

자동차용 기관의 레이아웃(II)

A Layout of Automotive Engines

李 成 烈*
Songyol Lee

7. 연료비의 저감

연료비의 저감을 위해 필요한 요소를 생각하면 그림 4와 같이 표시된다. 연료의 비용은 자동차를 사용할 때의 경상비 중 가장 큰 부분을 차지하므로 이 비용을 적게하는 것은 실용상 매우 중요한 일이다.

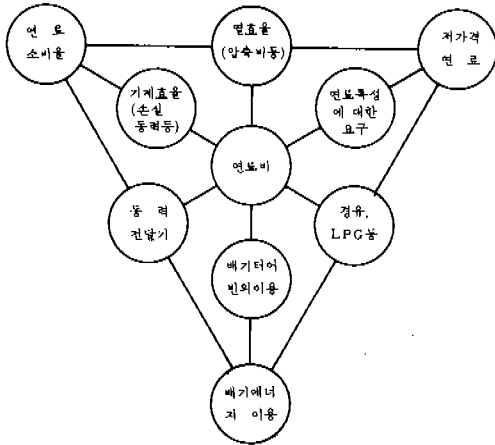


그림 4. 연료비의 감소

그림 4에 표시하는 바와같이 연료비를 저감시키는 데 있어서는 다음과 같은 것이 그 기둥이 될 것이다.

- (1) 엔진의 연료소비율을 저감시킬 것.
- (2) 저가격 연료를 사용할 것.
- (3) 배기에너지의 이용

이상과 같은 세가지가 연료비 저감의 핵심이 되는 것이다.

자동차로서의 연료소비율은 동력전달기의 특성이나 제원이 중요한 역할을 하며, 엔진의 연료소비율에 대해서는 엔진의 마찰손실이나 보조기계 구동에 소비되는 손실동력의 대소가 크게 영향을 준다. 또한, 연소효율과 사이클 효율을 지배하는 연소실의 설계와 압축비의 값도 중요하다.

그리고 이것은 엔진의 요구 옥탄가를 결정하게 되며 이것은 또한 연료가격에 영향을 주게 된다. 또한, 가솔린 이외의 연료를 사용하는 기관, 예를 들어 디젤, LPG 등의 연료를 사용하면 연료비가 싸고, 자동차의 주행거리 1km에 대한 운행비용이 싸게 된다.

그리고 이와같은 연료가 자동차용의 가솔린에 비하여 싼 것은 세금때문이며 세재를 바꾸면 연료의 수요는 곧 영향을 받을 것이다.

현재는 세제의 정책에 의하여 정유, LPG 등이 안가하게 공급되고 있기 때문에 이것을 연료로 하는 자동차용 기관은 그 성능이나 제조원가 등의 점에서 문제가 있더라도 어느 분야에서는 가솔린을 연료로 하는 기관에 비하여 유리한 입장에 있다고 할 수 있다.

즉, 가솔린 기관에 비하여 자동차용 원동기로서는 따를 수 없는 디젤 기관이 많은 곤란한 연구를 해 가면서 사용되고 있는 것은 연료에 관한 세제의 정책에 기인되고 있다는 점에 주목해

야 할 것이다.

그러나 이 경우, 배기 에너지의 이용을 생각할 때 배기가스 온도가 적당하다는 점에서는 디젤기관이 배기터어빈을 이용하는데 적합하다는 이점이 있다.

끝으로 동력전달기의 특성제원의 선택에 의하여 자동차의 연료소비율은 크게 좌우되는 것이며, 그림 4에 표시한 바와같이 손실동력을 적게 할 것과, 연소실의 설계와 압축비의 선택에 의하여 높은 열효율을 얻을 것, 가솔린에 대한 요구 옥탄가를 되도록 낮게 하여 비용의 절감을 기할 것, 경유, LPG 등의 저가격 연료의 사용을 기할 것, 배기터어빈의 이용 및 동력전달기의 성능이나 제원을 합리적으로 설계할 것등, 이상과 같은 것들에 의한 종합효율의 향상에 의하여 자동차의 운행에 필요한 연료비의 저감을 기해야 할 것이 중요하다.

7.1 손실동력의 문제

먼저 손실동력의 문제를 검토하는 경우, 손실동력이 어떻게 해서 발생하는가 하는 것을 명백히 할 필요가 있다. 손실동력은 대별해서 보조기계 구동에 소비되는 동력, 접촉운동 부분의 마찰손실 동력 및 흡·배기 때의 펌프손실동력의 세 가지로 된다.

구동하지 않으면 안되는 보조기계로서는 윤환유 펌프, 냉각수 펌프, 냉각 팬, 발전기, 흡·배기 밸브 개폐용의 캠 축, 냉방장치용 압축기 등이 있는데, 이들의 보조기계 구동에 요하는 동력을 되도록 적게해야 할 것을 생각하겠지만, 점차 증가했으면 했지 줄이는 것은 어려운 것이다. 이들의 일부를 배기터어빈으로 구동하는 것으로 생각할 수도 있는데, 과연 어떻게 될 것인지에 관해서는 미지이다.

다음에 접촉 운동부분의 마찰손실은 이 중에서 가장 큰 부분을 차지하고 있는 것이 피스톤의 왕복운동 부분의 마찰손실이다. 이 중에서 피스톤 링의 마찰손실은 중요한 역할을 하며, 마찰손실을 저감시키는 입장에서는 압축 링이나 오일 링의 수를 되도록 감소시켜야 되지만, 신뢰성, 내구성의 점으로부터 제약을 받게 된다. 또

한, 피스톤 스커어트 부분의 접촉면적의 크기는 손실동력에 큰 영향을 주지만, 이 면적을 적게해가면 내구성의 점에서 문제가 된다.

다음에 베어링부에 있어서의 손실동력은 축이나 베어링 케이싱의 강성이 큰 영향을 준다. 특히 다기통기관의 크랭크 축 베어링에 있어서는 각각의 크랭크에 대하여 균형 추분 붙여, 관성에 의한 하중을 적게 함으로써 손실동력을 경감시킬 수 있는 것은 잘 알려져 있다. 또한 직열형의 실린더 배열 보다는 V형 또는 수평 대향형 등의 실린더 배열로 하여 크랭크 축의 길이를 짧게 하여 베어링의 수를 적게 함으로써 손실동력을 감소시킬 수 있는 것도 알고 있다.

펌프손실은 특히 저부하일 때 문제가 된다. 가솔린 기관과 같이 드로블 밸브에 의하여 흡기관 압력을 조절하여 동력을 가감하는 형식의 것에서는 저부하일 때의 펌프손실 동력은 증가되며, 이 때문에 연료소비율은 크게 증가한다. 이것에 대하여 디젤 기관에 있어서는 연료분사량의 조절만으로 부하조절을 하고 있기 때문에 저부하에 있어서도 비교적 양호한 연료소비성능을 얻을 수 있지만 이 경우 출력의 응답특성에 결함이 있기 때문에 이 점을 개량하기 위하여 공기조속기(pneumatic governor)를 사용한 흡기밸브를 설치하는 수가 많은데, 이 경우에도 저부하에 있어서의 펌프손실의 증가는 피할 수가 없을 것이다.

이와같이 하여 손실동력을 적극적으로 감소시켜, 기계효율을 높게 할려는 노력을 하겠지만, 기관의 고속화는 이것을 저해하는 큰 요인으로 된다. 손실동력은 회전수의 2승에 거의 비례하여 증가하는 성질을 가지고 있기 때문이다.

7.2 유효 실린더 수 감소에 의한 연료소비 저감 효과

연료소비의 저감을 추구하기 위해 배기량이 적은 엔진을 탑재할 수도 있지만, 이 경우는 차량의 동력성능을 저하시키는 결점을 가져온다. 그래서 주행상태에 따라 동작 실린더 수를 감소시켜, 동력성능을 확보하면서 연료소비를 획기적으로 저감시킬 수 있는 가변 실린더 수 엔진, 즉 가변 배기량형 엔진이 최근 주목되게 되었다. 예

물 들어 4 실린더 엔진인 경우 아이들링이나 저속 주행 등, 그다지 많은 동력을 필요로 하지 않을 때는 2 실린더 만으로 가동하여 연료소비의 저감을 실현시키고, 가속이나 고속 주행 등 출력력을 필요로 할 때는 4 실린더 모두 가동하여 동력성능을 확보하는 것이다.

이와같은 가변 배기량 엔진(Variable displacement engine : VDE)은 GM사나 Mitsubishi 사의 일부 자동차에 이미 실현시키고 있으며, 일반적으로 동작 실린더 수를 감소시키면 다음과 같은 효과가 있다.

- ① 흡기 매니폴드의 부압이 적게 되기 때문에 펌프손실이 감소한다.
- ② 실린더 당의 신기의 흡입량이 증가하기 때문에 흡입와류가 크게 되고, 연소가 개선된다.
- 흡기밸브 및 배기밸브를 닫은 상태에서 작동을 정지시킨 유효 실린더 수 감소방식에서는 더욱 다음과 같은 효과가 있다.
- ③ 정지 실린더의 펌프손실이 없어진다.
- ④ 정지 실린더의 흡·배기밸브 개폐분 만큼의 캠 축의 구동동력이 적게 된다.

이상과 같은 효과에 의하여 가변 배기량 엔진에서는 연료소비를 대폭 저감시킬 수 있다.

Mitsubishi 사의 2.0ℓ 엔진의 측정결과를 표 1에 나타낸다.

표 1에서 보는 바와같이 가변실린더 수 엔진을 실현시키는 방식중, 흡·배기 밸브의 작동을 정지시키는 방법이 가장 효과적이라는 것을 알 수 있다.

또한, 최근 저자의 실험결과를 소개하면 다음

表1. 유효 실린더 수 감소방식과 연료소비저감 효과

방식	연료소비 저감 효과(%)		
	아이들링	40km/h	60km/h
흡·배기밸브 정지	42	22	16
드로틀 밸브 전개, 연료차단	37	14	8
드로틀 밸브 전개, 연료차단, EGR	37	14	8
연료만 차단	26	14	8

과 같다. (대한기계학회 1985년 춘계 학술대회에서 발표) 실험엔진은 4 실린더, 1238cc이며, 유효 실린더 수의 저감 방식은 흡기밸브 및 배기밸브의 작동을 정지시키는 방법을 선택하였다. 4 실린더 중 2 실린더를 사용하는 경우는 1번과 4번 실린더를 정지시키고, (firing order 1-3-4-2), 3 실린더를 사용하는 경우는 1번 실린더를 정지시켰다. 그 주요 결과를 그림5에 나타낸다.

그림 5에서 보는 바와같이 2 실린더로 운전하는 경우, 주행속도 40km/hr에 있어서 약 25%의 연료소비의 저감효과가 있고, 50km/hr의 주행속도에 있어서는 약 15%의 연료소비의 저감효과가 있는 것으로 된다. 그러나 60km/hr의 주행속도에 도달하면 그 저감효과는 0이 되어 2 실린더 운전으로서의 한계가 되는 것이다. 유효 실린더 수를 3 실린더로 하는 경우는 2 실린더에 비하여 연료소비의 저감효과는 떨어 지지만 운전 범위는 넓어진다.

또한, 아이들링에 있어서의 유효 실린더 수의

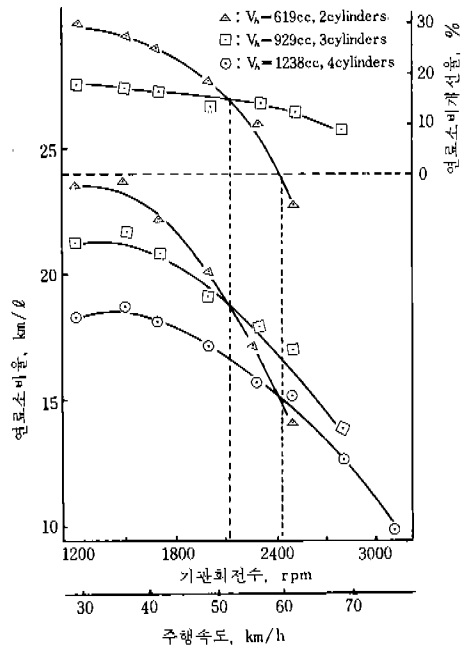


그림 5. 유효실린더 수와 주행속도에 관한 연료 경제의 효과

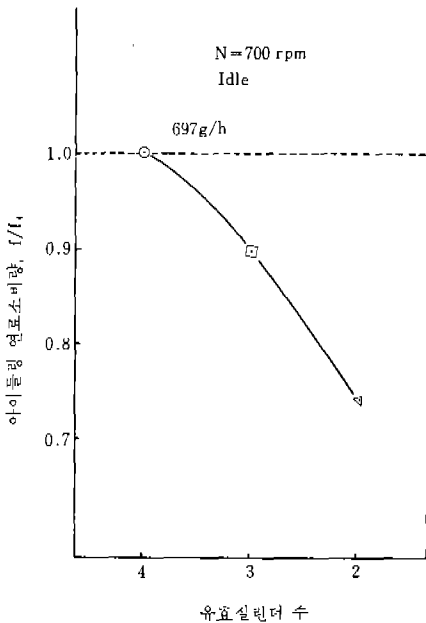


그림 6. 아이들링 연료소비량에 관한 유효실린더 수의 효과

저감에 따른 연료소비의 저감을 나타낸 것이 그림 6이다. 그림 6에서 보는 바와같이 유효 실린더 수를 저감시킴에 따라 아이들링 연료소비가 감소됨은 당연한데 2 실린더를 사용하는 경우, 4 실린더 운전에 비하여 약 25%의 연료소비의 저감을 나타내고 있다.

동작 실린더 수를 제어하는 가변 배기량 엔진은 이론적으로도 연료소비 저감에 매우 유효한 수단이다. 그 중에서도 흡기밸브 및 배기밸브를 닫은 상태에서 작동을 정지시키는 유효 실린더 수 감소 방식은 현재량산하고 있는 엔진의 구조를 거의 변경 시키지 않고, 또한 운전성을 희생시킴이 없이 획기적인 연료소비의 저감을 실현시킬 수 있다.

7.3 연소실의 설계와 압축비의 선택

연소실의 설계와 압축비의 선택은 실린더내의 연소를 지배하는 요소로 된다. 연소실 설계의 기본적인 문제는 흡·배기밸브의 배치에 따라 정해진다. 즉, over head valve (OHV)로 하는가, side valve로 하는가, 또는 흡기밸브는 over head

로, 배기밸브는 side로 하는 방식(F형 연소실)을 취하는가, 하는 것이 첫째의 문제점이다. side valve, 즉 실린더 배럴의 측방향에 흡·배기밸브를 배치하는 방식은 장기간 자동차용 기관의 표준적인 형으로서 사용되어 왔는데, 이것은 주로 캠 축의 배치, 구동방법이 설계상 좋다는 점을 들 수 있으나, 그 대신 흡입효율, 연소효율, 특히 노크에 대한 성질 등, 성능상의 점으로는 많은 결점이 있다는 것은 주지의 사실이다.

실제, 가공상의 기술적 발전, 특히 캠 축 구동에 사용되는 silent chain의 내구성, 장력 및 구조나 새로운 재료의 비약적인 진보에 따라 캠 축의 배치에 관한 실질적인 제약이 거의 제거 되도록 되어서 부터 성능의 면에서 여러 결점을 가지고 있는 이 방식을 채용할 이유가 없게 되었기 때문에 현재에 있어서는 거의 사용되지 않게 되었다. over head cam shaft (OHC) 방식으로 이행하는 과도기적인 단계로서 OHV방식이지만, 푸시로드의 길이를 짧게 하여 이 단계에서 F형 연소실이 사용되기도 하였지만 역시 이것은 과도기적인 현상이라 생각된다. 현재에 있어서는 OHC 기구가 보급되고 있으며 side valve나 F형의 흡·배기밸브의 배치의 것은 자동차용으로는 거의 불수 없게 되었다.

이 OHC 기구를 사용하는 것으로는 흡·배기밸브의 배치에 따라 두 종류가 있다. 그 하나는 흡기밸브의 중심축과 배기밸브의 중심축을 연결하는 선이 캠 축에 병행되어 있는 것이 있고, 다른 하나는 이것과 직각방향으로 되어 있는 방식의 것이 있다.

전자의 경우에는 연소실의 형은 wedge type 또는 bath-tub type로 되며, 흡기관과 배기관이 엔진의 한 쪽에 배치되도록 된다. 후자의 방식을 취하면 위와 같은 연소실이나, semi-spherical type 연소실로도 할 수 있지만, 이 경우는 엔진에 대하여 흡기관과 배기관이 양쪽으로 나누어져 배치된다. 이와같이 밸브기구나 그 배치가 연소실의 형에 따라 기본적으로 차이를 가지게 된다.

다음에 압축비의 선택인데, 열효율을 높이고자 하는 입장에서는 압축비를 높게 할 수록 좋

지만, 연료에 대한 옥탄가의 요구가 그 만큼 높게 되어, 열효율의 개선에 따르는 연료소비량의 저감 보다 연료 단가가 더욱 크지 않을까 생각한다.

현재 시판되고 있는 보통 가솔린에 비하여 고급 가솔린(high octane gasoline)은 약 30% 이상 그 값이 비싸다. 고급 가솔린을 사용할 것으로 하여 압축비를 높여도 연료소비율의 감소는 겨우 10%정도 되는 것으로 생각할 때, 주행에 요하는 연료의 비용은 보통 가솔린을 사용하기로 하고 비교적 낮은 압축비를 선택한 쪽이 오히려 비용이 적게 들지 않을까 생각한다.

즉, 비용의 저감에 중점을 두면, 보통 가솔린을 사용하는 것으로 하여 되도록 높은 압축비가 가능하도록 한 연소실 구조로 할 것이 중요하다.

또한, 실린더 헤드를 알루미늄 합금으로 만들면 연소실 내면의 벽 온도가 저하하기 때문에 흡입 효율도 높게 되고, 반 노크특성도 향상 되지만, 본질적으로 연소는 불량하게 될 것이다. 그러나 연소실의 용적과 표면적과의 비의 값이나, 와류나 난류의 세기의 선택에 따라 반드시 공식론으로는 해결되지 못하는 문제를 포함하고 있는 것으로 생각한다.

한편, 디젤 기관의 경우에 있어서는 직접분사 식으로 할 것인지, 와류실식으로 할 것인지, 또는 예연소실로 할 것인지가 제 1의 문제점으로 되지만, 연소특유의 점으로 부터 엔진 회전수는 가솔린 기관의 경우처럼 높게 되지 못하므로 그다지 중요한 문제가 되지 못한다. 열효율의 점으로는 직접분사식이 가장 우수하지만 소형 실린더에서 완전연소를 얻기가 어렵다. 또한 분사압력, 노즐 등에 관한 조건이 엄격하지만, 중차량용의 디젤 기관에는 이 형식의 것이 많이 사용되며 약간씩 소형쪽에도 보급되고 있다. 피스톤 헤드를 오목형으로 하여 연소실내에 필요한 와류를 주는 경우가 많지만 특히 강력한 와류를 발생시키기 위한 공간을 연소실내에 설치한 것이 와류실식 연소실이다.

직접분사식의 경우에도 자동차의 경우는 반드시 연소실내에 와류가 발생하도록 되어 있지만, 이 경우 연료와 공기와 혼합을 균일하게 하는

작용은 주로 분무특성에 의존하게 된다. 이것에 대하여 와류실식의 경우는 연료와 공기와 혼합은 주로 와류의 에너지에 의존하게 된다. 이와 같은 관점에서 이 양자를 구별하는 것이 좋을 것이다. 이 두 방식은 실린더내에 분사된 연료를 공기와 혼합하는데 분사 또는 와류의 운동에너지를 그대로 이용하겠지만, 예연소실식의 경우는 주연소실과의 사이의 연락공에 있어서 500m/sec을 초과하는 유속으로 되며, 격렬한 난류를 발생 시킴으로써 예연소실내에 유입한 공기의 운동에너지의 대부분을 내부에너지로 변환시켜 이것에 의한 예연소실내의 온도상승을 이용하여 분사된 연료를 기화연소시키는 방식이라 해도 좋다. 즉, 직접분사식은 주로 연료분사의 에너지를, 와류실식은 주로 공기의 와류 운동에너지를, 또한 예연소실식은 주로 연락공에 있어서의 드로틀에 의한 온도상승(드로틀 손실에 상당하는 열에너지)을 이용하여 양호한 연소를 얻고자 한 것이라 생각해도 좋을 것이다.

7.4 연료특성

진술한 각 연소방식의 각각의 이점은 어느 경우에 있어서도 「주로 그러하다」는 것이고, 어느 경우에도 다른 요소의 도움을 빌리지 않고서는 양호한 성능을 발휘하기는 어렵다. 압축비의 선택이나 연소실의 구조에 따라 연소가 좌우되는 한편, 연료의 특성이 중요한 인자가 되는 것은 주지의 사실이다.

가솔린의 특성은 첫째 옥탄가가 문제로 되겠지만, 온도종류곡선의 모양, 초류점, 비중, 납 침가량 등이 중요한 특성이다. 초류점의 값은 한병시의 시동성에 큰 영향을 주는 한편, vapor lock의 원인이 된다. 또한 종류곡선의 모양은 기화기로부터 실린더 사이에 기화하는 부분과 액체로 실린더내에 유입하는 부분의 조성이 각각 결정되며, 이 두 부분의 옥탄가에 현저한 차이가 있으면, 다기통기관에 있어서는 실린더에 따라 흡입된 연료의 옥탄가에 차이를 생기게 하는 경우가 있게 된다.

또한 비중의 값은 기화기에 있어서 조량(metering)에 영향을 주게 되므로 대략 일정치로 유

지할 필요가 있다. 또한, 조성은 초류점, 증류곡선의 모양, 비중에 직접 영향을 주게 되는데, 그들이 적당한 값을 가져도 불포화성분이 많으면 저장중에 중합이 생겨 고무상 물질을 생기게 하거나, 옥탄가를 감소시키는 경우가 있게 되고, 배기중에 유독, 또는 유해성분이 발생한다고도 한다.

또한, 납 첨가량의 대소는 엔진의 오손이나 부식에 영향을 주며, 또한 점화 프러그의 기능도 납의 산화물에 의하여 해를 주기도 한다. 또한, 배기중의 CO, HC, NOx를 제거하기 위해 촉매를 사용하는 경우는 촉매기능을 마비시키므로 납의 유무는 큰 문제가 된다. 이와같은 입장에서는 납을 추방하여 무연 가솔린을 사용하지 않으면 안 된다.

그리고 자동차용 기관의 경우에는 앞서도 말한 바와같이 고압축비를 채용하는 것이 반드시 유리한 요소만이 있는 것이 아니고, 오히려 생각하기에 따라서는, 또한 차의 종류에 따라서는 오히려 압축비를 2~3 정도 낮추는 것이 옳는 것보다 얻는 것이 많을지도 모른다. 그러나 현실은 매년 고옥탄가의 연료가 판매되고 있고, 이것에 맞추어 엔진의 압축비도 높게 하는 것이 반복되고 있는데 이것이 본래의 자세인지는 크게 의문으로 생각한다.

다음에, 디젤 기관에 사용되는 경우는 앞서도 말한 바와같이 과세액이 적다는 이유로 가솔린의 약 1/2의 가격으로 입수되는 외에 자동차가 보통 주행하는 상태의 운전상태에 있어서의 연료소비율이 대략 2/3 정도 되므로 같은 값의 연료를 주행할 수 있는 거리는 가솔린 기관을 사용한 경우의 약 3배 정도가 된다. 이 경우에 디젤 노크를 방지하기 위해 세탄가가 문제가 되지만, 일반적으로 가솔린 연료에 있어서의 옥탄가 만큼 주목되지는 않는다. 또한 배기중의 매연(고형 탄소)을 감소시키기 위한 첨가제가 사용되게 되었다.

LPG는 과세율이 적기 때문에 사용되는 연료이고, 또한 배기가 깨끗하다고 믿고 있는 경향이 있지만, 실제에는 HC의 배출이 꽤 많은 것 같다. 이것은 연료공급장치의 문제와 연료분배의 불균일의 문제가 존재하기 때문이라 생각해도 좋

을 것 같다. LPG는 가솔린에 비하여 상온에서는 기체인 연료이므로 연료분배의 불균일의 문제는 생기지 않을 것으로 생각되지만, LPG의 gas와 공기와의 비중이 상당히 차이가 있고, 흡기관 정도의 길이에서는 균일한 혼합이 실현되지 않은 것 같다. 실제로 측정해 보면 실린더 마다의 분배나, 사이클 마다의 혼합비의 변동이 꽤 큰 것으로 되어있다. 이것이 실제에 있어서 깨끗한 배기로 되지 못하는 이유라고 생각된다. 또한 옥탄가는 높지만 압력용기에 넣어 둘 필요가 있고, 사고의 경우에 화재를 발생했을때의 위험성이 크다는 것은 커다란 결점이라 할 수 있다.

이와같이 경유나 LPG는 연료의 값이 싸다는 이유로 사용되는 연료라 할 수 있으며 연간 주행거리가 매우 큰 택시나 노선 트럭, 버스 등을 제외하면 initial cost가 높은 것 등도 있고 하여 반드시 유리하다고만은 할 수 없다.

7.5 배기에너지의 회수

배기터어빈의 이용은 미 이용 에너지를 유효하게 이용함으로써 경제효과를 높이고자 하는 것인데 보통은 배기터어빈에 의하여 압축기를 구동해서 파급하여 소용력의 기관에서 큰 동력을 얻고자 하는 방향에서 배기이용이 생각되는데, 배기의 이용방법으로는 이것 외에 보조기계 구동에 이용할 것과, 난방 또는 냉방(흡수식 냉동기)에 이용할 것 등이 생각된다.

먼저, 보조기계 구동에 배기 에너지를 이용하는 것이 가능하면, 엔진의 동력의 일부를 많은 보조기계 구동에 충당시키고 있는 자동차용 기관의 경우에는 비활력의 점에서나 연료소비량의 점에서도 커다란 이점이 된다. 그러나 수만 회전 터어빈으로 현상의 수천 회전에서 사용되도록 설계되어 있는 보조기계를 직접 구동한다는 것은 곤란한 많은 장애를 제거하지 않으면 실현될 수 없으며, 이득이 있는지의 여부에 관하여 검토해야 할 문제로 생각된다.

만약 배기터어빈에 의하여 직접 구동이 가능한 발전기가 이루어 진다면 이것을 전원으로 하여 냉각 팬, 냉각수 펌프, 압축기, 공기조화장치 등의 전동기 구동으로 할 수가 있게 되며, 엔진

의 축동력으로 구동했던 보조기구는 거의 없어질 것으로 생각한다. 이와같은 고속 발전기(수만rpm에서 3~5KW)의 가능성에 대해서는 충분한 검토를 해야 할 것이다.

7.6 동력전달기

동력전달기의 성능계원은 자동차의 연료소비율(km/ℓ)에 큰 영향을 미치게 한다. 지금, 엔진의 성능이 정해져 있는 경우, 자동차의 연료소비율은 주행상태, 도로상황, 동력전달제통의 총 기어비와 전달효율에 따라 결정된다. 주행상태는 주행속도와 도로의 등가구배*로 표시할 수가 있으므로 일정속도 V km/hr로 주행하는 경우의 자동차의 연료소비율 a km/ℓ와 등가구배 Se의 관계를 총 기어비를 매개변수로 하여 표시하면 그림 7과 같이 된다.

그림은 전진 3단의 기어식 변속기를 가지는 경우의 예로서, AoA, BoB, CoC는 각각 top gear, 2nd gear 및 low gear일 때의 연료소비율 a와 등가구배의 관계를 나타낸 곡선이며, Ao, Bo, 및

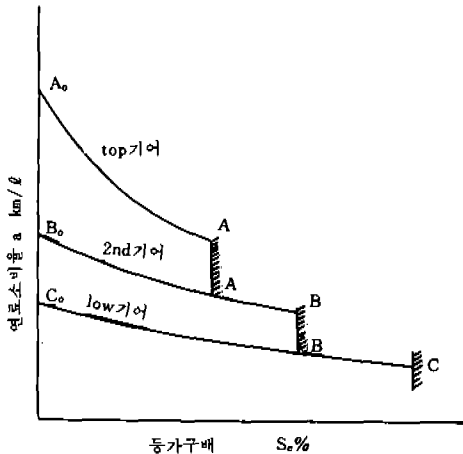


그림 7. 일정속도로 주행하는 경우의 연료 소비율과 등가구배와의 관계

Co는 각각 등가구배 Se=0일때, 즉 노면의 구름저항계수의 값과 꼭 같은 하강 구배를 속도 V로 주행할 때의 연료소비율이다. A, B 및 C는 각각 top gear, 2nd gear 및 low gear를 사용하여 속도 V로 등판할 수 있는 한계의 등가구배(즉 도로의 상승 구배에 노면의 구름저항계수를 더한것)에 있어서의 값을 나타낸다.

이 그림으로부터 알 수 있는 바와같이 동력전달계의 총 기어비를 적게 하면 연료소비율은 좋게 되지만, 그 대신 적용될 수 있는 등가구배의 값이 적게 되어 가속성능도 등판성능도 저하하게 된다. 즉, 여기서도 연료소비 성능이나, 가속 및 등판성능이나 하는 문제에 부딪치게 된다. 유체 변속기를 사용하는 경우에는 동력전달효율이 기어 변속기에 비하여 낮으므로 연료소비율이 평균해서 10~15% 악화하는 것이 보통이다. 그대신 운전이 용이한 이점은 얻게 된다.

또한 자동차의 동력성능에 대한 전체계획의 입장으로 부터 검토하면 적용될 수 있는 최대의 등가구배를 동일하게 유지하면, 되도록 실린더 용적이 큰 기관을 탑재하는 것이 연료소비율의 점에서 유리하다. 이 적용될 수 있는 등가구배의 값을 일정하게 유지하는 것으로 하여 실린더 용적이 큰 엔진을 탑재한다는 것은 총 감속비를 적게 하는 것으로 되며 동일 주행속도에 대한 엔진의 사용 회전수가 낮게 되는 것을 의미하고 있다. 이것은 손실동력의 감소로 연결되고, 엔진의 연료소비율의 개선으로 되게 마련이다.

일정의 가속, 일정의 등판성능을 가지며 연료소비율이 적은 자동차란 비교적 큰 실린더 용적의 엔진을 탑재하고, 최종 감속비(final reduction gear ratio)의 값을 적은 값으로 선택한 자동차라 할 수 있다. 그리고 전술한 바와같이 가속 및 등판성능을 크게 한다는 것은 연료소비율을 희생해야 하는 것이다. 따라서 여기에서도 가속 및 등판성능과 연료소비율과의 관계에 있어서는 타협을 해야할 문제에 부딪치게 된다.

*등가구배란 노면의 구름저항, 가속저항을 도로의 구배저항으로 등가하게 대체한 값이다.