

# 저공해 천연가스 엔진기술



김 영 민

(KIMM 열유체환경연구부)

- '90 - '94 한국과학기술원 기계공학과(학사)
- '94 - '96 한국과학기술원 기계공학과(석사)
- '96 - 현재 한국기계연구원 연구원



이 장 희

(KIMM 열유체환경연구부)

- '76 - '80 한국항공대학교 항공기계공학과(학사)
- '80 - '82 한국과학기술원 항공공학과(석사)
- '92 - 현재 한국과학기술원 기계공학과(박사과정)
- '82 - 현재 한국기계연구원 선임연구원

## 1. 머리말

전 세계적으로 급속한 차량의 증가로 인하여 자동차 배출오염물질이 증가하면서 차량에 대한 배기규제가 점차 엄격해지는 가운데 이전까지는 대체연료로서 사용되어온 천연가스가 1990년대에 와서는 저공해연료로서 새롭게 부각되면서 세계각국에서 경쟁적으로 개발이 이루어져 이미 주요선진국을 중심으로 약 120만대이상의 차량이 개조되어 운행중에 있다. 또한 연료자체의 탄소성분이 적어 지구온난화 문제해결을 위한 CO<sub>2</sub> 총량규제에 적합한 저공해 연료로서 선진 각국에서는 이의 보급을 적극 추진하고 있으며 적용분야도 차량뿐만 아니라 열병합발전이라든지 가스냉난방의 용도로 더욱 적용 분야를 확대해 가고 있다.

또한 국내에서도 대도시에서의 경유자동차에 의한 대기오염 문제의 해결을 위해 천연가스 시내버스 차량을 적극 보급하기 위해 천연가스 시내버스 차량이 개발완료되어 충전소의 설치와 함께 본격적인 보급을 준비중에 있다. 또한 국내에서도 전 세계적인 흐름에 따라 에너지저감과 환경보호측면에서 천연가스를 이용한 열병합발전과 가스냉난방의 보급의 필요성이 점점 대두되고 있다.

본 소고에서는 천연가스의 연료적 특성과 국내외적으로 현재까지 진행되어온 천연가스 엔진의 기술에 대해 각 시스템별 기술적인 특징을 분석정리하고, 선진국을 중심으로 확대되어가고 있는 천연가스엔진의 적용분야에 대해 알아봄으로써 현재 보급초기 단계에 있는 천연가스엔진

의 기술개발 방향을 제시하고자 한다.

## 2. 천연가스 연료의 특성

산지에 따라 연료성분은 약간의 차이는 있지만 메탄을 주성분으로 지하에서 추출되는 가스를 천연가스(natural gas)라고 하며 전세계 매장량은  $120조m^3$ 로 추정되고 있다.

천연가스의 연료적 특성은 주성분인 메탄의 연료적 특성에 따르며 탄소성분이 작아  $CO_2$ 의 배출이 적으므로 지구온난화 방지책의 하나로도 사용될 수 있는 대표적인 대체연료중 하나로서 단위 발열량당 이산화탄소 배출량이 가솔린 대비 22% 감소된다.

일반적으로 천연가스의 비중은 공기보다 낮아 대기로의 확산이 쉽고, 자발화 온도가 높아 차량 충돌시의 안전성은 LPG나 가솔린에 비해 비교적 높은 것으로 평가되고 있으며 연소범위가 넓어 희박연소가 가능하다. 그러나 가솔린에 비해 자발화온도가 높아 높은 점화 에너지를 필요로 하며, 연소 속도가 느리므로 점화시기를 진각시키거나 급속연소방식이 채택되어야 한다. 뿐만 아니라 단위 질량당 발열량은 높으나 단위 체적당 에너지 밀도가 낮아 연료통의 부피와 무게가 증가하는 단점이 있으나 기체연료사용에 의한 연료계통의 잔유물이 남지 않아 엔진의 내구성이 향상되는 장점과 냉시동성의 개선에 의한 배기가스저감과 더불어 전소엔진의 경우에는 높은 옥탄가에 의해 압축비 상승이 가능하므로 출력의 향상을 꾀할 수 있다.

## 3. 천연가스 엔진의 연구개발동향

### 3.1 연료의 저장방식 (LNG/CNG)

현재의 천연가스 엔진기술에서는 액화천연가스(LNG)를 사용할 때에도 연료를 기체상태로 기화하여 공급하기 때문에 압축천연가스(CNG)

를 사용할 때와 동일한 엔진 연소시스템으로 운전된다. 지금까지는 천연가스가 차량용 엔진에 사용될 때 일반적으로 압축천연가스(CNG)로 사용되고 있으나, 기체상태로는 200bar정도까지 압축을 하여 저장하더라도 연료저장능력이 액체연료(가솔린, 디젤, LPG)에 비해 떨어지기 때문에 1회충전당 주행거리가 짧아 천연가스를  $-162^\circ C$ 로 냉각하여 액화시킨 액화천연가스(LNG)를 극저온 단열용기에 저장하는 방식이 개발되고 있다. 지금까지는 LNG 단열용기의 개발, LNG 충전기술이 미진하였으나 최근 들어 기술적인 많은 발전에 의해 점차 비중이 늘고 있으며 미국과 유럽, 일본 등에서 시험운행이 활발하며 실용화 초기단계에 있다고 할 수 있다.

천연가스연료를 LNG상태로 저장하여 사용할 경우 발생하는 가장 큰 문제점이 LNG 단열용기에 전달되는 외부열원에 의해 LNG 성분중 비점이 낮은 메탄성분이 먼저 증발하여 증발가스(BOG : Boiled off Gas)가 발생되며, 이 증발가스에 의한 용기내 압력 상승을 방지하기 위하여 증발가스를 엔진에 우선적으로 공급하거나 대기중으로 방출하기 때문에 시간이 경과함에 따라 용기 내의 LNG 성분중 메탄이 감소하고 고비점의 연료성분(프로판, 부탄, 에탄)이 증가하는 Weathering 현상이 발생하여 엔진 Knock이나 Detonation이 발생하는 문제점이 있다.

또한 CNG의 경우도, 미국과 같이 영토가 넓은 지역에서는 Pipeline을 통해 연료를 공급할 때 성분의 비중차이에 의한 전달속도의 차이로 충전소의 위치, 형태, 년수, 배관망 전체의 사용량에 따라 충전소에서 연료성분의 변화를 보이며 이를 예측하기는 매우 힘들다고 보고되고 있다. 이러한 LNG Weathering이나 Pipeline을 통한 연료공급에 의한 천연가스 연료 성분 변화에 대한 대책으로 고려되고 있는 것이 천연가스를 충전소에서 액화과정과 증류과정을 거쳐 메탄 순도가 높은 LNG 상태로 사용하거나 이를 가압하여 기화하는 LCNG로 사용하는 방안이 제안되고 있다.

3.2 천연가스 엔진의 적용방식

3.2.1 LD(Light Duty) NGV 엔진

차량 총중량이 3,850kg이하인 LD차량 엔진의 경우, 디젤엔진은 연비가 좋고 연료가격이 낮기 때문에 NGV로의 전환의 잇점이 별로 없어 대부분의 LD NGV차량은 기존 가솔린차량을 개조(retrofit)한 경우라고 할 수 있다. 그 중에서도 특히 CNG-가솔린 겸용(bi-fuel) 방식은 기존 가솔린 연료공급라인에 추가로 믹서 또는 가스 인젝터, 압력조정기 등 전환키트와 압축천연가스 저장용기 등 천연가스 연료 공급장치를 추가로 설치하여 필요에 따라 한가지 연료를 선택하여 운행이 가능하기 때문에 충전설비가 널리 보급되지 않은 현재에는 가장 널리 보급되어 있는 시스템이다. 단점으로는 기존 가솔린엔진에 CNG 공급장치가 추가되기 때문에 비용 증가가 크며, 대부분 사용차량의 개조(retrofit)에 적용됨으로써 압축비 등 엔진 연소실의 최적화가 용이하지 않아 CNG모드에서 약 10%~20%정도 출력이 저하되며 압축용기 탑재 등에 의한 차량의 적재 공간 감소와 차량의 무게가 증가하게 되며 CNG 전소시스템에 비해 배기저감효과가 적다는 것이다. CNG 충전소가 충분하지 못한 초기 보급시 유리한 방식으로 현재 선진국에서도 많이 사용되고 있으며, 우리나라에서도 시내버스가 아닌 LD차량에 적용될 때 bi-fuel 방식으로 보급될 것으로 예상된다. 그림 1과 그림 2는 본 연구원에서 1996년 기아의 스포티지 차량을 개조하여

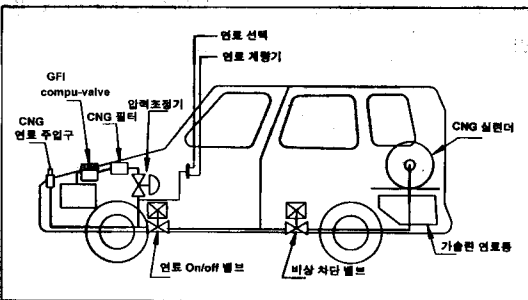


그림 1. 병용방식의 차량시스템 구성도(KIMM)

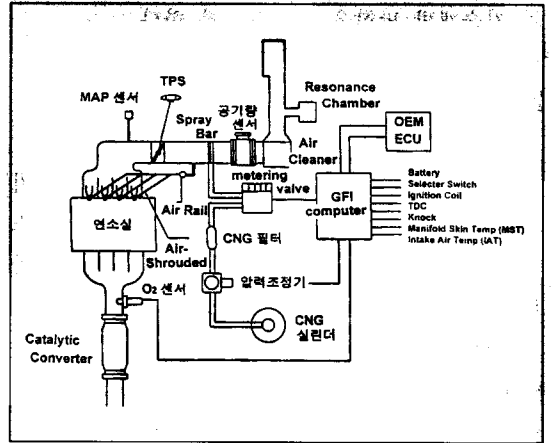


그림 2. 병용방식의 엔진시스템 구성도(KIMM)

개발된 병용방식의 천연가스 차량 및 엔진의 시스템 구성을 나타내고 있다.

현재까지는 NGV차량의 수요가 많지 않기 때문에 주로 Aftermarket에서 가솔린 차량을 NGV차량으로 개조함으로써 보급되어 왔으나 점차 NGV차량의 증가와 충전소의 보급과 함께 자동차회사에서도 독자적인 모델로 CNG-가솔린 겸용(bi-fuel) 차량과 CNG 전소(dedicated) 차량이 개발되어 보급되고 있다. 자동차회사에서 개발된 Bi-Fuel 차량의 경우 가솔린 연료탱크의 부피를 줄이고 CNG 연료탱크를 적절하게 탑재할 수 있도록 차량구조를 변경하여 Bi-Fuel 차량으로 개조시 발생하는 적재 공간 감소를 극복할 수 있으며, 전소 차량의 경우는 천연가스의 연소에 적합하도록 압축비를 증가시켜 엔진의 출력과 열효율을 향상시킬 수 있다.

초기의 천연가스차량에서는 그림 3과 같이 흡입공기량에 비해하여 발생하는 벤츨리부의 부압에 의해 자연흡입되는 믹서시스템이 시스템구성이 간단하여 비용이 비싸지 않아 많이 사용되어 왔으나 벤츨리부에 의한 출력저감과 가속속 느린 응답속도 및 정확한 공연비제어의 어려움으로 점차 그림 4와 같이 연료공급이 연소실과 가깝도록 기통별로 연료를 공급하는 MPI 인젝션방식의 비율이 증가하고 있다.

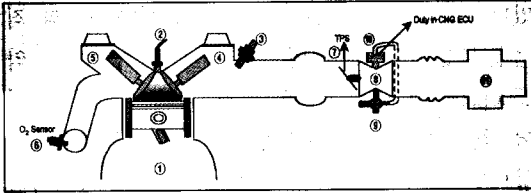


그림 3. 믹서타입의 CNG 연료공급장치

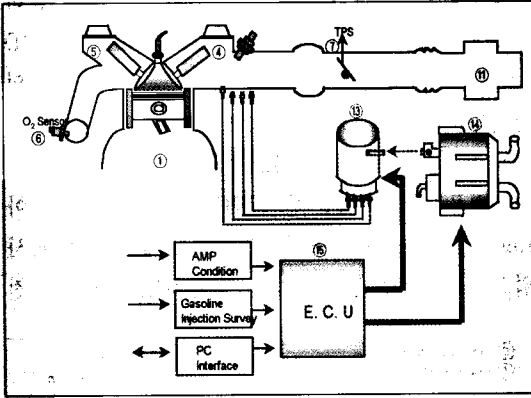


그림 4. MPI방식의 CNG 연료공급장치

3.2.2 HD(Heavy Duty) NGV 엔진

차량 총중량이 3,850kg이상인 HD엔진의 경우, 현재까지는 거의 대부분의 차량이 경유차량이며 여기에서 발생되는 NOx와 PM이 주요한 대기오염의 원인으로 인식되면서 전세계적으로 대형경유차를 저공해차량으로 전환하기 위한 노력이 진행되고 있으며 대형 천연가스차량보급은 이러한 맥락에서 이루어지고 있다고 할 수 있다.

대형경유차량의 경우, 기존의 디젤 엔진의 연료 분사계를 제거하고 분사 노즐 설치부에 점화플러그를 설치하여 오토사이클화하는 전소(Dedicated) 엔진방식과 기존의 디젤엔진에다 천연가스 연료공급장치를 추가 설치하여 필요에 따라 경유 또는 경유+천연가스(혼소 모드)로 운행이 가능한 시스템인 혼소(Dual Fuel) 엔진방식이 있다. 전소엔진의 경우는 그림 5와 같이 점화플러그설치를 위해 실린더헤드를 변경할 뿐만 아니라 압축비 감소를 위해 피스톤의 형상을 변경하여야 하며 쓰로틀의 설치 등 많은 개조작업이 뒤따르지만 배기저감효과에 있어서는 혼소엔

진에 비해 뛰어난 것으로 보고되고 있다. 그림 6은 대표적인 전소시스템으로써 대우중공업에서 개발된 시내버스 엔진용 전소엔진의 시스템구성을 나타내고 있다. 혼소엔진의 경우는 흡기관에서 믹서나 가스인젝터로 연료를 공급, 혼합기를 형성하여 실린더내로 흡입하고 압축 말기에 고압의 경유를 pilot injection하여 경유의 압축착화에 점화가 일어나도록 하고 있으며 기존 엔진의 개조가 적어 기존 차량에 대한 개조가 쉬울 뿐만 아니라 출력저하도 없는 것이 장점이다. 또한 디젤 연료에 의한 고에너지의 다점점화(multipoint ignition)에 의해 전소엔진에 비해 가연한계가 매우 넓고 연소속도가 빨라 기존 디젤엔진과 같은 고압축비에서도 Knock이 발생되지 않기 때문에 기존 디젤엔진의 압축비 변경없이 개조가 가능하다. 단점으로는 병용방식과 마찬가지로 부가적인 천연가스 공급장치가 설치되므로 차량의 적재공간 감소와 무게 증가, 초기 설치비의 증가 등이 있으며, 혼소 모드에서는 두 가지 연료를 동시에 제어해야 하는 등 시스템이 복잡해진다.

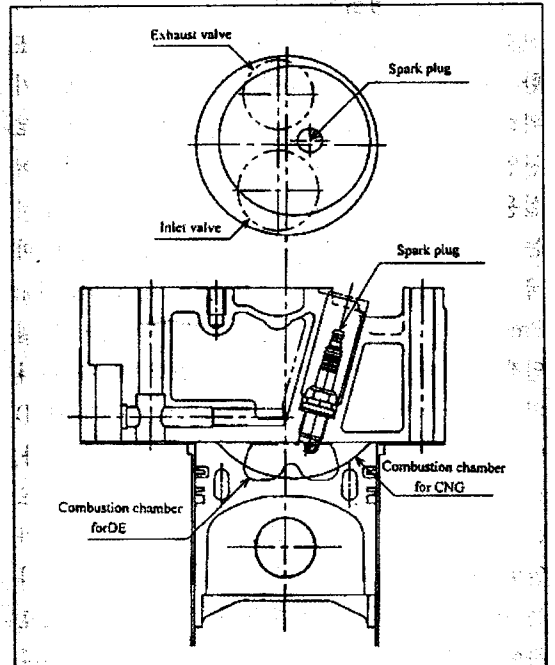


그림 5. CNG 전소를 위한 연소실 변경

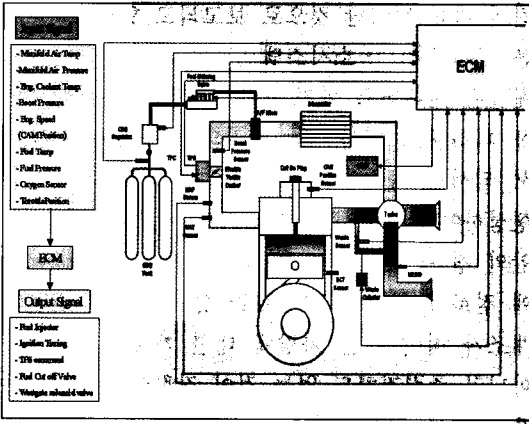


그림 6. 시내버스용 CNG 전소엔진 구성도 (대우중공업)

현재까지의 대부분의 혼소방식은 그림 7과 같이 천연가스-공기 혼합기를 믹서나 가스인젝터로 연료를 공급하는 예혼합 혼소방식이 사용되고 있으나 저부하 영역에서 과도하게 희박해지기 때문에 천연가스-공기 혼합기의 불완전연소에 의한 열효율 및 경유대체를 감소와 미연소 탄화수소의 증가가 문제가 되고 있으며, 이를 해결하기 위한 방법으로서 EGR, 디젤분사시의 진각, 흡기 공기 Throttling이 고려되고 있다. 또한 이러한 예혼합 혼소방식의 단점을 극복하기 위해서 압축말기에 가스인젝터에 의해 연소실로 천연가스를 직접분사하는 혼소방식이 개발되어 실용화 초기단계에 있다. 대표적인 시스템으로서 별도의 가스인젝터를 연소실내에 설치한 미국 SWRI의 LaCHIP(Late Cycle High Injection Pressure) System과 그림 8과 같이 기존의 디젤 인젝터를 개량하여 디젤연료와 천연가스를 하나의 인젝터로 분사하는 캐나다 Westport의 HPD (High Pressure Direct) Injection System이 있다. Westport사의 HPD Injection 시스템은 디젤연료를 먼저 pilot injection하고 점화직연후 연소가 일어날 때 천연가스를 분사하여 연소가 일어나는 방식이며 다른 천연가스 엔진과는 달리 오토 사이클이 아닌 디젤사이클을 유지함으로써 디젤 엔진의 높은 압축비와 좋은 연비를 유지할 수

있다. 그림 9에서 보는 바와 같이 천연가스의 직접분사를 위해 천연가스의 연료압력을 약 4500psi로 가압할 수 있는 compressor가 추가되어 있으며 연료를 사용함에 따라 연료탱크내의 압력이 약 300psi로 감소하여도 승압이 가능하다고 한다. 또한 LNG연료 공급시 가압을 위한 펌프도 개발되어 CNG/LNG 모두 사용이 가능하도록 되어있다. Westport사(캐나다)의 HPD Injection 시스템은 전자식 디젤엔진에서 엔진의 변경없이 기존 인젝터만 HPD 인젝터로 교체함으로써 천연가스엔진으로 전환이 가능하고 연비가 좋은 장점 때문에 NRC등의 자금을 받아 1996년부터 1998년까지 Phase I, II, III 3단계사업으로 시스템 검증작업을 수행하였으며 시운전

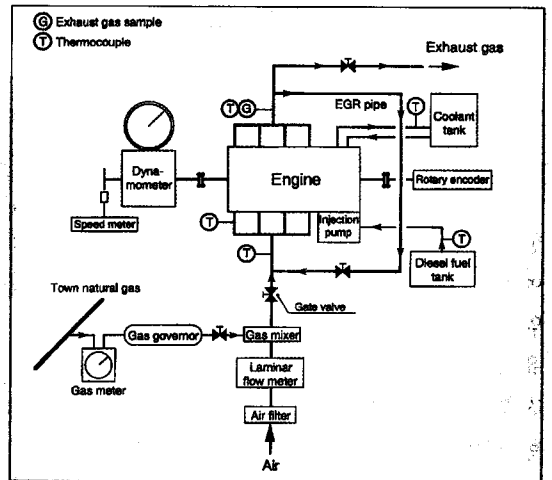


그림 7. 예혼합 방식의 혼소시스템 구성도

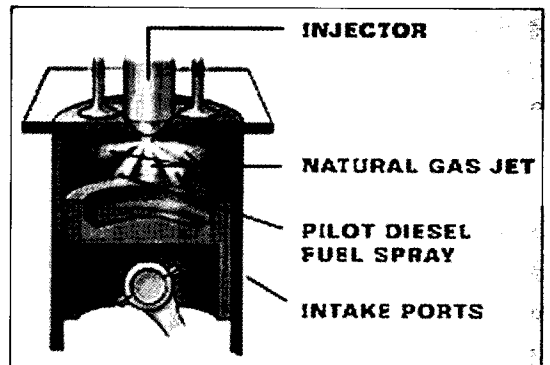


그림 8. HPD Injection 혼소 시스템(Westport)

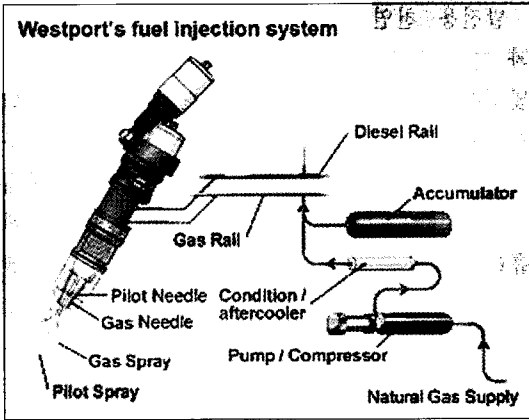


그림 9. HPD Injection 시스템 구성도(Westport)

결과 연비와 배기가스측면에서 유리하다고 보고 되고 있으며 현재에는 자동차회사와 OEM으로 개발하는 프로젝트를 수행하고 있다.

#### 4. 저공해 천연가스 엔진의 적용분야

##### 4.1 천연가스 자동차(NGV) 엔진

전세계적으로 천연가스는 매장량이 풍부하고 연료의 청정성으로 저공해 자동차 연료로서 가장 주목받고 있다. 우리나라의 경우도 대도시의 자동차에 의한 대기오염 비중이 계속 증가하고 있으며, 특히 서울의 경우는 이미 85% 이상을 상회하고 있다. 이중에서도 시내버스와 같은 대형 경유자동차가 대수에서는 6%이내이면서 오염기여도는 자동차 전체 배출량의 NOx 74%, PM 76% 이상을 차지하고 있어 시내버스의 저공해화가 정부 정책으로 강력하게 추진되고 있다. 신규로 제작되는 시내버스를 천연가스 자동차(NGV)로 대체하는 계획이 수립되어, 시범단계를 거쳐서 이제는 본격적인 보급단계에 있다. 특히 2002년에 개최되는 월드컵행사까지 9개 대도시에 NGV 시내버스 5,000대를 공급하고 2007년까지 20,000대를 추가 보급하겠다는 정부의 기본 방침이 확정되어 있는 단계이다.

이를 위해 국내의 대우중공업과 현대자동차에

서는 전소방식의 시내버스차량을 개발하여 양산할 수 있는 준비가 완료되어 있는 상태이다. 천연가스 자동차의 보급을 위해서는 차량개발 뿐만 아니라 충전소의 설치문제, 천연가스 공급 및 가격정책, 버스운수회사의 참여 등의 경제성 확보의 기본 틀에서 운영되어야 하기 때문에, 이들 제반 사업들이 정부의 적절한 지원정책과 함께 조화를 이루어야만 NGV 보급사업의 성패를 판가름하게 된다.

현재는 시내버스용 천연가스 엔진의 연료공급 시스템 및 엔진제어시스템이 전적으로 해외의존적이기 때문에 차량가격의 경제성이 떨어져 정부의 상당한 지원책이 요구되고 있으나 앞으로의 원활한 보급을 위해서는 주요부품의 국산화를 앞당겨 국내 저공해 연료 자동차의 기술력을 확보하고 경제성을 확보하는 것이 절실하다고 할 수 있다.

##### 4.2 열병합 발전용 천연가스 엔진

열병합 발전이란 엔진이나 터빈을 구동시켜, 발전기를 돌려 전기를 생산함과 동시에, 폐열(엔진냉각수, 배기가스)을 회수하여 공장의 열수요 또는 사무실빌딩의 냉난방, 급탕에 이용하는 시스템이다.

열병합발전은 일반상용 전력과 보일러인 종래의 시스템에 비해 에너지 이용효율이 높고 환경보호측면에서 선진국에서는 이미 널리 보급되어 있으며 더욱 더 비율을 높여가고 있다.

종래의 발전효율은 30%전후로써 나머지는 폐열로 손실되게 되며 송배전에 의한 전력 손실이 발생되나 열병합 발전은 열수요와 전력 수요가 적절히 조합되면 70%~80%의 종합효율을 얻을 수 있어 종래시스템에 비해 2배정도 에너지가 절약된다고 할 수 있다.

또한 일반상용 전력과 보일러인 종래의 시스템에 비해 CO<sub>2</sub> 배출이 20% 저감되어 환경보호 관점에서도 적극적으로 도입되고 있다고 할 수

있다. 또한 변동하는 전력 및 열수요의 피크시에 가동하여 하절기 또는 주간의 전력부하 평준화에 기여하며, 하절기 가스설비 가동율을 향상시켜, 전기와 가스의 협조를 도모할 수 있다. 발전용량이 매우 큰 산업용 대규모 열병합발전인 경우는 가스터빈을 많이 사용하고 있으나 발전용량이 크지 않은 민생용인 경우는 가스엔진에 의한 열병합발전이 많이 사용되고 있다.

미국, 유럽은 일관되게 열병합발전의 촉진책을 추진하여 왔으며, 덴마크, 핀란드, 네덜란드 등은 겨울이 긴 지역적 특성과 함께 에너지 절약과 환경보호관점에서 적극적으로 도입하여 열병합발전이 전체발전량의 30%~40%를 차지하고 있다.

일본에서는 열병합발전의 본격 보급을 위하여 최근 97년 신에너지법에 의해 신에너지의 하나로써 천연가스 열병합발전이 부각되었으며 정부에서는 우대세제, 융자제도, 보조금 등에 의한 지원과 기술개발을 위한 지원을 병행하고 있다. 또한 전력관계 규제의 완화와 도매전기사업에의 사업자자유화, 자기탁송(전력회사의 송전선을 이용 타지점의 공장 등에 송전), 전력과 열을 공급하는 에너지서비스회사를 설립할 수 있는 특정전기사업이 가능하도록 전기사업법을 개정하였다.

열병합발전시장의 장래를 예감케 하는 커다란 움직임으로서 가정용 열병합발전을 위한 마이크로 열병합발전 시스템이 등장하였으며, 연료전지자동차의 실용화 움직임과 함께 대량생산을 통해 연료전지실용화의 최대장벽인 코스트의 벽을 깰 것이라는 기대와 함께 국외에서는 자동차산업이 열병합시장에 참여한다는 발표를 하였다.

일본의 혼다기연공업에서는 '97년 3월 가스엔진을 이용한 에너지 이용효율 80%의 가정용 열병합 발전시스템을 개발하여 장래를 겨냥한 시장참여를 표명하였으며, 선진지역 및 유럽에서도 일본에서 점차적으로 관심이 높아지고 있는 가정용 열병합발전이 실증설비 운전이 개시되는 등, 각국 모두 열병합발전을 차기의 커다란 목표로 하여 기술개발경쟁이 점차 확대되고 있다.

발전용 천연가스엔진이 차량용 천연가스엔진과 다른 점은 발전용 엔진에서는 엔진의 안전성 및 내구성을 고려하여 최대 출력의 80%이하의 영역에서 사용되기 때문에 최대출력이 크게 문제가 되지 않고 또한 연료가 파이프라인을 통해 공급되기 때문에 연료공급압이 낮아 대부분 벤츨리부의 부압에 의해 자연흡입되는 믹서시스템이 사용되고 있다.

또한 발전용 천연가스 엔진제어에 있어서는 부하의 변동에 관계없이 항상 일정한 엔진회전수를 유지하면서 운전되기 때문에 차량용 천연가스엔진에 비해 시스템 및 제어가 비교적 쉽고 할 수 있으나 발전기에 연동되어 운행되는 여러 가지 기기를 고려할 때 연료공급시스템과 엔진회전수를 일정하게 유지하는 거버너(Governor) 제어의 정밀도와 신뢰성은 매우 뛰어나야 한다고 할 수 있다.

국내에서도 현재 대우중공업이 발전용으로 8리터급 천연가스 엔진을 개발하여 미국에 수출하고 있으며 발전용량을 다양화하기 위한 엔진개발이 진행중에 있다. 그러나 아직까지는 발전용 천연가스엔진에서도 차량용 천연가스엔진과 마찬가지로 연료공급시스템 및 제어시스템을 수입하고 있으며 앞으로 국내 보급을 위해서는 국산화를 서둘러야 할 것으로 생각된다. 본 연구원에서는 2000년부터 대우중공업의 위탁과제로 열병합발전용 천연가스엔진의 엔진제어시스템을 개발하고 있다.

#### 4.3 가스히트펌프(GHP) 엔진

히트펌프는 효율이 좋고 CO<sub>2</sub> 감소효과가 크며, 한가지 기기로 냉난방 및 온수생산, 산업분야 등에서 다목적으로 사용가능하여 선진국들은 IEA(International Energy Agency)의 Heat Pump Centre(HPC)라는 기구를 통하여 공동연구개발 및 상호 정보교환을 하고 있다. 히트펌프에는 압축식과 흡수식이 있으며, 흡수제를 이용

하여 냉매의 기화열을 냉난방에 활용하는 흡수식 히트펌프와 압축기를 구동하는 압축식 히트펌프가 있으며 압축식 히트펌프에는 압축기를 구동시키는 동력원으로 전기모터를 사용하는 전기구동식과 엔진구동식이 있다. 그림 10은 엔진구동식 열펌프의 시스템 구성을 나타낸 것으로써 일정속도, 공기열원 전기구동식인 기존의 열펌프에 비해 변속용량조절, 엔진열회수(엔진냉각수와 배기가스 열이용)라는 뛰어난 장점을 가지고 있어 고효율, 안전성 그리고 운전비용의 절감을 이룰 수 있다.

일본에서는 1981년부터 3개의 가스회사와 5개의 엔진회사 및 7개의 전장회사가 규합하여 연구를 수행하여 상품화에 성공하여 1987년부터 상업용으로 판매되기 시작하여 연간 판매량이 약 30,000대 이상으로 꾸준히 증가하였다. 현재 3, 5, 7.5, 15마력급의 다양한 제품을 생산하고 있으며 4개의 회사가 시장을 점유하고 있다. 용도는 학교, 사무실 그리고 소매상점같은 소형의 상업용 열펌프가 주를 이루며 하나의 실내 유닛이 서로 독립적으로 조절되는 다수의 실내 유닛을 가진 다수-분할 시스템이 있다. 일본에서 엔진구동 열펌프가 급증하게 된 것은 제작회사, 천연가스 공급회사, 세제혜택 등과 더불어 MITI (Ministry of Industry and Trade Institute)의 강력한 후원을 받아서 이루어졌다고 할 수 있다.

미국에서는 가스엔진구동 열펌프가 1994년 7월경 처음 소개되어 오늘날 상업용으로 이용되고 있으나 제품에서는 가스연구소의 지원으로 개발되었으며 처음에는 가스업자들의 컨소시엄을 통해 이루어졌다.

국내에서도 가스냉방 보급확대를 위해서는 현재 적용중인 50대의 1.5RT 가스냉방기 시범 보급에 이어 3RT 가정용 가스냉방기 50대를 추가로 시범 보급할 계획이며 또한 창원기화기, 대우 ENG, 연구개발원이 공동으로 GHP제어 시스템과 2차 시제품을 제작하는 등 난방 중대형 GHP를 상용화 개발해 향후 일본업체와의 기술 제휴

가능성을 검토할 계획으로 있다.

GHP의 보급확대를 위해서는 시내버스용과 열병합 발전용 천연가스엔진과 마찬가지로 연료공급시스템 및 GHP 엔진제어시스템의 국산화가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

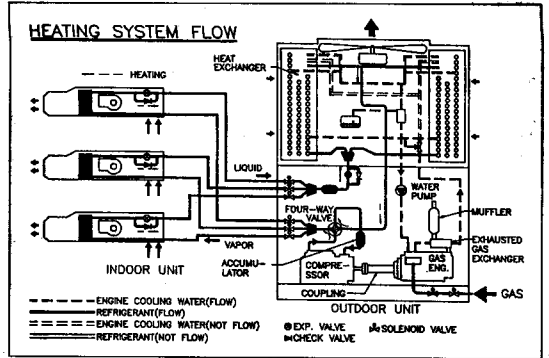


그림 10. 가스엔진구동 히트펌프(GHP)의 시스템 구성도

## 5. 결론

전세계적으로 자동차의 배기가스 규제가 점점 더 엄격해지는 가운데 천연가스차량은 더욱 더 널리 보급될 전망이다. 현재에는 CNG보급망의 부족으로 천연가스 겸용(bi-fuel 또는 dual fuel) 엔진의 사용이 보급되고 있으나, 점차 대기오염 개선효과를 극대화하기 위해서 전소엔진의 비중이 높아지고 있다. 차량용 연료공급방식은 LD차량의 경우 시스템구성이 간단한 믹서시스템에서 엔진성능 뿐만 아니라 공연비제어가 보다 정밀하여 배기가스저감이 탁월한 인젝션방식으로 전환되고 있으며, HD차량의 경우는 믹서시스템에서 인젝션방식 뿐만아니라 이전의 여러가지 문제점을 해결한 우수한 성능의 혼소방식이 개발되고 있으며 특히 실린더내 직접분사에 의한 확산연소에 의한 새로운 연소시스템은 엔진성능뿐만 아니라 배기저감에 있어서도 우수하다고 보고되고 있다. 또한 차량에 연료저장방식으로 현재까지는 기술적인 어려움으로 인하여 전세계적으로 CNG 차량이 주로 보급되어 주행거리가 문



제점이 되어 왔으나 현재는 어느정도 기술적인 어려움이 해결된 LNG차량의 보급이 미국을 중심으로 확산되는 추세이다. 국내에서도 천연가스가 액체상태로 도입된다는 사실을 고려하면 국내에서도 이에 대한 관심을 가져야 할 것으로 사료된다.

또한 천연가스차량과 더불어 전세계적으로 증가하고 있는 열병합 발전 시스템의 경우 엔진, 발전기, 열교환기, 머플러, 제어장치를 소형 팩키지화하여 업무용 또는 공업용의 간단한 열병합 발전시스템을 개발하여 보급하고 있으며 고효율의 가정용 엔진구동 마이크로 열병합발전시스템까지 개발되어 에너지 절약과 환경보호관점에서 적극적으로 도입될 전망이다.

또한 일본과 기후가 비슷한 우리나라에서도, 일본에서 일반화되어 사용되고 있으며 에너지 효율이 높을 뿐만아니라 하절기 전력부하 감소와 가스와의 전력의 균형있는 소비를 이룰 수 있는 가스엔진구동 히트펌프(GHP)도 개발되어 널리 보급될 것으로 사료된다.

국내의 이러한 저공해 천연가스엔진을 활용한 여러 적용분야에서 엔진을 연구개발하는 사람들의 몫은 엔진성능 향상과 핵심부품과 제어시스템의 국산화라고 할 수 있다.

국내에서 본격적으로 보급될 시내버스용 천연가스 엔진에 적용되는 연료공급시스템 및 엔진 제어시스템은 현재 전적으로 해외의존적이기 때문에 경제성측면에서 앞으로의 원활한 보급을 위해서는 주요부품의 국산화가 절실하며 또한 천연가스의 보급 및 확대를 위해 천연가스차량용 엔진과 더불어 주목받고 있는 천연가스 열병합 발전용과 가스히트펌프(GHP)의 경우 차량용 엔진과는 달리 저압의 연료를 공급할 수 있는 믹서시스템이 사용되고 있기 때문에 천연가스 엔진용 믹서시스템의 국산화도 동시에 진행되어야 할 것으로 생각되며 발전용 엔진제어시스템과 GHP엔진제어시스템도 국산화되어야 할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] IANGV Proceedings, "NGVs Becoming a Global Reality", 1998.
- [2] 이장희 외, "CNG 엔진 급속희박연소시스템 개발", KIMM 보고서, 1996
- [3] KANGV, "천연가스 자동차 보급을 위한 외국의 실태조사 및 대책에 관한 보고서", 1999. 5.
- [4] 환경부, "자동차공해저감을 위한 CNG차 보급활성화 Workshop", 1995. 12.
- [5] 정용일, 자동차와 환경(자동차환경공학 특론), 1998.
- [6] Yashiro Daisho, Toru Yaeo, Takeshi Saito, and Ryoji Kihara, "Combustion and Exhaust Emissions in a Direct-Injection Diesel Engine Dual-Fueled with Natural Gas.
- [7] Yuji Yamamoto and Katsuhiko Sato, "Study of Combustion Characteristics of Compressed Natural Gas as Automotive Fuel", SAE 940761, 1994.
- [8] Mitsunori Ishii, Shizno Ishizawa, Fiji Inada, "Experimental Studies on a Natural Gas Vehicle", SAE 942005, 1994.
- [9] Jerry L. Gibbs, Richard L. bechtold and Charles E. Collison, "The Effect of LNG Weathering on Fuel Composition and Vehicle Management Techniques", SAE952607, 1995.
- [10] Internet 자료, "http://www.iangv.org.nz/", IANGV Position Paper, 1997.
- [11] Internet 자료, "http://www.westport.com/", 2000.
- [12] Internet 자료, "http://www.etis.net/", 일본의 도시가스, 석유, LPG 열병합발전 현황", ETIS 기술분석지, 1998. 6.
- [13] Internet 자료, "http://www.etis.net/", 국제너레이션의 도입현황과 금후의 전망",

ETIS 기술분석지, 1999. 3.

[14] Internet 자료, "<http://www.etis.net/>, 히트 펌프 기술 및 연구개발 현황", ETIS 기술 분석지, 1998. 6.

[15] Internet 자료, "<http://www.etis.net/>, 단위 구동엔진 열펌프의 개요 및 최근 동향", ETIS 기술분석지, 1997. 6.