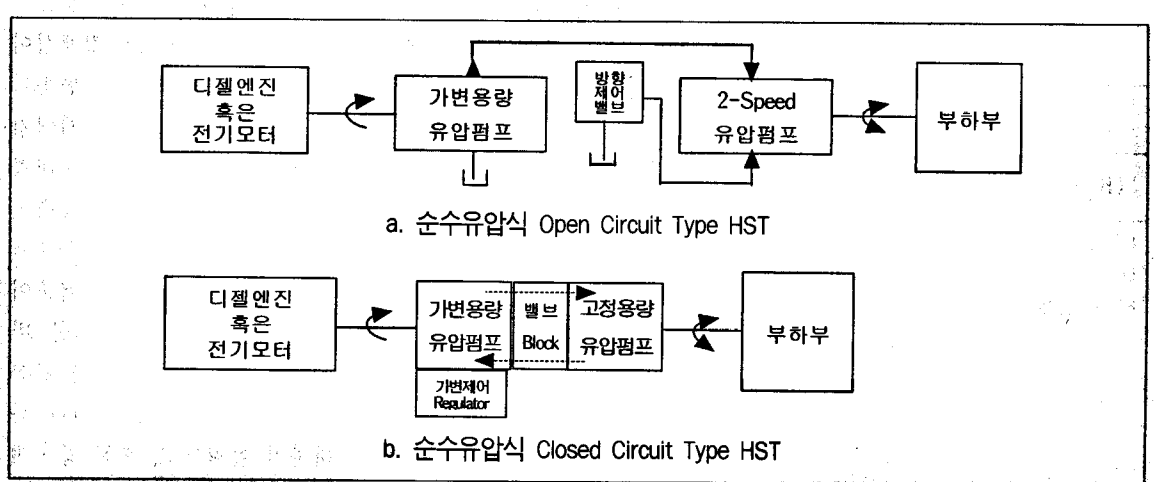


그림 1. 순수유압식 HST 개념도

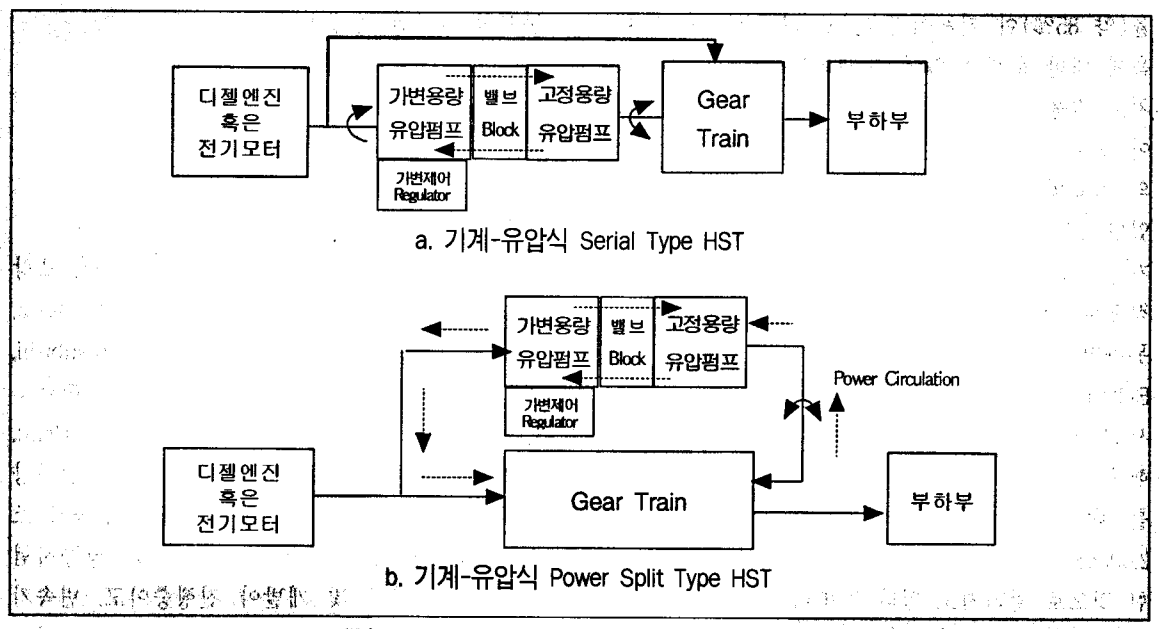


그림 2. 기계-유압식 HST 개념도

엔진의 높은 출력이 직접 유압장치에 전달되어 출발한다. 이것은 유압장치가 저속에서의 높은 토크를 갖는 장점을 이용한 것으로, 시동토크(Starting Torque)의 향상으로 출발시 동력전달율의 증대에 따른 가속성능이 향상된다. 주행시에는 무단변속의 최대장점인 연속적인 변속으로 엔진의 최대출력 범위에서 운전이 가능하므로 가속성능이 또한 향상되어진다. 그리고 이 장점을 채택하여 군용변속기에서 무단조향에 의한 조향동력이 우수하고, 승용차 같은 조향의 용이성을 가지며, 최소 조향반경이 향상되는 등의 조향성능이 우수한 조향장치로 응용되고 있다. 둘째로 연료절감효과가 양호하다. 엔진의 부하, 엔진의 회전속도 및 차량속도를 감지하여 제어장치(ECU)에서 사판 및 클러치가 제어되어, 이에 따라 유압펌프/모터가 가변되거나, 유성기어의 단(Mode) 전환을 갖는다. 즉 변속비와 엔진회전수에 맞추어 엔진이 최적으로 작동하는 운전영역에서 변속을 하도록 하여 연료소모율을 최소로 할 수 있다. 실제적으로 Prototype의 HST를 탑재한 차량의 연료소모가 자동변속기를 탑재한 차량보다 약 10-20% 절감된다고 보고되고 있다.[4, 6, 7] 셋째로 변속충격의 최소화이다. 일반적인 수동 및 자동변속기는 변속시 기어단수에 의한 변속충격을 수반하므로, 이를 감소시키기 위하여 유압식 및 전자식 유압조절장치를 사용한다. 그러나 유압조절장치가 있다 하더라도 변속충격을 완전히 제거하기가 구조적으로 어렵고 변속시 마찰부위에 의한 마모발생 및 마찰열에 동력손실이 발생한다. 정유압 구동식 변속기 HST에서는 기계적 변속이 상대속도가 거의 없는 상태에서 이루어지므로 변속시의 충격이 최소화되고 마찰에 따른 동력손실을 줄일 수 있다. 넷째로 운전조작의 편의성이다. 무단변속 및 조향에 의한 변속레버 및 클러치가 없어, 작동이 간편하고 전자제어(ECU : Electronic Control Unit)에 의한 다양한 운전 Mode(Economic, Power, Kick-down, Shuttle 등)가 가능하다. 또한 클러치나 브레이크 작동 없이 비탈길에서의 정지 및 부드러운 가속이 가능하다.

이상과 같은 여러 가지 장점이 있으나, 정유압 구동식 변속기 HST는 순수 유압식인 경우에 효

율(약 85%)이 기계식변속기보다는 떨어지며 소음에 대한 문제가 있어, 현재에는 차량의 변속장치로 적용하는 경우가 적다. 따라서 기계-유압식이 주로 사용되며, 유압동력장치와 기계동력장치의 결합방식에 따라 여러 가지 형태로 응용되고 있다. 그러나 소형승용차의 경우 기존의 수동 및 자동변속기에 비해 HST의 무게 및 크기가 상대적으로 크고 무거워 소형 승용차에는 적용되지 못하였다. 소형승용차에서는 무단변속을 위하여 Belt(금속 혹은 고무)식이 적용되어 1,100cc급에서 상용화가 되었고, 2,000cc급을 위한 연구가 진행중이다. 그러나 Belt식 무단변속기는 고토오크를 내는데 Belt의 마찰에 따른 한계가 있어 2,000cc급 이상의 차량에 적용하는 것은 불가능한 것으로 알려지고 있다.[5] 따라서, 정유압 구동식 변속기 HST는 차량중량에 비하여 고토오크를 요구하는 건설중장비 및 군용기동장비 등에서 복잡한 변속장치를 갖는 수동 및 자동변속기(Power Shift 포함)보다 상대적으로 간단한 구조를 가지며, 무단변속 및 조향에 장점이 있어 널리 적용되어 사용되고 있다. 표 1은 HST응용분야를 나타낸 것이다.

4. HST 개발현황

4.1 해외 개발현황

상용차량업체(미국 : Ford, GM, Chrysler, 프랑스 : Renault, Poclain, 독일 : Daimler Benz, BMW, 스웨덴 : Volvo, 일본 : Toyota, Mitsubishi, Isuzu 등)과 군수용 기동장비제조 업체(미국 : General Electric, Lockheed Martin, 독일 : Renk, 프랑스 : SESM 등)에서는 각 제작사의 개발차량에 적용하기 위하여, 차량특성에 대한 변속기 조립체 최적설계, 전자제어(ECU)개발, 성능시험 등에 대한 연구 및 개발이 진행중이고, 변속기 전문제조업체(미국 : Allison Transmission, 독일 : ZF, Voith, 오스트리아 : Steyr 등)에서는 기계동력전달장치의 Gear Train 개발과 유압동력전달장치의 Integration에 의한 성능시험 수행되고 있다. 또한 주요 부품제조업체(미국 : Vickers, Parker, 독일 : Hydronatik, Sauer, 일본 : Komatsu,

표 1. HST의 응용분야

응용분야	요구조건	적용방법	비 고
건설중장비	차체가 중량에 고출력밀도 (Kw/Kg)	굴삭기, 불도우져, Skid Loader, Road Roller 등의 변속기	
농기계	고토오크, 차체중량대비 고출력	트랙터, 콤바인, 이앙기, 자동방제기 등의 변속기	
콘크리트믹서 트럭	저속, 고토오크	콘크리트 믹서 Drum 회전을 위한 동력전달장치	5RPM 6,000Kg.m
선박	고속, 고토오크	소형 및 특수선박용 변속기	
항공기	고토오크	Gas Turbine 초기시동을 걸어주는 보조동력전달장치	
방산기동 장비	고속, 고토오크, 급조향	장갑차, 전차, 자주포 등의 변속 및 조향장치	
저공해 시내버스	Power Circulation, 저속, 고토오크	변속 및 동력회생장치	연료절감 및 공해저감효과
첨단시험장비	Compactness, 고응답성	회전체 시험을 위한 부하부 Dynamometer	

Kawasaki)에서는 유압동력장치의 고압화 및 고효율화에 대한 연구개발이 진행중이다. HST의 개발은 완성차량업체, 변속기 전문업체 및 부품업체가 협력하여 연구 및 개발이 이루어지고 있으며, 특히 연구기관 및 대학에서의 설계 및 시험/평가에 대한 연구지원이 이루어지고 있다. 다음은 현재 세계적으로 연구개발이 활발히 진행중인 유명 HST의 특징과 구조에 대하여 조사한 자료이다.

4.1.1 Steyr HST

오스트리아 Steyr사는 변속기 제작 및 엔지니어링 전문업체로 중·대형트럭, 건설중장비, 및 농기계용 HST를 개발하여 상용화를 추진중이다. Steyr HST[6](그림 3)는 기계·유압식으로 엔진에서 유입된 동력이 유압 및 기계동력으로 분리 및 합성을 하여 넓은 변속비를 갖는 무단변속이 가능한 변속기이다. 엔진으로 유입된 동력이 유압동력장치에 연결되는 경우는 유압펌프를 돌려주고 일체형으로 연결된 유압모터를 구동하여 변속기동력이 전달되며, 이때 사판의 조정으로 무단변속 특성을 갖는 변속이 가능하다. Steyr HST에서는 유압펌프 및 모터조립체가 기계식 동력전달 장치인 기어열보다는 효율이 떨어지므로, 일정속도로 구동시에는 제어장치에 의하여 기계동력이 직접 유성기어 치차에 전달되어 효율을 높이고, 전달 토오크나 속도를 유지하는 무단변속기이다. 이와 같은 HST에서는 뛰어난 변속성능을 위하여, 엔진성능과 변속특성에 따른 제어가 필수적이다. 따라서 상용화가 계획중인 HST에서는 전자-유압식제어기에 의한 레귤레이터작동으로 변속시점과 변속특성에 따른 제어를 하게된다. 그리고 소형화 및 경량화를 위해서 라비뇨방식의 복합유성기어 치차를 채택하여 사용하고 있다. Steyr방식의 HST는 Compact한 구조로 작동이 간편한 무단변속기로 공회전시, 정지 및 출발시 최대토크를 가지므로 비탈길에서 정지나 부드러운 가속이 가능하고, 속도 저감시에는 Retarder와 같이 작동한다. 또한 토크흐름(Torque Flow)이 끊어지지 않는 상태에서 엔진의 정격출력을 유지하도록 설계되었으며, 초기속도에서 Stick-Slip현상이 없고, 고효율의 최소 배기소음을 갖는 장점을 가지고 있다. 그 밖의 기능으로는 Kick-down-mode 및 Shuttle-mode가 가능하다. 또한, Steyr방식의 특징은 다른 HST와 달리 저속단 1단을 포함한 전 운전영역에서(전진 4단 후진 2단)도 기계동력과 유압동력이 함께 작동되는 점이다. 따라서 엔진의 최대출력 영역에서 변속을 시킬 수 있는 장점이 있으나, 변속특성에 따른 보다 정교한 제어가 요구되어지는 HST이다.

4.1.2 Lockheed Martin HST

그림 4는 Lockheed Martin에서 개발하여 중·

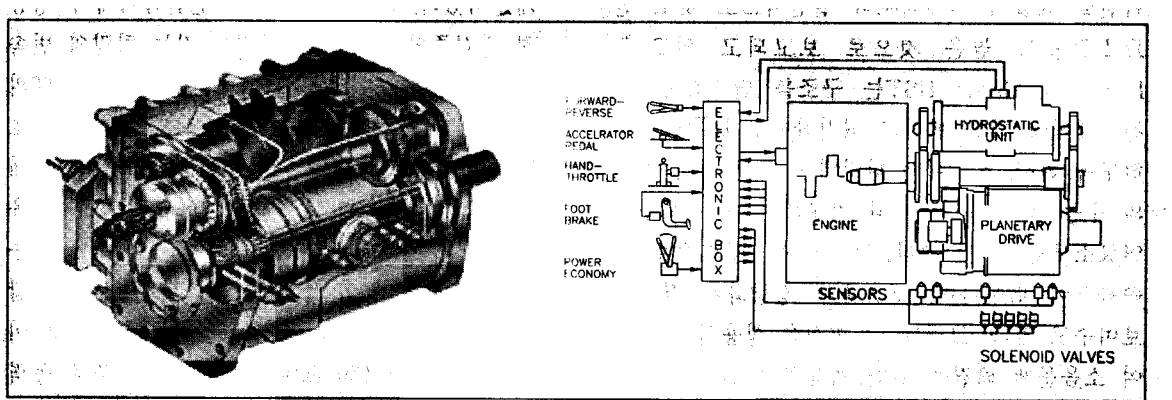


그림 3. Steyr HST 및 개념도

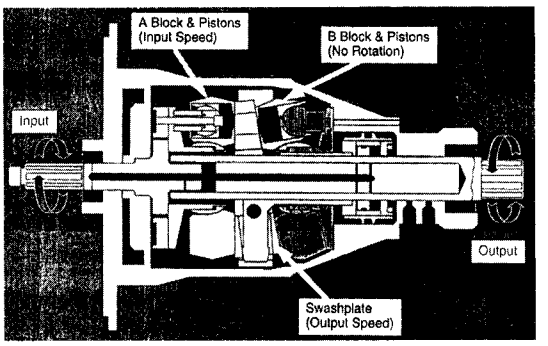


그림 4. Lockheed Martin HST

대형트럭, 다목적차량, 소형선박 및 군용장갑차용 변속기 등에 상용화를 준비중인 순수유압식 HST이다.[7] 이 HST는 일반적인 HST와 다른 구조로 엔진에서 전달된 동력을 펌프/모터기능을 함께 하는 유압장치에 전달하고, 이 유압장치로부터 출력축에 출력하는 방식이다. 이 변속기의 출력은 기존의 방식처럼 고정실린더Block이 출력축과 연결되어 출력되는 방식이 아니라, 무단변속기능을 하는 사판(Swashplate)자체가 출력축에 연결되어 출력되는 방식이다. 따라서 기존의 HST와 같이 사판조절을 회전하지 않는 사판과 연결된 Regulator로 조절하는 방식이 아니라, 회전하는 사판을 Hydrostatic Bearing Block과 Piston으로 조절하는 방식이다. 또한 펌프와 모터기능을 함께 하는 독창적인 방식을 채택하여, 압력 및 유량제어밸브가 필요없는 Compact한 구조를 가지고 있다. 따라서, 유압장치의 동력전달 효율이 기계식보다 일반적으로 낮고 연료소모율이 높은 것으로 보고되고 있으나, Lockheed Martin HST는 구조를 단순화시키고 전자제어에 의한 엔진의 최적작동구간에서 작동하도록 하여, 표 2에서 나타내는 바와 같이 기존의 수동 및 자동변속기와 비교하여 매우 우수한 연료소모율을 나타낸다. 그리고 무단변속으로 변속특성이 뛰어나며, 고효율과 경량화된 결과를 보여주고 있다. 그러나 이 방식은 상용화를 위하여 소음문제 해결을 위한 계속적인 연구가 진행중인 것으로 보고되고 있다. 그러나, Lockheed Martin HST는 기존의 순수유압식 HST에 비해 효율이 뛰어나고, 전자제어가 용이하므로, Compact한 장착과 경량화가 요구하는 무단변속기 및 조향장치로의 응용이 기대가 되어 연구 및 개발에 주목을 받고 있다.

표 2. 성능비교표

구 분	수동변속기	자동변속기	HST
입력Torque	895 N-m	895 N-m	895 N-m
출력Torque	6,000 N-m	6,000 N-m	6,000 N-m
클러치마모	크다	적음	없음
변속단	5단	6단	무단
변속Shock	크다	보통	아주 적음
무 게	250 Kg	300 Kg	200 Kg
비 용	기본값	수동의 3배	수동의 2배
연료소모율	기본값	5-10% 나쁨	0-5% 좋음

4.1.3 GE(General Electric) HMPT

1974년 6월 11일에 General Electric사의 O.Reed Bradley에 의해 개발되었고, 후에 500마력급 아브라함 M1전차의 변속기로 장착된 GE HMPT는 특허로 등록되어 일련의 연속적인 개발모델(HMPT500 Series)[8]로 개발되어 왔다. 이 변속기는 현대(Modern) 궤도차량용 변속기에 필요한 연속적인 변속을 수행하기 위한 추진기능에 대한 개발방향과 가장 일반적인 요소인 추진력사이의 합리적인 조화(Combination)를 구할 수 있는 정유압식(Hydrostatic) 방식이 채택되어 개발되었다. GE의 방식은 무단변속기에서 성공한 방식중의 하나이며, 바퀴를 갖는 차량의 변속기에도 응용이 가능하다. 그림 5는 GE HMPT의 개략도(Diagram)를 나타낸 것이다. 발진장치로 Torque Convertor를 사용하지 않고, 디젤엔진에서 유입된 동력이 2개의 펌프/모터조립체와 유성기어장치에 연결되고 각단에서 필요로 하는 동력을 유압 및 기계장치를 통하여 분리 및 합성을 하여 무단변속 및 조향을 한다. 그리고 이 방식은 Power Circulation이 생기는 구조로 동력흐름을 위한 Cross Shaft가 있다. 또한 유압펌프

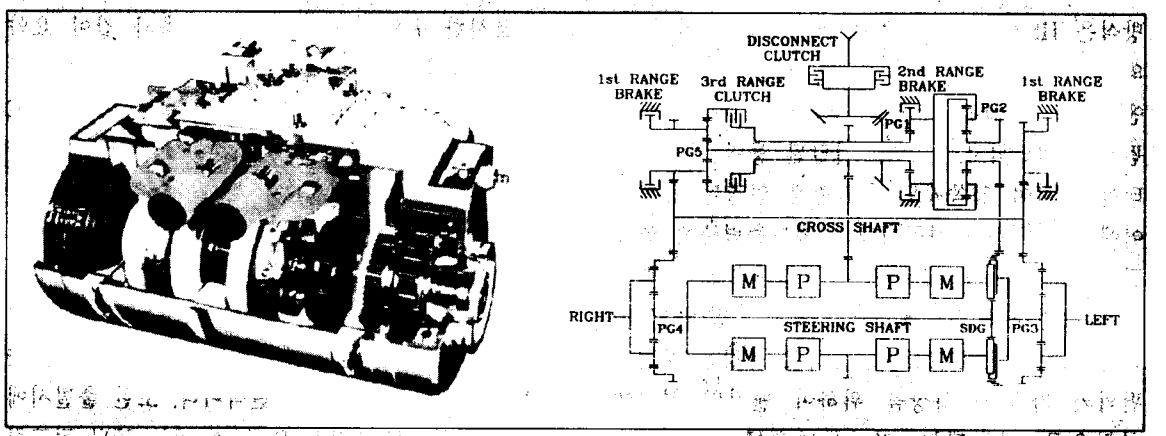


그림 5. GE HMPT 및 개념도

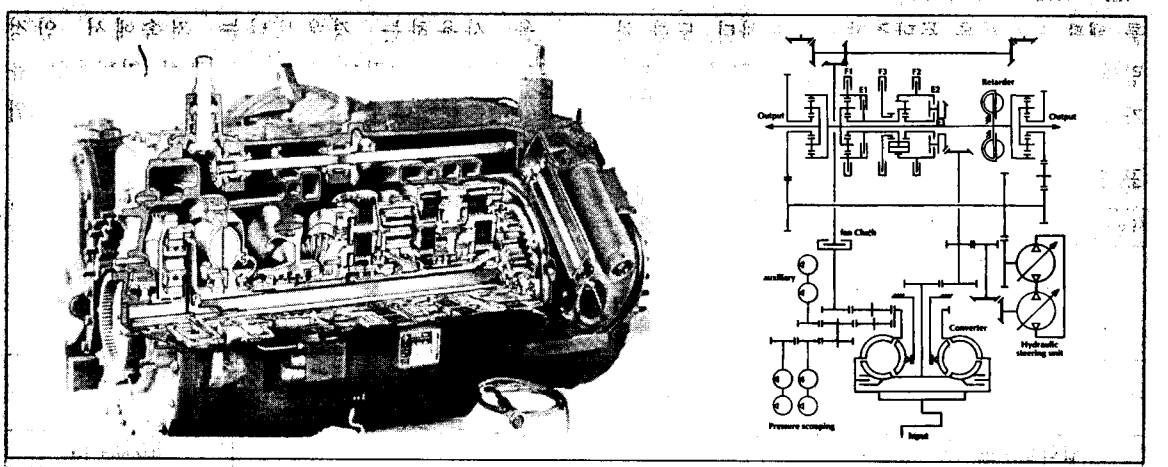


그림 6. SESM의 HST 및 개념도

는 2,740rpm으로 회전하고 유압모터는 약(more or less) 2,400rpm으로 회전한다. 또한 1단은 순수한 유압으로 작동하는데, 이것은 저속에서 조향 및 회전을 하는 군궤도차량에서 특별히 중요하다.

GE HMPT 특징은 뛰어난 조향성능으로 운전자의 조향경로(Steering Path)를 만족하는 무단조향이 가능하고, 짧은 조향반경을 갖는다. 그리고 전속도영역에서 무단변속이 가능하며, 엔진최대출력으로 변속이 가능하므로 가속시간(Acceleration Time)이 짧아 군기동장비의 주요 성능인 기동성이 뛰어나다. 또한, 오염저항력이 뛰어나고 Modular 설계에 의한 구조로 간편한 유지보수가 가능하다. 또한, 고압을 사용하여 제어반응(Response)이 빠르며, Power Density도 높다.

4.1.4 SESM(ESM500)의 HST

프랑스 SESM의 ESM500변속기[9]는 무게가 60톤 이상 되는 1,600HP(1,200Kw)급 대형전차에 적용되어 진다. ESM500 변속기의 개략도는 그림 6으로 보여준다. 디젤엔진의 입력동력은 기존방식의 발진장치 Torque Converter를 이용하여 동력이 전달되고, 복합유성기어장치에 의하여 전진4단과 후진2단으로 변속하는 구조이다. 일반적인 변속기와 비교하여 명백한 특징은 무단조향을 위하여 HST를 채택하고 있는 점이다. 이

방식은 HST를 조향장치로 채택하는 여러 종류의 전차 및 장갑차에서 볼 수 있는 구조로 디젤 엔진에서 유입된 동력이 조향시는 유압장치의 펌프에 전달되고, 펌프로 전달된 동력은 유압모터를 통하여 양쪽궤도 출력축에 연결된 유성기어에 연결되는데 한쪽방향의 궤도출력축에 연결된 Gear Train에 Idle Gear를 장착함으로, 회전방향이 반대가 되도록 하여 조향이 일어나도록 하는 방식이다. ESM500변속기의 특징은 운전자 편의와 가속성능향상을 위하여 엔진의 성능에 최적으로 작동되는 전자동변속(Full Power Shift)Gear를 채택하였다. 또한 1,200HP급 HST를 채택하여 빠른 무단조향이 가능하다. 또한 차량의 진행 중에 차량의 정지상태 없이, 후진이 가능한 구조를 가지고 있다.

조사한 유명HST의 특징은 다음과 같이 요약된다. 유압장치가 시동시(Startup) 두 가지로 다른 용도로 사용되는 것으로 구별할 수 있다. GE HMPT는 1단의 전진 및 후진에서 순수한 유압동력으로 출발(Startup)되고, Steyr HST는 1단에서 엔진에서 50%의 동력이 유압장치에 전달되며, 이 동력이 운전동력으로 사용된다. 궤도차량용으로 장착된 유압장치는 궤도차량의 조향에도 사용된다. 따라서 1단에서 조향을 위하여 높은 동력을 갖는 것이 일반적이다. 또한 출발시에 Steyr형식의 동력유도(Derivation)는 보다 정교한 조정(Regulation)이 요구되며, 순수한 유압동력을 사용하는 경우보다는 저속에서 안정(Stabilization)적이지 못하다. 또한 가변용량 유압펌프를 갖는 변속기들에서 복합유성기어의 위

표 3. 해외유명 HST 비교표

내용 \ 업체		Steyr	Lockheed Martin	General Electric	SESM
응용 차량		건설중장비, 대형트럭, 대형농기구 등	중대형트럭 건설중장비 군용궤도차량	군용장갑차 군용전차	군용전차
최대출력		165HP	250HP	600HP	1600HP
변속방식		무단 변속	무단 변속	무단변속 및 조향	무단조향
입력토오크		580N-m	895N-m	2,800N-m	5,000N-m
유압장치	Type	Swash Plate Type	Wedge-shaped Swashplate Type	Ball-Piston Type	Swash Plate Type
	배제용적	98cc/rev	600cc/rev	345cc/rev	970cc/rev
	압 력	320bar	310bar	250bar	420bar
	수 량	1Set	1Set	2Set	1Set
Gear Train		Coupled Simple Planetary	없음	Coupled Simple 혹은 Double Planetary set	Coupled Simple Planetary
제어방식		Electro-Hydraulic 제어	Electro-Hydraulic 제어	Hydromechanical Servo 제어	Electro-Hydraulic 제어
작동방식		1Set의 유압장치, 1Set의 복합유성기어로 무단변속	Gear Train 없이 펌프/ 모터조립체에 의해 무단변속	2Set 유압장치, 1Set의 복합 및 3Set의 단순유성기어로 무단변속 및 무단조향	Torque Converter있음, 1Set의 유압장치, 3Set의 단순 유성기어로 변속 및 무단조향
비 고		민수용뿐 아니라 중형 군기동 장비에 적용가능	소음문제로 상용화 지연 중	군 장비에서만 사용된 방식	군 장비에서만 사용된 방식

치를 비교하는 것도 흥미롭다. Steyr방식의 HST는 같은 속도의 모든 변속단에서 복합유성기어에 엔진과 유압장치가 연결되고, 다른 연결은 복합유성기어의 외부에서 비(Ratio)의 변화에 따라 발생하게된다. 다른 변속기에서는 복합유성기어가 변속기의 출력과 직접 연결되는 방식이고, 엔진과 유성기어의 비(Ratio)의 변화에 따라 변속(Change of Mode)이 된다. 그러나 유압모터는 항상 유성기어의 같은 요소에 연결이 되고, 같은 속도비(Speed Ratio)를 갖는다. 표 3은 해외 유명 HST의 기본성능과 적용차량 등에 대하여 비교한 것이다.

4.2 국내 개발현황

중·대형상용차량 및 건설중장비용 등의 변속기분야는 개발능력(설계, 제작, 시험)이 선진국에 비해 현저히 떨어지는 분야이다. 특히, 국내에서는 HST를 응용한 무단변속기를 장착한 상용차량(트럭, 버스 등), 건설중장비, 다목적차량, 및 농기계 등은 전무하고, 일부건설중장비 및 농기계용 동력전달장치용 HST만이 면허생산(Licensed Production)되고 있는 정도이다.

또한, 군기동장비 전차 및 장갑차에는 조향용으로만 HST를 채택하여 사용하고 있으나, 이 또한 전량 수입에 의존하고 있다. 그리고 상용차 생산업체 및 변속기 전문제조업체에서 HST의 국내개발을 위한 관심은 높은 상태이나, 경제여건에 따른 연구개발에 대한 투자가 활발히 이루지지 못하고 있다. 단지, 대기업 유압기계 전문생산업체를 중심으로 유압펌프, 유압모터, 레귤레이터 등의 HST용 부품개발에 대한 연구를 수행하고 있으나, 설계기술은 아직 선진국과 기술력에 많은 격차가 있다. 그러나, 현재까지 국내 연구기관 및 대학 등에서는 유압동력전달장치에 대한 설계, Planetary Gear Box 설계, 핵심부품 시험평가기술 등이 축적되어 있으며, 군용무단조향시스템에 대한 특성 및 변측제어 해석등이 수행되어 HST개발을 위한 기초 기반기술은 어느 정도 보유하고 있다. 표 4는 HST 개발시에 필요한 주요기술에 대하여 국가간 기술을 비교한 표로서, 그 동안 한국기계연구원에서 수집된 자료들을 근거로 만든 표이다. 고압화 기술에 있어서는 유럽국가들이 약 600Bar 수준까지 사용하고 있으며, 고속화 기술에 있어서는 미국과 스웨덴에서 약4,000RPM 이상으로 앞서 있는 것으로 조사되었다. 신뢰도의 수명이나 내구성 및 시험 및 평가기술은 비슷한 것으로 나타났으며, Mechatronics화에서는 일본이 다양한 제품개발과 응용이 이루어져 있음을 볼 수 있다. 비교항목에 대하여 정량적으로 선진국 제품은 비교하였으나, 제품별 혹은 응용방식에 따라 각국이 가지고 있는 장점이 각각 있다. 따라서 우열을 구별하기가 어려우며, 또한 첨단 연구 및 개발제품에 대한 자료수집의 한계로 오차가 있을 수 있다. 그러나 수집한 자료 안에서 국내제품을 비교하면, 확연한 차이가 있음을 발견하는 것은 어렵지 않다.

표 4. 선진국과의 기술수준 비교

비교항목 \ 국가명	미국	독일	스웨덴	프랑스	일본	한국
고압화	100	120	120	120	90	80
고속화	100	90	120	90	80	75
내구성(신뢰도)	100	100	90	100	100	60
Mechatronics	100	100	90	90	120	65
시험 및 평가	100	100	90	100	90	60

(미국의 기술수준을 100으로 기준한 경우)

5. 결론 및 연구전망

HST기술은 일반산업계 뿐만 아니라 방산용으로도 사용되는 등 응용분야가 넓고, 적용범위도 주행용, 조향용, 및 동력전달용으로 광범위하다. 따라서, 기술선진국에서 현재 HST 기술을 중·대형 상용차량용 무단변속기 개발과 환경친화형 저공해 버스 개발에 응용하고 있다.[10] 특히 환경친화형 버스의 무단변속장치와 동력회생장치에서 HST는 핵심기술이다. 또한 군기동장비업체는 기

동성향상을 위하여, 고압화를 통한 출력대 밀도비(Kw/Kg)를 높이는 연구 및 개발이 진행중이다. 또한, 향후 전자제어장치로 제어되는 복합(Hybrid)형 동력전달장치로 해저산업 및 항공우주산업 분야에까지 응용될 것으로 예상되고 있다.

HST 국내개발을 위한 핵심기술로는 차량동력전달계의 동적특성해석을 통한 조립체 집적화(Compact Integration) 설계기술이 필요하다. 또한 핵심부품인 유압동력 전달장치의 가변용량형 펌프 및 고정용량형 모터, 유압 Control Valve, 전자유압식 Regulator 그리고 기계동력 전달장치의 복합유성기어(Coupled Planetary Gear Train), Clutch, Break 등의 고압화(High Pressure) 및 고속화(High Rotation) 설계기술과 저소음화 기술이 필수적이다. 고응답성을 갖는 전자·유압식제어를 위한 Mechatronics화 기술과 제품의 내구성 및 신뢰도 향상을 위하여 필수적인 종합성능시험, 내구성시험, 내환경성시험, 및 실차성능시험을 위한 시험 및 평가기술이 요구되어진다.

그러나 국내의 동 기술과 관련된 산·학·연 주체별 기술저변은, 선진국과 비교할 수 없을 만큼 취약함은 물론이고, 관련연구분야의 인력과 시설도 현저히 낮으며, 투자비용도 또한 상대적으로 미미한 상태이다. 따라서, HST 관련기술을 선진국수준에 근접하도록 발전시키기 위하여 기초 및 기반기술에 해당하는 유압 및 Gear류 부품의 설계 및 제작기술과 종합성능 및 내구성 평가기술에 집중적으로 투자하여 육성시키는 방향의 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Hydrostatic Drives "Orshansky HMT-1 Transmission" 1985.

[2] 김덕윤, "유압기술 편람", 대광서림, 1986

[3] Tomas Heinlein, "Transmission aims for simplicity", OEM Industry 44-46, 1995.

[4] 송창섭, 강서익, "무단변속용 정유압기계식 변속기 탑재 구동계의 성능향상", 한국정밀공학회지 제12권 제7호 131-137, 1995.

[5] S. Hirano, A. L. Miller, "SCVT-A State of the Art Electronically Controlled Continuously Variable Transmission" SAE 910410, 1993.

[6] Steyr 기술보고서, "S-matic Power Split Drive", 1995.

[7] Lockheed Martin 기술보고서, "Continuously Variable Transmission TorqueMaster™ CVT", 1996.

[8] GE 기술보고서, "Technical Briefing GE HMPT-500-3 Transmission", 1993.

[9] SESM 기술보고서, "Main Battle Tank ESM500 Transmission", 1991.

[10] 일본 건설기계제조업 협회(CEMA) 회보, 1998. 9.