

- 본 문건은 2010년 2월 16일자로 현대자동차 측에 전달한 문건입니다.

자동차 급발진/오동작의 원인과, 확실한 대책은 무엇인가 ?

1. 자동차 급발진 관련 통계

전자제어장치(ECU)로 자동 제어되는 자동차에 대해 국내에는 급발진이나 자동차 오동작에 대한 통계는 없는 것 같다. 원인을 찾아 해결하려는 노력은 전혀 하지 않고 쉬쉬하고 덮기 바쁜 것이 한국의 자동차 제조업체의 현실이다.

하지만 이번에 도요다 자동차회사가 회사의 존폐를 가늠할 수 없을 정도로 한번 당하는 것을 보고 아마, 우리나라 자동차 제조업체 중간간부 이상은 가슴이 뜨끔했을 것이다. 우선 기록에 나와 있는 것을 살펴보자.

미국고속도로 안전관리국(NHTSA)의 통계를 인용한 Consumer report 를 보면 미국내 주요 자동차의 급발진 또는 자동차 운용상 불만제기 건수는 다음과 표 1 과 같다

표 1. 미 Consumer Report, Dec/7/2009

Automaker	2008 model-year complaints*	Share of complaints	2007/2008 average market share
Toyota	52	41%	16%
Ford	36	28%	16%
Chrysler	11	9%	12%
General Motors	7	5%	23%
Honda	5	4%	10%
Nissan	4	3%	6%

*Reflects complaints submitted prior to August 28th, 2009.

표 1 을 보면 2008 년 기준으로 미국 내에서 보고된 자동차 불만제기 건수(급발진 포함)가 총 128 건으로 이번에 말썽을 일으킨 도요타 자동차가 52 건으로 41%로 자동차 판매대수를 고려해도 2 배 이상 높다. 그럼 이외의 자동차 BENZ, BMW, Hyndai 자동차 등 기타 자동차의 경우는 어떨까? 위 통계에 나와 있지 않은 자동차 회사의 자동차도 최소 운용차량의 3-5% 정도는 차량 운용상 이상 동작으로 불만이 있을 것이고, 그중 0.1-0.01%는 즉, 급발진을 포함한 운전자에게 위험을 초래할 수 있는 크고 작은 오동작이 발생 되고 있다. 특히 비싼 자동차 일수록, 하이브리드나 전기자동차 일수록 전자기적 오동작 발생확율은 높아진다.

2. 자동차 급발진(크고 작은 오동작 포함)이 왜 일어날 수 밖에 없는가?

자동차가 최초로 개발될 때는 발전기, 하이텐션 고압 프러그 계통, 램프를 제외하고 모두 기계적인 장치에 의해 변속되고 제어되었다. 기계적 장치에 의해 자동차가 설계되다 보니 자동차의 모든 전기배선은 1 가닥으로 전기 배선을 사용하여 원가도 줄이고, 차량의 무게도 줄이는 체계가 자동차 설계자의 머리에 판이 박혀 있다. 다시 말해 신호의 귀환선으로 차체를

공동으로 사용하여 전기 에너지를 전달하는 구조로 설계 되어 있는데 이를 전문 용어로 Common ground 라 부른다. Common ground coupling 에 의해 아무리 자동차의 ECU 를 전자기적으로 완벽하게 설계해도 오동작은 일어날 수 밖에 없다.

2.1 자동차 급발전(또는 오동작)의 주요 추정 원인

- 1) 자동차 전기신호선의 귀환선을 차체를 공동으로 사용하므로 생기는 동상잡음의 결합(Common Ground Coupling)으로 차체의 순간적인 등전위가 무너지거나, 전자기적으로 약한 신호선과 이그니션 계통, 차량 기동모터, 각종 개폐접점점과 같은 잡음원이 신호전압과 등가적으로 직렬구조를 갖는다. 쉽게 설명하면 1.5V 배터리(접지선/신호귀환선을 공통으로 사용하여 발생된 잡음전압) + 1.5 배터리(전달하려는 신호전압) = 3V
- 2) 자동차에 사용하는 전자제어장치(ECU) 자체는 가장 완벽한 전자파 내성 시험을 통과한 제품을 사용
- 3) ECU 에 사용하는 프로세서의 동작전압이 다음 표 2 와 같이 낮아 지고 속도는 빨라졌으며, 자동차의 제어범위가 매우 넓어지고 지능화 됨.

표 2. 자동차 ECU 의 프로세서 동작전압에 따른 오동작 발생 전압

자동차 유형	프로세서 제어 전압	오동작 발생전압
1.구형 기계식 자동차		12V or 24V 개폐
2.ECU 1 (제어범위가 좁음)	5V logic 채택	2.3 V
3.ECU 2 (제어범위가 넓고 다양한 전기전자기기를 탑재)	3V logic 채택	1.1 V
4.S/W 적인 원인	S/W 의 watch dog 기능 부재 ? (미미 대책 되어 있을 것임)	

- 4) 자동차의 급발진을 일으키는 자동차내 잡음원의 주파수는 30MHz 이하 낮은 주파수 세력에 의해 오동작을 일으킨다. 왜냐하면 자동차의 하네스 길이를 최대 5m 즉, 0.5 파장의 길이를 5m 보면 30MHz 이다. 자동차에서 발생하는 전자파 잡음원중에서 30MHz 이하의 전자파를 발생시키는 비교적 세력이 큰 잡음원으로는 Start switch, 전력변환기(하이브리드 자동차인 경우), 각종 개폐접점 등이 있다. anf
물론 자동차 하네스의 길이가 짧은 것도 있으나 이는 루프의 면적이 작아져 Common ground coupling 의 영향이 비교적 적고, ECU 내 각종 필터류의 감쇠량이 뛰어나 영향이 작다.
- 5) ECU 의 오동작을 일으키는 입출선의 종류, 즉 외부 전자파에 민감한 배선류는 각종 센서 선이다. 각종 센서선의 검출신호는 비교적 낮은 주파수세력으로 10kHz 미만일 것이다.
- 6) 위 4)와 5)의 관계에서 오동작 원인을 찾아 볼 수 있다.
- 7) 이외에서 S/W 적인 것, 어떤 원인에 의해 프로세서의 reset 등 다양한 원인이 있을 수 있겠으나 위 1)-5)에 의해 자동차의 급발진이 일어나는 것이 30 여년 이 분야를 전공해온 필자의 경험에 의하면 거의 확실하다.
- 8) 결론적으로 자동차의 급발진은 자동차 배선체계를 2 선 방식을 사용하지 않고 차체를 신호 귀환로로 사용, 접지선 공통 결합잡음이 ECU 의 센서선 등에 유도되어 오동작이 발생될 확률이 90% 이상이다. ECU 를 오동작 시키는 잡음원은 각종 dc 개폐성 잡음일 확률이 매우 높다.

2.2 원인 분석

2.1 의 2)와 같이 자동차에 사용되는 전자제어장치(ECU)는 현용 전자파 내성시험의 가장 가속도가 높은 시험을 하여 합격했는데 왜 오동작을 일으키는가?

그 원인은 2.1 의 1)- 5)과 같은 원인에 의해 오동작을 일으킨다.

표 2 에서 보는 바와 같이 자동차의 제어에 사용하는 프로세서의 동작전압이 3V 로직을 사용하게 되므로서 ECU 는 Start SW, 얼터레이터, 점화 프러그 등에서 발생하는 순간 서지성분의 전자파 잡음에 의해 차체의 등전위가 무너지거나 배선의 Common mode coupling 에 의해 오동작이 발생된다.

오동작 발생 유형은 급발진 외에 갑자기 도어가 열리지 않는다든지, 매우 다양한 형태의 오동작이 실제 차량에서 발생된다. 발생한 오동작 중에 우연히 유류가속 신호 전달에 오동작이 발생하면 급발진하는 것이다.

ECU 의 S/W 적 문제에 의해 오동작이 발생되는가?

S/W 자체적인 문제보다도 앞서 언급한 전자기적 결함은 이론상 완벽하게 H/W 적으로 제거되지 못하기 때문에 발생하는 전자기적 오동작을 보조적으로 줄일 수 있는 구조를 갖는 S/W 인지 아닌지가 중요하다. 예를 들어 ECU 의 제어 명령 수행에 있어 가속신호, 브레이크 제어, 도어개폐 등 중요한 신호처리 명령은 μS 단위의 시차를 두고 해당 명령이 참인지 거짓인지 1-2 번 확인하도록 S/W 를 구성하는 방법, 현재 현대차에 적용하고 있어 많은 효과를 거둔 시동중 급발진 방지를 위해 자동차가 P 의 위치에 있지 않거나 브레이크를 밟지 않고는 시동이 걸리지 않도록 하는 것 등이 자동차 구조를 이해한 S/W 적 대책이다.

ECU 의 S/W 적 원인에 의한 오동작 발생 확률은 존재한다. 다만, 자동차 운행구조를 충분히 이해하고 경험 많은 S/W Engineer 가 개발한 S/W 로 비교적 자동차용 S/W 구조는 단순하므로 구조론에 대해 H/W 측 경험자의 충분한 검토가 있으면 크게 문제 되지는 않을 것이다.

자동차 전자파 내성시험 항목의 선택과 시험레벨은 적정한가?

일반적으로 모든 자동차는 각 부품별 전자파 적합시험을 실시하고 있다. 다만 전자파 내성시험항목의 시험목적에 대한 불충분한 이해, 많은 규격중에 어떤 시험항목이 자동차의 급발진 또는 오동작 발생과 밀접한 관계가 있는지에 대한 연구, 시험조건에 있어서도 케이블의 길이, 접지조건이 매우 중요한데 이를 거의 무시하고 있다. 특히 자동차의 경우 모든 전기회로 및 구조물을 금속판상에 노출시키고 실제 사용하는 하네스를 이용한 전기. 전자 제어계 전체 시스템에 대한 전자파 시험이 반드시 요구된다. 단품별 시험합격 여부는 크게 중요하지 않으며, 부분품과 하네스를 조합하여 시스템을 구성했을 때 존재하게 될 Ground Loop 에 의한 오동작 발생여부를 시험해야 하는데 현장에서는 그렇지 못하다. 자동차의 오동작은 ECU 에서 일어나지만, 오동작을 일으키게하는 것은 사람의 손발과 입에 해당되는 각종 배선을 통해 유도되어 일어나며 전원변동이 중요하다.

자동차에 적용하는 시험레벨은 어떤가? 이 역시 자동차에서 실제 발생하는 각종 개폐성 서지, 전원변환기에 의한 고조파 발생, 각종 모터에서 발생하는 잡음주파수와 잡음레벨에 대한 충분한 연구가 되지 않은 채 그저 다른 회사에서 이 시험을 이 레벨로 하니 우리도 한다는 식이

되어서는 아니된다. 자동차의 전자파 내성시험관련 많은 국제기준이 있지만 그것 역시 완벽한 것은 결코 아니다.

자동차 급발진을 포함한 각종 오동작 발생이 시험설비가 없어서인가 아니면 사람이 문제인가?

현대 자동차만해도 엄청난 금액의 전자파 시험설비를 2-3 개씩 갖추고 있고, 자동차 부품연구원 등이 측면에서 지원을 해주고 있어 국내의 자동차 전자파 적합 시험설비는 국제적으로 전혀 손색이 없다. 다만 문제되는 것은 이를 운용하는 사람이 문제다.

어떤 규격이 있어 이에 따라 시험을 하여 합부만 결정하면 문제가 없는 것으로 생각하기 쉬운데 전혀 그렇지 않다. 어떤 규격이 있으면 이 규격이 왜 무엇을 위해 만들어 졌는지 시험방법과 절차는 적합한지 정확한 물리적 의미를 충분히 파악하고 유효하게 시험하는 기술자가 없다.

엔지니어 대부분이 자기가 최고라는 생각을 가지고 EMC 전문가의 도움을 받으려 하지 않는 것이 가장 큰 문제로 생각된다. 세상에는 각각의 영역에서 최고의 기술자가 있는데 이들을 잘 활용하지 않거나, 자동차 설계시 반드시 EMC engineering 을 전문가에게 맡겨 그들의 장점을 받아 드릴 필요가 있다.

또 한가지 간과하지 말아야 할 것은 자동차 회사의 공통점으로 Top level 관리자가 전자.전기를 전공한 사람이 아니고 대부분 기계를 전공한 보수적인 사람들로 비록 EMC 실무자가 어떤 현상과 대책에 대해 개선안을 제안을 해도 위에서 잘 받아 들여지지 않는 것에 큰 문제가 있다. 일반적으로 전자파에 의한 오동작 발생의 경우의 수는 2^{29} 정도로 매우 많다.

기계적 결함은 그 원인이 매우 명확하고 비교적 쉽게 파악되지만, 전자기적인 오동작은 인과관계를 정확하게 해석하는 것이 불가능에 가깝다.

하이브리드 자동차, 전기자동차는 전자파로부터 안전한가?

전혀 그렇지 못하다. 왜냐하면 자동차를 구동하는데 DC 를 사용하지 않고 전력변환기를 사용하여 AC 형태로 에너지를 모터에 전달하므로 전자파 문제가 기존 엔진 자동차에 비해 더욱 심각하다. 만일 전자파적인 문제를 완벽하게 개선하지 않고 출하된다면 앞으로 일어날 자동차 오동작 발생은 더욱 늘어 날 것이다.

3. 자동차의 급발진을 포함한 각종 오동작을 어떻게 최소화 시킬 수 있는가?

-전기. 전자적으로 자동으로 제어되는 최신형 자동차의 접지체계를 바꾸어야 한다. 즉, 옛날부터 사용하던 1 선 제어방식을 2 선 제어 방식으로 반드시 변경하여 차체에 의한 Ground Loop 발생을 없애야 한다.(하네스의 무게증가, 원가 증가 있을 수 있음)

-신차 설계시 외부 전자파 전문가로부터 EMC engineering 을 반드시 받도록 하여 대응설계를 한다.

-자동차의 기능 추가시 배선은 반드시 광케이블을 이용한 신호전송방식을 적극적으로 채택한다. - 자동차 회사내 EMC 팀에 대해 EMC 교육을 철저하게 시킨다. 자동차의 전자파 시험이 왜하는지 목적부터 철저하게 주지 시키고 물리적인 의미를 충분히 파악하도록 한다.

-기동스위치 등 DC12V 를 단속하는 개폐접점에 CR snubber 를 부착한다.

-시험항목, 시험레벨이 시험목적과 현실에 적합한지를 적극적으로 연구하여 자동차에서 발생하는 실제 전자파에 대한 연구를 토대로 시험항목과 시험레벨을 정하고 시험절차를 자체적으로 마련할 필요가 있다. 필요에 의한 독립적인 자체 시험항목을 발굴한다.

-고정된 기계식 자동차 구조설계의 개념을 버리고 EMC 실무자의 의견을 존중하고 채택하라. 실무진에서 전자기적인 문제점이 발생되면 관리자 들도 과거의 고정관념을 버리고 적극적으로 새로운 배선방법, 부품취부, S/W 개선에 적극성을 가져야 하며, 필요시 EMC 실무자 또는 전기전자 전공자가 관리자가 될 수 있도록 기회를 마련해 주어야 한다.

-측정장비와 설비가 중요한 것이 아니라, 사람이 중요하므로 EMC 분야 실력 있는 사람을 양성하고 현재 자동차 급발진 문제는 문제된 도요다 자동차만의 문제가 아니라 모든 자동차 회사가 안고 있는 공통사항임을 명심하여, 근본적인 문제를 해결할 수 있는 방법을 빨리 찾아야 앞으로 자신에게 닥쳐올 재난을 사전에 방지 할 수 있을 것이다. (필요시 사내외 국내 EMC 전문가로 구성된 자동차 오동작 방지를 위한 전문 연구팀을 구성하여 대응)

- 하이브리드, 전기자동차에 대한 전자파적인 오동작 발생은 기존 엔진 자동차에 비해 매우 심각한 수준으로 발생할 것이므로 철저한 대책을 수립하여 출하되어야 한다.

4. 자동차 급발진 문제를 간과하면 세계적으로 잘 나가는 현대자동차도 단 한 순간에 회사가 어려움에 처 할 수 있음을 유념해야 한다.

하네스의 무게, 원가 상승을 두려워하거나 기존 차체설계 개념에서 벗어나지 못하고 새로운 자동차 기능 이나 부품이 개발되면 나중에 개발된 제품이나 부품이 문제의 책임을 지고 해결하라는 사고를 버려야 살아 남을 수 있다.

자동차 기존 차체설계의 개념을 혁명적으로 바꾸지 않으면 자동차의 급발진은 계속적으로 발생할 것이다. 과연 세계 어떤 자동차 회사가 원가상승, 리터당 주행거리가 짧아지는 단점이 있는데 이를 무릅쓰고 먼저 이를 개선하느냐에 자동차 회사의 장래 생존이 달려있다.

5. 자동차의 급발진에 대한 원인분석과 대책, 몰라서 못하는 것이 아니라 알고도 못하는 것이다. 자동차 급발진 원인분석과 대책 방법은 분명히 존재한다.

본 문건의 작성목적은 1987 년부터 현재까지 23 년 동안 자동차 부품, 완성차에 대해 전자파 시험과 대책을 전문으로 해온 주)한국기술연구소의 필자가 조금이나마 국익에 보탬이 되고자 작성한 내용으로 제시된 문제점, 각각의 대안에 대한 기술적, 도의적 책임을 작성자가 진다.

본문에 제시한 기술적 사항에 대한 문의와 토론은 언제나 환영합니다.

작성일 : 2010. 02.15

작성자 : 주)한국기술연구소(전자파, 무선기기 KOLAS 공인시험기관, 교정기관, EMC engineering)

소장/공박/한국인터넷방송통신학회 부회장

민 경 찬

emc.re.kr minkti@naver.com 82-31-763-6709 Mobile: 82-10-8600-5257