

연료절약과 자동차 엔진 공회전 줄이기

정동수 | 한국기계연구원

1. 서론

최근 유가급등은 원유의 투기적 거래 뿐 아니라 중국, 인도의 경제성장 가속화로 수입급증에 따른 것이라고 분석하고, 중국의 원유수급 악화는 중동 산유국들의 '아시안 프리미엄(가격차등)'을 심화시켜 큰 부담을 주고 있으며, 중국의 미숙한 석유위기 대응시스템이 세계경제 위험을 증폭시킬 수 있다고 지적되고 있다.

국제유가전문가협회의회는 국제유가가 연평균 배럴당 50달러 이상의 고유가로 당분간 유지될 것으로 보인다고 밝히고 있다.

1992년 6월에 채택된 지구변화협약 이후 1996년 12월 교토 협약을 거쳐 1998년 10월 룩셈부르크의 EU 환경 이사회에서 2008년까지 신규 자동차의 CO₂ 배출량을 140g/km으로 낮추고 2012년까지 120g/km으로 다시 강화하는 자동차 이산화탄소 배출제한 협약을 승인하게 되었으므로 지금까지의 자동차 배기가스 규제에 이어 CO₂규제가 추가로 등장하게 되었다.

선진국에서는 자동차의 CO₂ 배출이 향후 자동차 기술경쟁의 가장 중요한 요소가 될 것으로 판단하고 이미 유럽, 미국, 일본 등 자동차 선진국에서는 초 저연비 자동차 기술개발사업을 적극적으로 추진하고 있다.

그러나 연료소비율을 현재의 1/3 수준으로 줄이기 위한 기술로서 직접분사방식기술과 대체연료 엔진기술, 그리고 하이브리드 구동 방식은 물론 차량 재료의 경량화 등 기술이 복합적으로 개발되어야 하므로 많은 노력이 시도되고 있으나 가격 상승 등 실용화 하기가 그리 쉬운 일이 아니다.

실제 엔진에서 소모되는 연료 중 약 12.6%만이 차량운행에 직접 사용되고 나머지는 모두 차량의 구동과는 관계 없다. 그림 1에서와 같이 대부분은 엔진에서 열이나 마찰 등(62.4%)으로 없어지고, 그 다음 동력장치 등에서의 손실(5.6%), 그리고 공회전(17.2%) 등인 것으로 나타났다.

주로 차량이 많은 대도시에서는 차량정체로 인해 서행 또는 정지하고 있는 차들이 많을 뿐만 아니라 복잡한 신호체계로 운전 중 많은 시간을 신호대기로 소요되며 이때 엔진은 공회전 상태로 운전되어진다. 공 회전시의 엔진은 연소안정을 위해 이론공연비보다 조금 높은 조건에서 연소가 이루어지며 이는 자동차의 운행과는 관계없이 연료가 낭비되는 것이다.

우리나라 2001년 통계청의 자료에 의하면 자동차 공회전으로 인한 한해 동안 연료낭비가 약 1조 7천억 원이라고 한다. 캐나다의 통계에 의하면 차량 당 매일 5내지 10분간 공회전을 한다고 가정할 경우, 매일 4,500톤의 CO₂

를 대기 중으로 방출하게 되고 매일 1.9억 리터의 연료를 낭비하게 되는데 이것은 약 10억원 정도로 한해에는 약 3,600억원 정도가 공회전으로 연료를 낭비하고 있는 셈이다.

따라서, 정차 시나 신호대기 시 엔진을 정지시킴으로써 연비는 물론 배출가스 개선에 크게 기여할 수 있기 때문에 국내는 물론 선진 외국의 정부와 시민단체 등에서 대대적으로 홍보를 하고 있다.

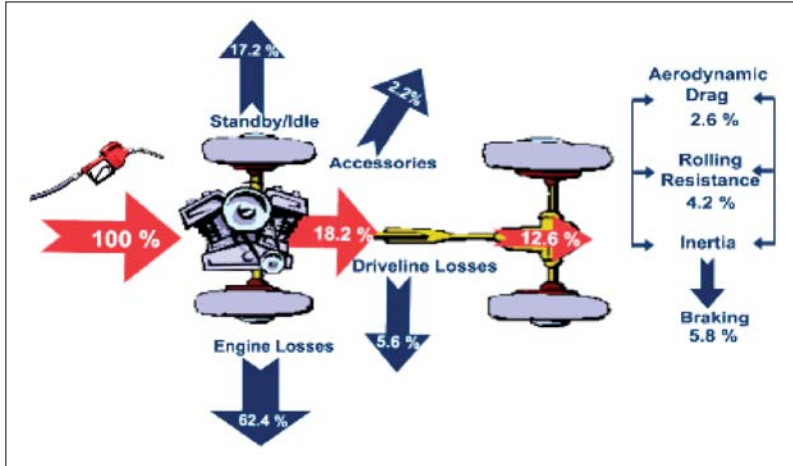


그림 1. 엔진 연료의 열효율 및 손실 비율

2. 국내외 정책 및 관련 기술 현황

자동차가 정차 시나 신호대기 시 엔진 공회전을 정지시킴으로써 연비는 물론 배출가스 개선에 크게 기여할 수 있기 때문에 스웨덴, 독일, 영국, 아일랜드, 캐나다, 일본 등 해외 선진국 여러 나라에서는 오래 전부터 그림 2와 같은 포스터와 스티커의 부착 등을 통해 정차 중 일정시간 이상의 공회전을 금지하는 운동을 벌이고 있다.



(a) 캐나다의 홍보 포스터 및 스티커



(b) 일본의 홍보 스티커



(c) 독일 시내 교차로 신호대에 '시동을 끄시오'라는 표시판

그림 2. 공회전방지 홍보 포스트 및 스티커

또한 정차 시 공회전을 방지하는 조례 등을 제정하여 위반 시 과태료를 부과하고 홍보운동을 벌이는 나라가 증가하는 추세이다. 그림 3은 일본의 거리홍보 모습과 4분간 이상 공회전 시 과태료를 물린다는 캐나다의 공회전 금지조례를 홍보하는 한 포스터이다.

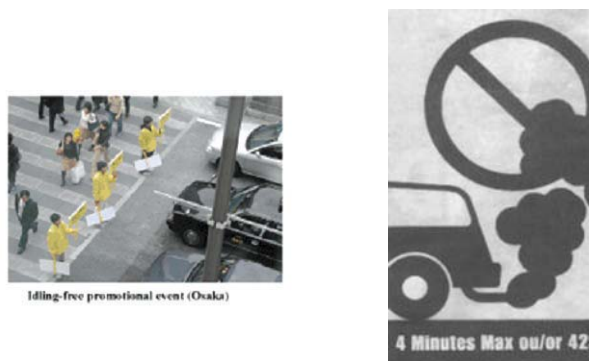


그림 3. 일본의 거리홍보 모습과 캐나다 공회전금지조례 홍보 포스터

최근 정차 시 공회전을 조례로 금지하고 있는 나라로는 일본, 캐나다, 독일, 스위스, 아일랜드, 스웨덴, 미국, 영국, 덴마크 등으로 점차 늘어나고 있는 추세이다.

이러한 정책이 전 세계적으로 확산됨에 따라 운전자가 정차 시 공회전 운전을 중단한 후 출발 시 재시동하는 불편함을 없애기 위해 자동으로 작동되는 장치가 개발되고 있다. 지금까지 공식적으로 소개된 자동 공회전 금지 장치를 장착하여 시판하고 있는 차량으로는 그림 4에서와 같이 일본 스즈끼사의 경차 '알토 에포'로 2001년 상반기에 7,000대가 판매되었으며, 토요타사의 소형차 '비츠'는 수동변속기 차량에 장착하여 매월 5,000대 정도 판매하고 있는데 이 장치를 적용함으로써 약 7%의 연료절감 효과가 있다고 발표하고 있으며 택시 크라운컴포트 등 2종에 옵션으로 적용하고 있다. 최근 2003년에는 미국의 Visteon, Delphi, 일본의 Denso, 독일의 Bosch, Siemens와 같은 세계적인 대기업에서 그림 5에서와 같이 hybrid 자동차용이 아닌 기존의 12V용 엔진에 적용이 가능한 Integrated Starter Generator (ISG)라는 제품을 개발하였다. 이 제품은 시동모터와 발전기의 복합기능을 가진 것으로 부피를 줄이고 벨트에 의한 구동방식이므로 기존 엔진의 구조를 크게 변경하지 않고도 장착이 가능하여 OEM생산에 적합한 장치이지만 기존 운행 중인 차량에 장착하기에 복잡하므로 OEM시장에만 국한 되는 단점이 있다.

기존 운행 중인 차량에 장착하기에 적합한 장치로는 그림 6에서와 같이 일본에서 개발되어 시판 중에 있다. 이 제품은 기존 엔진의 구조를 거의 변경하지 않고도 장착이 가능하여 OEM생산에도 적합하지만 기존 운행 중인 차량에 장착하기에 더 적합한 시스템으로, 재시동 시 수동으로 시동 버튼을 눌러야 하는 점이 불편하다.






Division	Compact car			Light car	
Car Name	TOYOTA Vitz (intelli. pack. Idle stop type, AT car)	TOYOTA Crown Comfort	TOYOTA Crown Comfort (Idle stop type, AT car)	SUZUKI Alto (Eco lean burn engine, Idle stop type, MT car)	DAIHATSU Mira (V Idle stop type, MT car)
vehicle price(¥)	1,320,000	1,780,000 ~ 2,010,000	1,580,000 ~ 1,660,000	883,000	920,000
Price diff.	60,000	50,000	50,000	30,000	50,000
Subsidy (Max.)	30,000	25,000	25,000	15,000	25,000
					

그림 4. 일본 시판 공회전 자동제어장치 장착 차량과 정부지원금

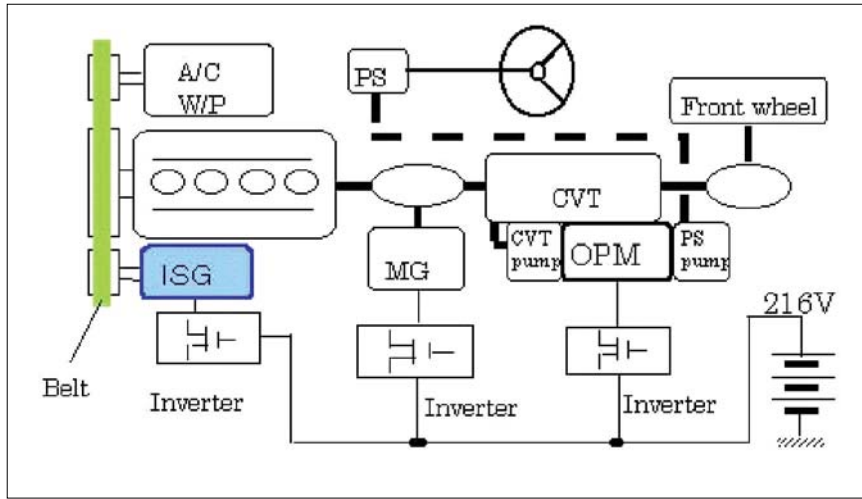


그림 5. 기존 12V 자동차용 ISG 구성도



그림 6. 일본 개발 제품과 시동 버튼

공회전 금지 장치는 미국, 유럽, 일본 등에서 주로 차세대 hybrid 승용차의 연비 절약효과를 극대화하기 위해 필수적으로 적용하고 있는 기술이다. 일본, 미국과 캐나다 등에서는 그림 7에서와 같이 버스와 트럭과 같은 대형 디젤 상용차에 이미 상품화를 시도하고 있고 최근에는 택시를 비롯하여 승용차에도 널리 보급되고 있다.

hybrid자동차에서는 엔진의 공회전제어 기능이 필수적인 사항이다. hybrid자동차에서의 공회전 제어 시스템의 설치에 그림 8과 같이 기존 12V형에서와 다른 42V형 Starter alternator (STALT) 등의 장치를 이용하고 있으며, after market용이 아닌 OEM용이므로, 공회전 상태에서 엔진 운전을 중단하고 다시 재 시동을 원활하게 반복하기 위해서 엔진의 기존 ECU와 연계하여 통합적으로 제어가 이루어져야 한다.

이러한 차세대 hybrid자동차는 물론 일반 자동차의 경우, 공회전 금지로 인한 구체적인 연비절감 효과를 살펴보면, 프랑스 PSA(푸조씨트로엔)의 경우 10%, 일본 토요타의 경우 약 7%정도, 그리고 일본의 도심부 운행 시 13.4%까지 연료절감 효과가 있는 것으로 발표하고 있다.



그림 7. 일본의 대형 디젤차 공회전 방지 효과 관련 기사

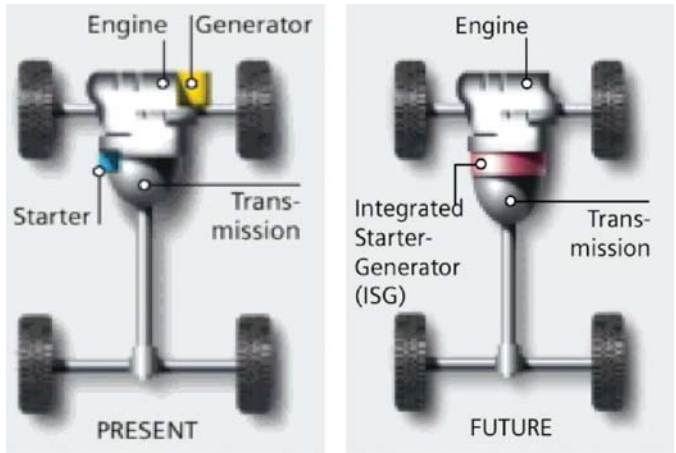


그림 8. 하이브리드 자동차용 ISG 설치 위치 비교

3. 공회전과 엔진연료 소비

3.1 엔진 대상 공회전/재시동 성능 실험

일반적으로 엔진의 공회전 중지 후 재시동을 걸 경우, 재시동으로 인한 연비소모 및 배기가스 발생이 클 것이라는 막연한 선입관을 많이 가지고 있다.

따라서 재시동으로 인한 연비절감과 배기가스 저감효과를 정확히 파악하고자 공회전과 재시동 시의 특성을 엔진과 차량에 장착하여 비교분석 하였다.

우선 2.4L 4기통 DOHC MPI 승용 기술린엔진과 6.6L 6기통 T/C 직분식 상용 디젤엔진을 대상으로 한 연료소모 시험에서는 그림 9와 같이 엔진동력계 상에서 공회전시와 재시동 시를 구분하여 연료소비량과 배기공해가스

배출량을 여러번 반복해서 측정하여 평균값을 도출하였다.

연료소모량 측정은 부피식 fuel consumption meter를 사용하여 연료 50cc를 소비하는 데에 소요되는 공회전 시간과 재시동 횟수를 여러 차례 반복 측정하여 평균값을 구하였다.



그림 9. 가솔린엔진장착 실험장치 및 대상엔진

3.2 엔진 대상 공회전/재시동 성능 실험 결과

먼저 승용차 대상 엔진장착시험에서는 2.4L 승용차용을 대상으로 공회전시와 재시동시를 구분해서 연비시험을 수행한 결과 공회전시의 연비는 평균 0.28cc/sec이고 1회 재시동시의 연비는 1.85cc가 소요되는 것으로 1회의 재시동에 소모되는 연료는 공회전 6.6초 동안 소모되는 연료와 동일한 것으로 나타났다.

배출공해가스의 경우, 1회 재시동시 배출되는 THC량은 공회전 12.5 초분에 해당되고, 1회 재시동시 배출되는 CO량은 공회전 46.4초분에 해당되었으며, CO₂는 4.8초에 해당되었다. NO_x의 경우는 측정 오차범위 내로 각각 발생량이 경미하였다.

승용차의 경우와 마찬가지로 대형 디젤차량 대상 엔진장착시험을 위해서 6.6L 6기통 디젤엔진을 대상으로 공회전시와 재시동시를 구분해서 연비시험을 수행한 결과 공회전 시의 연비는 평균 0.28g/sec이고 1회 재시동시의 연비는 1.1g가 소요되는 것으로 1회의 재시동에 소모되는 연료는 공회전 4초 동안 소모되는 연료와 동일한 것으로 나타났다.

디젤엔진에서 배출공해가스의 경우, THC, CO, CO₂, NO_x, Smoke는 전반적으로 측정 오차범위 내로 각각 발생량이 경미하여 공회전 제어로 인한 배출공해가스 저감효과나 재시동으로 인한 배출공해가스 증가효과는 의미가 없다고 판단된다.

4. 공회전 자동제어장치와 차량 주행 성능시험

4.1 장치의 특성 및 작동 원리

환경 보호와 연료 절감을 위해서는 신호 대기 정지 시간 동안에 엔진을 정지시키는 것이 필요하지만 전면부로 설치된 점화키를 수동으로 조작하는 것은 번거롭고 불편하게 되는 것이다.

그림 10은 자동차가 정지 시에 자동으로 엔진을 정지시키고 출발 시 재시동하는 장치로 신차뿐만 아니라 기존 사용 중인 자동차에 부착하여 사용할 수 있다.

자동차가 도로 교통 신호에 따라서 정지할 때 엔진이 자동으로 꺼지도록 함으로써, 운전자가 엔진을 손으로 정지시키는 불편을 없앨 수 있으며, 자동으로 시동준비 상태에 놓이므로 정지 후에도 수동변속기의 경우 클러치 (자동변속기의 경우 브레이크)를 밟게 되면 클러치에 부착한 마그넷 센서로부터 신호를 받아 제어기에 의해 재시동이 가능하게 된다.

이 장치는 점화 전류회로와 스타터(starter) 전류회로를 포함하고 자동차에 설치된 조작부로 작동시킬 수 있는 자동차엔진의 정지와 시동장치에 관한 것으로, 점화전류 회로와 시동 전류회로를 구비한 자동차에 있어서, 배터리로부터 전원을 받아 안정화시켜 공급하는 전원공급부와 전원공급부에서 전원을 공급받아 동작하여 엔진의 점화 전류를 차단하는 펄스변환부, 그리고 지연부, 시동전류 공급장치에 배터리의 전원을 공급하는 시동부 등으로 구성 되어 있다.

본 제품의 스위칭 회로는 자동차의 작동 장치로 조정되는 부품이며, 제 1의 일정 시간이 지연된 후에 엔진을 정지시키기 위하여 점화 회로를 차단하고, 두 번째로, 제 2의 일정 시간이 지연된 후에 이를 조정하여서 점화 회로와 시동 회로를 통하여 시동시키는 것을 특징으로 한다.

이러한 자동제어 장치가 필요하지 않는 상황에서는 자동/수동 선택 스위치가 있어 장착 이전의 기능으로 변환이 가능하게 된다.

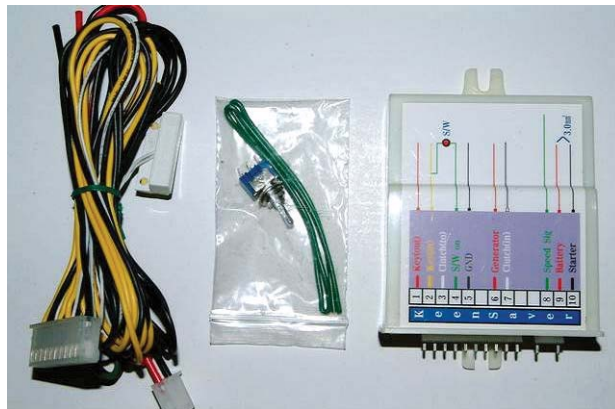


그림 10. 공회전 자동제어장치의 구성도

4.2 차량 대상 공회전/재시동 성능 실험

공회전 방지 제어장치를 차량에 장착하여 실제 시내를 주행할 경우에 연비 절감효과를 실험하기 위하여 우선 대전 시내에서 대전역과 한국기계연구원 사이 14km를 대상으로 선정하여 시내 주행 특성을 알기 위해 여러 차례 주행하여 신호등 수, 그 중 평균 정차 대기 횟수, 평균 대기 시간, 평균 주행속도 등을 측정하였다.

따라서 1회 주행에 소요되는 연비는 평소 경험으로 가정하고 상기 주행시험 결과와 엔진실험에 의한 결과를 이용하여 연비절감 효과를 계산할 수가 있다.

일반적으로 국제적으로 공인된 자동차의 연료소비율을 측정하기 위해서는 사시동력계 상에서 시내주행 패턴을

모사한 국제공인 주행모드에 의한 시험을 해야 된다. 그러나 대부분 공인 주행모드는 주행 중의 연료소비율에 초점이 맞추어 있기 때문에 공회전하는 정지 횟수에만 현실화 시키고 정지시간은 현실과 달리 매우 짧게 설정되어 있는 실정이다.

따라서 사시동력계 상에서 국제적으로 공인된 자동차의 연료소비율을 측정하기 위해서는 연비절감 효과를 직접 시험하기 위하여 여러 주행시험모드 중에서 도심지 교통혼잡 주행모드로 잘 알려진 그림 11의 미국 환경부 공식인정 New York City Cycle (NYCC)모드를 선정하였다.

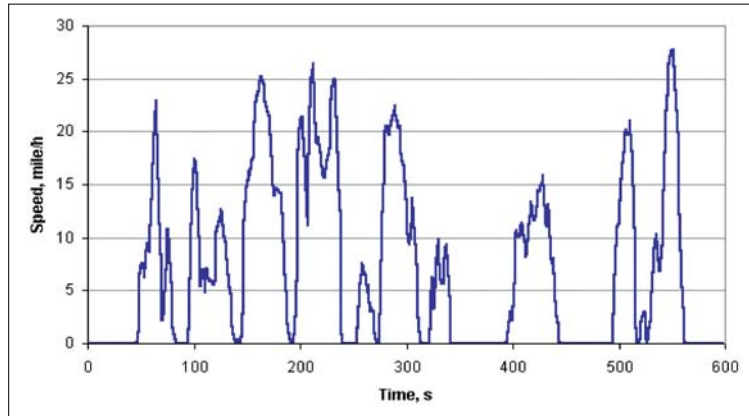


그림 11. 미국 New York City Cycle (NYCC)모드

시제품장착 차량으로 2.0L 가솔린 현대 소나타 III를 대상으로 국제공인 사시동력계 상 주행연비 실험은 그림 12에서와 같이 정부지정 공인시험기관인 한국에너지기술연구원에서 수행하였다.

사시동력계는, 차량이 실제 도로 상을 주행할 때의 노상주행저항과 관성 등을 모의하여, 롤러 상에 셋트된 시험 차량이 도로상을 실주행할 때와 비슷한 여건 하에서 운전되도록 하는 기능을 갖는다. 본 설비는 항온항습을 유지할 수 있는 시험실에서 자동차의 연비 및 배출공해가스를 국제 공인 시험방법에 따라 시험하고 있다.



그림 12. 국제공인 주행연비 실험중인 차량

가. 시내 차량주행 공회전/재시동 연비 실험 결과

차량장착 시내주행 시 연비절감 효과를 모사하기 위하여 우선 시내 주행 특성을 알아야 하므로 대전역과 기계연구원 사이 14km를 6회 주행하여 평균을 낸 결과 신호등 38개 중 평균 12번 정차에 평균 40초 대기하는 것으로 평균 속도 21km/h이었으며, 1회 주행에 소요되는 연비는 평소 경험으로 1,600cc로 가정하였다. 상기 결과에 의해 계산한 결과 시내주행 시 연비절감 효과는 약 7%로 나타났다.

나. 동력계상 차량주행 공회전/재시동 연비 실험

사시동력계 상에서 소나타 승용차에 대한 시내주행 시 연비절감 효과를 직접 시험하기 위하여 여러 주행시험모드 중에서 우선 앞의 계산결과와 비교하기 위하여 도심지 교통혼잡 주행모드로 잘 알려진 미 환경부 공식인정 New York City Cycle (NYCC)모드를 선정하여 시험 한 결과, 교통혼잡 도심지 주행 NYCC모드에서 연비절감 효과는 9.3%로 나타났다.

4.3 반복 재시동으로 인한 타 부품의 영향분석

시동 시 시동모터를 작동하기 위해서는 많은 전력이 소모되게 되는데, 자주 시동할 경우, 재시동으로 인한 과다 전력소모로 인하여 건전지 수명은 물론 시동모터에도 영향을 미칠 것으로 생각된다.

건전지는 정상작동 조건에서 완전하게 충전되고 방전되는 Cycle을 반복하는 경우에는 건전지의 수명에 영향을 미치지 않는다고 하지만은 차량 충전을 위한 조건은 상황에 따라 달라 특히 저속 운전 시에는 방전만 계속되는 상황으로 건전지의 수명이 급격하게 감소하게 될 수가 있다.

따라서 시동모터의 성능 특성과 건전지의 충방전 특성을 분석하고 외국의 사례 등을 조사하여 잦은 재시동이 건전지와 시동모터의 수명에 미치는 영향에 대해서 분석하였다.

일본의 교통 ecology mobility 재단에서 2000년 3월에 발간한 '단시간 아이들링 스톱의 유효성 실측'이라는 보고서에서는 엔진의 시동 시 전력 소비량에 대해서 가솔린 차량이 0.16 Wh/회, 디젤 소형차가 0.10 Wh/회, 대형차가 0.20 Wh/회이며, 시동 후에 10 ~ 30초 이내에 80 ~ 90%가 충전된다고 한다.

미국의 세계적인 환경보호단체인 Sierra Club의 캐나다 지부인 Sierra Club of Canada의 Home Page (<http://prairie.sierraclub.ca/idling>) 에서는 'Restarting a car numerous times, rather than letting it idle, is hard on the starter and other components.' 라는 일반 운전자들의 선입관에 대하여 'Studies have shown that restarting the engine numerous times has little impact on components like the battery and starter motor.' 라고 답하고 있다.

따라서 시동모터의 수명은 그 원리와 사용상의 주의점을 잘 알고 정기적인 관리를 해주면 반영구적으로 사용할 수도 있으므로 건전지와 시동모터의 수명에 큰 영향을 미치지 않는다고 판단할 수 있다.

또한 공회전 자동제어장치는 독일의 전기 및 자석 관련 제품의 성능시험 전문기관인 EMC(Electro Magnetic Consulting) Tech사 (www.emctech.de)에 의뢰하여 시제품의 작동 및 전자파 간섭 등의 시험도 통과 하였다.

5. 공회전 줄이기의 에너지절약 효과

승용차의 경우 공회전 1초 동안 소모되는 연료가 약 0.28cc 정도이므로 1회 재시동에 소모되는 연료는 공회전

7초 동안 소모되는 연료와 동일하고 대전 시내주행 시 연료절감 효과는 약 7% 정도임을 확인하였다. 이 효과는 그림 13에서와 같이 교차로에 신호 대기 시간 표시장치 설치 시 더욱 그 효과가 상승하게 된다.

또한 도심지 교통혼잡형인 EPA New York City Cycle (NYCC)모드를 선정하여 사시동력계 상 시내주행 국제 공인시험 결과 연비절감 효과는 약 9% 정도임을 확인하였다.

이와 같은 결과는 그림 14에서와 같이 일본의 '省エネルギーセンター'(에너지절약센터)에서 발표한 10-13.4% 정도의 연료절약효과와도 비슷한 결과로 자동차 엔진에서 1%의 연료저감을 위해 엄청난 연구개발비를 투입하고 있는 사실을 감안하면 엄청난 절약효과임에 틀림이 없다.



그림 13. 김포시 교차로의 신호 대기 시간 표시장치

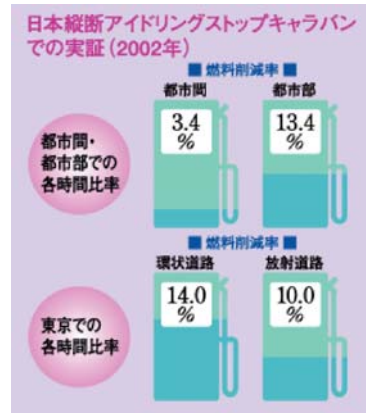


그림 14. 일본 공회전 중지 연료절약 효과

불필요한 공회전 제어로 인한 국내 연간 연료절약 비용이 2001년도 통계청(조선일보 '01.2.12 보도) 발표자료에는 약 1조 7천억원에 달한다고 하므로 당해 기술의 개발에 따른 경제적 효과는 매우 크다고 할 수 있으며, 에너지절감 효과는 국내 운행차량 1,500여만대 중 1,000만대를 대상으로 하여, 연간 평균 주행거리 2만km 중 시내주행을 1만km로 추정하고 실제 주행실험 결과 평균 시내주행 1km마다 1회 정도 신호정지에 걸리며, 1회 정지 시 평균 40초의 공회전 대기시간임을 감안하면 다음과 같다.

- 에너지 절약 효과 : 약 1조 7천억원/년 (국내차량 1,000만대 × 1만km/년 × 정지1회/km × 공회전40초/회 × 0.28cc/초 × 1,500원/L)

또한 이렇게 에너지 절약효과가 확실한 공회전 줄이기 운동의 확산을 위하여 한국기계연구원(연구책임자: 정동수)에서 국내 기업(킨세이버)과 공동으로 2001년 11월부터 2003년 10월까지 약 2년간에 걸쳐 공회전 자동제어 장치를 개발하여 국내에 특허출원을 하였고 독일 전자부품 공인시험기관으로부터 합격판정을 받아 그림 15의 시범차량으로 3년 이상 도로상의 시운전까지 수행하고 있으므로 향후 국내 보급은 물론 정착 시 공회전 방지가 의무화된 나라를 중심으로 점차 수출을 확대 될 것으로 기대되고 있다.

또한 이 제품은 연료절약의 경제성과 비례하여 CO₂ 배출을 저감하게 되므로 고유가시대와 자동차 기후변화협약에 대응하여 자동차산업 활성화에도 크게 기여할 것으로 기대된다.



그림 15. 공회전 자동제어장치 부착 시범차

❖ 참고 문헌

- [1] <http://www.energy.gov>
- [2] <http://www.fueleconomy.gov>
- [3] <http://www.epa.gov/otaq/retrofit/idling.htm>
- [4] <http://www.visteon.com>.
- [5] <http://prairie.sierraclub.ca/idling>
- [6] <http://www.globalsuzuki.com/globalnews/2002>
- [7] <http://www.eccj.or.jp>
- [8] F. Stodolsky, L. Gaines, and A. Vyas, "Analysis of Technology Options to Reduce the Fuel Consumption of Idling Trucks," ANL/ESD-43, Argonne National Laboratory, June 2000
- [9] K.Tanaka, K. Korematsu, Y.Yamazaki, "Study on Intelligent Idling Stop System," FISITA World Congress, Seoul, Korea, June 2000
- [10] 大庭 浩, '단시간 아이들링 스톱의 유효성 실측', 일본 교통 에콜로지 모빌리티(ecology mobility) 재단, Mar. 2000.
- [11] 정동수 외 5인, '자동차엔진 공회전 제어장치 개발', 과학기술부 한국기계연구원 연구보고서, M1-0119-00-0013, Nov. 2003.



정 동 수

- 한국기계연구원 친환경엔진연구센터 책임연구원
- 관심분야 : 가솔린 압축연소 엔진, 청정디젤대체 연료 엔진
- E-mail : dsjeong@kimm.re.kr