

시스템 문제발견 알고리즘: ARIZf

한미우[†] · 최은록* · 김현성**

Algorithm for System Problem Finding: ARIZf

Miwoo Han, Eunrok Choi and Hyunsung Kim

Key Words: ARIZ, Engineering Changes, Function Analysis, Human Factors, Noise Factor, Prevention, Problem Finding, Problem Solving, Robust Engineering, System Failure

Abstract

본 연구에서는 TRIZ의 문제해결 알고리즘인 ARIZs와 별도로 신기술 개발 시 잘 인지되지 않는 시스템 문제발견 알고리즘인 ARIZf를 글로벌 자동차 기업에서 3년간의 연구를 거쳐 개발하였다. ARIZf는 시스템 정의, 시스템 모델링, 시스템 분석 그리고 위험평가 및 대책의 4개 단계를 가지고 있고 각 단계마다 QFD, TRIZ, Robust Engineering, FMEA, 신뢰성 공학기법들이 융합되어 있다. ARIZf는 2011년부터 매년 200건 이상의 신기술에 적용되어 5,000억원/년 이상 사전예방효과가 가져왔다.

기호설명

ARIZf : 새롭게 개발되는 기술이나 시스템 (하드웨어, 소프트웨어, 서비스, 프로세스)의 잠재 문제를 발견하는 알고리즘. f는 Problem Finding을 의미.

ARIZs : 기존 TRIZ의 문제해결 알고리즘인 ARIZ를 ARIZf와 구분하기 위해 도입된 용어. s는 Problem Solving을 의미함.

1. 서 론

최근에 시장에 출시된 신차들에서 신기술 품질문제가 발생하여 해당 사양이 삭제되거나 신차 판매가 연기되는 경우가 자주 발생되고 있었다.¹⁾ 이런 문제들로 인해 클레임 비용의 발생뿐만 아니라 기업 이미지가 훼손되고 결정적으로 5년 넘게 걸려 개발한 신차의 이미지가 크게 실추되어 해당 차량의 성공적인 시장진입을 어렵게 만들고 수익성을 악화시키는

결과를 초래한다.

이러한 이유로 자동차 산업에서는 신차 품질문제 발생을 개발단계에서 어떻게 하면 예방할 수 있는지에 대한 논의가 오래 동안 진행되었고 그 논의의 귀결점 대부분은 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) 실시를 통해 신차 품질문제 발생을 예방하자는 것이었다.

하지만 자동차 산업에서는 오래 전부터 FMEA가 이미 사용되고 있었기 때문에 단순히 FMEA 실시를 재천명한다고 해서 신차 품질문제가 예방된다는 것을 보증할 수가 없었다. 그래서 국내 자동차 기업에서는 기존 FMEA의 문제점을 극복하고 우리나라 연구원들의 특성과 개발 프로세스에 맞는 새로운 패러다임의 FMEA가 요구 되었다.

위와 같은 배경하에 본 연구팀은 자동차 산업에서 실행되고 있던 기존 FMEA에 대한 자료를 수집, 분석하여 문제점을 파악하고 개선안을 만들기 위한 연구작업을 시작하였다.

[†] 스피드기술경영연구소
E-mail : miwoohan@gmail.com
TEL : (010)5007-8451

* 두산인프라코어
** GM 코리아

본 연구의 목적은 다음과 같다.

- 신제품개발 초기단계에 기술시스템 품질문제 사전예방을 위한 이론 정립

- 개발된 이론을 적용한 사전예방 사례 발굴
 - 신기술 품질문제 사전예방 활동의 성과 확인
- 위의 목적을 달성하기 위해서 본 연구에서는

- 1) 기술시스템 개발 과정에서 연구원들이 필드에서 발생될 품질문제를 예방하지 못하는 원인 규명
- 2) 舊FMEA현상 파악과 분석을 통해 기존 FMEA 문제점 확인
- 3) 연구원의 엔지니어링 창의성을 향상시키고 설계완성도를 높이기 위해서 기존 FMEA, TRIZ, Robust Engineering, Human Needs Study 등과 같은 공학기법들을 융합한 새로운 기법 고안
- 4) 신기술 품질문제 사전예방 이론을 실제개발 활동에 적용하여 이론의 타당성 검증
- 5) 마지막으로 본 이론이 적용되어 나타난 성과를 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 기술개발 활동에서 Human Factors

기술이나 제품의 개발업무에서 엔지니어들은 인간으로서 모두가 가지고 있는 기본적인 인지심리학 측면의 Human Factor들이 작용하는 환경에서 일을 하고 있다. 이것들은 인간이 효과적으로 임무수행을 하기 위해 발전된 것들이나 경우에 따라서는 이러한 특성 때문에 보편적 인간으로서 피할 수 없는 에러를 범하게 된다.

2.1.1 패턴 인식

인간은 사물을 인식함에 있어서 세부적인 모든 것에 대한 기억을 가지고 인식하는 것이 아니라 대략적인 중요 패턴 형태의 기억으로 사물을 인식한다.

Table.1은 FMEA에 대한 설명 중 일부인데 글자들 대부분이 오류를 가지고 있지만 인간의 뇌가 이것을 큰 어려움 없이 읽을 수 있다는 것을 우리는 알 수 있다. 이러한 패턴 인식 Human

Factor는 사물에 대한 정보를 축약시켜 인간 두뇌의 정보처리 부하를 줄여주어 빠른 인식과 판단을 할 수 있게 해주는 장점이 있는 반면, 반대로 잘못된 정보가 이와 같이 들어가 있더라도 그것을 발견하지 못하고 그냥 통과시킬 확률도 매우 높게 되는 문제도 동시에 가지고 있다.

Table 1. Pattern recognition: we can read this sentence and even understand the meaning

The parmiry otbjecive of the FMEA porecss is to iedntify peotintal hgih rsiks and try to keep tshose hgih rsiks form orrccuing in the end purodct or if that conant be aicpcomlshed, tehn to mminiize the rsik eefecfts to the end pcrdut uesr.

2.1.2 심리적 관성

사물, 사실에 대한 인간의 인식이 과거의 지식, 정보에 의존하여 결정되는 심리적 관성이 존재한다.



Figure 1. This picture can be perceived as an old woman or a young woman depending on precondition

위의 Figure.1은 어떤 사람에게서는 아름다운 젊은 여성이, 다른 사람에게서는 늙은 노파가 보이는 이중얼굴을 가지는 여성 그림이다. 이 그림을 사람들에게 보여주기 전에 사람들을 2개 그룹으로 나눠서 한 그룹에는 젊은 여성 그림을, 다른 그룹에게는 늙은 노파 그림을 10초 동안 보여주고 이 이중얼굴 그림을 보여주면 자신들이 이전에 보았던 여성상을 이 그림에서 보게 된다. 결국 인간은 사전에 입력된 정보에 의해서 사물에 대한 인식을 달리한다는 심리적 관성 Human Factor를 가지고 있음을 알 수 있다.

하버드 비즈니스 스쿨에서 이러한 지각실험이

이루어지고 있는 것을 목격한 Covey(1989)는 인간은 미리 주어진 조건이 인간의 시각 패러다임(사고의 지도)에 강력한 영향을 미친다는 것을 파악했다. 인간은 사물을 볼 때 각자가 그 사물을 있는 그대로 본다고 생각하는 경향(자신이 객관적이라는 생각)을 가지고 있는데 실제로는 이전에 형성된 주관적 관점에서 본다는 것이다.²⁾

이러한 인간의 특성으로 인해 엔지니어가 자기 분야의 전문가 일수록 시스템, 환경의 변경점이 발생한 상태에서도 자신의 지식과 판단에 집착이 커서 변경으로 인해 새롭게 발생하는 문제점을 발견하지 못하는 오류를 더 쉽게 범하게 된다.

2.1.3 제한된 지식

보편적 인간으로서 엔지니어는 기술시스템 개발에 필요한 기계, 전자, 화학, 재료, 전기, Software 등의 공학적 지식과 고객, 생산, 구매, 업체, 시장에 대한 정보를 모두 인지, 기억하는 것이 불가능하고 오로지 제한된 특정 분야의 지식만을 가질 수 밖에 없는 Human Factor를 가지고 있다. 그래서 기술시스템의 설계자는 이러한 정보를 모두 가지고 있지 못하기 때문에 설계자 단독으로는 불완전한 설계를 할 수 밖에 없는 한계를 가지고 있다.

2.1.4 시간제약 상황에서 작업 수행도 하락

보편적 인간으로서 엔지니어는 기술시스템을 개발하는 활동에서 시간적 제약에 의한 스트레스를 받으면 일부 사람들은 잠시 동안 업무 수행도가 향상되지만 일정 강도 이상의 스트레스 상황에 처하면 급격하게 저하되는 특성을 가지고 있고 대부분의 사람들은 시간제약 스트레스에 반비례하여 업무수행 능력이 저하되며 일정 수준 이상의 스트레스에서는 패닉 상태에 빠지게 되어 정상적인 인지, 판단, 행동을 하지 못하는 결과를 초래한다.³⁾

2.1.5 의사소통의 한계

일반 고객이 사용하게 될 기술시스템을 개발하기 위해서는 엔지니어들은 서로 다른 분야의 지식, 정보들을 통합해야 한다. 이러한 의사소통의 활동에서 보편적 인간으로서 엔지니어는 2가지 측면에서 한계를 가지고 있다. 첫 번째는 1:1 정보 전달 과정에서 정보 손실, 변형이 발생하는데 정보 손실량은 한 사람을 거칠

때 마다 50% 정도가 발생하는 것으로 알려져 있다. 두 번째는 시간의 흐름에 따른 인간 기억 내용의 소멸현상이다. 엔지니어는 수많은 정신적 부하를 매일 받으면서 두뇌를 사용한다. 한 번 입력된 정보가 재현 가능한 형태로 특정 매체에 저장되어 있지 않다면 1주일의 시간 동안 최초 인지한 정보량의 대다수는 소멸되는 현상을 겪게 된다. 이러한 인간의 한계는 기술이 복잡해지고 융복합되는 오늘날 기술개발 환경에서는 과학적 도구와 프로세스가 제공되지 않는다면 보편적 인간으로서 엔지니어는 항상 불완전한 행동과 에러를 범할 가능성을 항상 가지고 있다.

2.2 舊 FMEA 현황과 문제점

2.2.1 舊 FMEA 현황

여기에 1949년 9월 미국 항공기 산업에서 FMEA가 최초로 사용되었다. 이때 항공기 산업에서는 프로펠러 엔진에서 제트엔진으로 기술이 발전함에 따라 새롭게 추가되는 부품들(유압장치, 전기장치)의 복잡성 때문에 수많은 품질, 신뢰성 문제가 발생하였는데 이러한 문제점을 예방하기 위해서 FMEA가 고안되어 사용되었다. 그 후 1965년 미 항공우주국 NASA, 1970년대 미국 자동차 산업에서 FMEA를 사용하기 시작하였으며 1990년대에는 생산공정으로 적용 범위가 확대되었다.

국내 자동차 산업에서도 90년대 후반부터 FMEA를 도입하여 사용하였으나 그 때에는 신제품개발에서 신기술 적용은 대부분 타회사에서 검증된 신기술을 Fast Follower 정책으로 도입하여 적용하였기 때문에 기술시스템의 변경점이 적어 설계상의 심각한 신뢰성, 품질 문제가 이슈가 되지 않았다.

하지만 2000년대 후반부터 시장 진입자로서 단계를 넘어 국내 자동차 기업의 초기품질 및 내구품질이 어느 정도 확보되고 난 후 시장의 메이저 기업이 됨에 따라 Figure.2 에서처럼 세계시장에서 시장리더가 되기 위한 노력들이 이루어졌는데 고객의 감동품질을 향상시키기 위해서 세계 리더 기업들과 거의 동시에 신기술, 감성 기술의 차량 적용이 증가하였다. 하지만 이러한 시도는 이전 시대에는 경험하지 못한 전혀 새로운 품질문제들을 유발하게 되었는데 연구개발부문에서는 이것에 대한 대책이 절실하게

요구되었다.

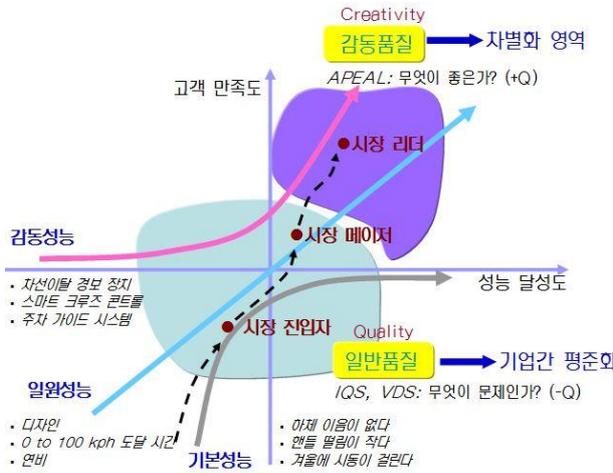


Figure 2. Basic quality and exciting quality

2.2.2 舊 FMEA 문제점

미국, 유럽 등 대부분의 기업들은 Figure.3 의 양식으로 FMEA를 실시하고 있다.^{4),5),6)} 국내 자동차 산업에서도 2011년 중반까지 이와 같은 양식으로 FMEA를 실시 해 왔으나 신기술이 적용된 신차가 시장에 출시된 이후 품질문제가 다량 발생하여 신기술품질문제 사전예방에 대한 관심이 높아지는 계기가 되었다.

부품 기능	잠재적 고장 모드	잠재적 고장영향	S E V E R I T Y	잠재적 고장원인 메커니즘	O C C U R R E N C E	현재 설계관리 (예방 및 감시)	D E T E C T I O N	중고조치 사항	조치됨 및 목적일	조치 완료				
										조치 사항	S O L U T I O N	D R P P E N D E N C E		
Front Suspension Module	NOISE	주행중 고객 불만	5	조립 불량	4	모듈 도면 TQ 규제 ARM류 청각 각도 및 공차 규제	6	120 조립 확인 JIG CHK	완성관리 검사장서 확인	조립 확인 JIG 검사장서 확인	5	2	2	20

기능명: IN-LINE 조립 공정 축소 및 원가 절감을 위해 CMBR, ARM류, STAB BAR 등의 SUSP 부품들을 조립 단위로 구성하는 부품

Figure 3. Classical FMEA example

위의 방식으로 전개된 FMEA는 국내 자동차 업계 엔지니어들의 일하는 방식에는 적합하지 않았는데, 1) 시스템에 대한 정의가 불명확하고, 2) 기술개발과 관련된 전문가들의 협력에 의한 검토가 이루어 지지 않았으며, 3) 시스템 관점에서 문제가 검토되는 것이 아니라 주로 협력사 부품에 대해서 설계 검토가 이루어졌다. 게다가 4) 자동차 메이커 엔지니어들의 활동이라기 보다는 부품 업체가 자사의 부품승인을 획득하기 위한 형식적인 서류로서 FMEA가 활용됨에 따라 FMEA 본연의 기능인 약점 공유가 이루어 지지 않았다. 이러한 문제점을 파악하고 본 연구팀에서는 국내 자동차 산업 엔지니어의 사고방식과 개발프로세스,

그리고 기술개발과 관련된 엔지니어링 도구들을 종합적으로 검토하여 기술시스템 품질문제를 사전에 예방할 수 있는 엔지니어링 기법을 고안하게 되었다.

2.3 기술시스템 품질문제 사전예방 전략

2.3.1 문제해결의 열쇠: 문제발견

신제품을 개발하여 시장에 출시한 후 발생한 품질문제들에 대하여 원인 분석을 해보면 품질문제가 개발단계에 해결되지 못한 이유로는 Figure.4의 기존 패러다임에서처럼 대부분은 기술적인 어려움 (단순원인 문제해결 C1, 복합원인/갈등원인 문제해결 C2) 때문이 아니라 필드에서 문제로 발전될 잠재적 가능성이 있는 문제(A-B)가 존재하고 있다는 것을 엔지니어들이 개발단계에서는 인지하지 못했기 때문이었다.



Figure 4. Paradigm shift for problem solving

엔지니어들이 위와 같이 잠재적 문제들을 사전에 인식하지 못하는 것은 엔지니어들의 의식이나 능력, 태도에 문제가 있어서가 아니라 2.1절에서 논의했던 보편적 인간으로서 가지는 인간의 고유한 속성 때문이라는 것을 전제로 두고 기술시스템 품질문제를 해결하는 방법을 고안해야만 진정한 대책이 될 수 있다는 것을 알아야 한다.

그래서 개발단계에 필드 차량 품질문제(D)를 사전에 해결하기 위해서는 기술시스템 개발의 새로운 패러다임 구축으로 차량개발 초기단계부터 무엇이 문제인지(B)를 엔지니어들이 인지하게 하는 것이 무엇보다도 중요하다. 이러한 이유로 본 연구에서는 엔지니어들의 문제발견의 강력한 도구로 ARIZf를 개발하게 되었다.

2.3.2 문제해결 방법: 경험공학, TRIZ (ARIZs), RE 엔지니어링 분야에서 거의 대부분 노력들이

문제해결에 대해서 이루어진다. 하지만 실제 필드에서 회사를 위협에 빠트리는 대부분의 문제는 엔지니어들이 문제해결을 하기가 어려운 난이도가 높은 문제가 아니라 설계단계에서 그 문제만 알아차리기만 하면 쉽게 해결할 수 있는 문제들이다. 따라서 문제해결의 최선의 방법은 기술시스템 개발 초기에 잠재된 문제를 발견하는 것이다. 문제만 발견하면 적어도 국내 자동차 산업의 엔지니어들은 문제해결에는 큰 어려움을 겪지 않는다.

기술시스템 개발에서 대부분의 문제는 Table. 2에서 보는 바와 같이 단순원인에 기인한 문제들인데 이것들은 엔지니어들이 축적한 지식과 과거 경험, 그리고 직관적 사고를 통해서 해결할 수 있는 것들이다.

Table 2. Different approaches to solve problems according to the types of causes

구분	원인	난이도		해결방법	발생비율
		문제발견	문제해결		
시스템 갈등이 없는 문제	단순원인	어렵다	쉽다	경험공학	90%
	복합원인	어렵다	어렵다	강건설계(RE)	5%
시스템 갈등이 있는 문제	갈등원인	알고 있으나 무시	어렵다	TRIZ(ARIZs)	5%

하지만 경험적 접근으로 해결이 되지 않는 문제들이 있다. 이러한 문제들은 복합원인에 기인하거나 시스템 갈등을 가지고 있는 문제들인데 10% 정도의 비중을 차지하고 있다. 이럴 경우, 시스템 갈등이 없는 복합원인의 문제는 Robust Engineering(강건설계)을 활용하여 해결하는 것이 유용하고 시스템 갈등이 있는 문제는 TRIZ를 통해서 해결하는 것이 효과적이다.^{7),8),9)}

2.3.3 사전예방: 지렛대 효과

신제품이나 신기술의 개발에서 투자대비 효과는 제품설계 단계는 1:100의 효과가 있으나 제품이 시장에 출시 후 고객단계에서 문제가 발생하여 수정이 이루어질 경우 Figure.3에서 처럼 10:1의 마이너스 효과가 발생한다.¹⁰⁾

낮은 품질로 인한 비용은 필드 클레임, 보증, 수리/제작업, 생산 비용과 같은 표면적인 코스트 보다는 고객불만족, 개발 비효율성, 사업 지속성

실패(브랜드 충성도 상실), 높은 직원 이직률 등과 같은 보이지 않는 비용이 훨씬 크다. 따라서 제품개발 초기단계에서의 사전예방 활동을 통한 제품품질의 확보는 어떤 다른 품질혁신 활동보다 중요하며 단지 가시적인 성과만을 바라보며 이를 소홀히 할 경우 기업이 생존의 위협에 노출하게 되는 것이 최근에 발생한 포드의 타이어 결함, 도요타 급발진 문제 등과 국내 자동차 업계의 브레이크 램프 스위치 문제 등 사례에서 배울 수 있는 교훈들이다.¹¹⁾

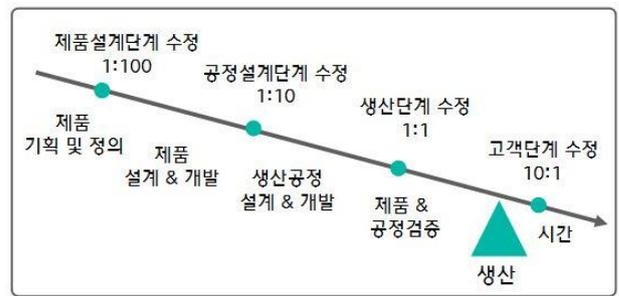


Figure 5. Leverage effect of engineering activities

2.4 사전예방 핵심이론: ARIZf

2.4.1 ARIZf 개념

보편적 인간으로서 엔지니어의 인지공학적 한계와 신제품 품질문제 발생구조 및 해결 방법, 그리고 舊 FMEA의 실행 현황과 문제점을 종합적으로 검토하여 신제품 품질문제 사전예방 전략을 수립하였는데 앞에서 검토한 바와 같이 1) 개발단계의 문제발견이 필드 문제해결의 핵심이다, 2) 발견된 문제의 대부분은 경험공학으로 해결가능하고 복합원인, 갈등원인 문제에 대해서는 TRIZ(ARIZs), 강건설계를 사용하여 해결하며, 3) 사전예방활동은 도면을 출도하기 전 설계단계에 실시한다는 3가지 전략이 수립되었다. 이러한 엔지니어 특성, 품질문제, FMEA에 대한 인식과 품질전략을 바탕으로 ARIZf가 창안되었다.

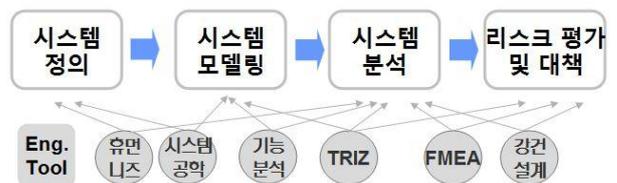


Figure 6. Convolution of engineering tools

ARIZf는 Figure.6 에서와 같이 시스템 정의, 시스템 모델링, 시스템 분석, 리스크 평가 및 대책 순으로 전개되는 프로세스를 가지고 있는데 각 프로세스에는 휴먼니즈조사, 시스템공학, 기능분석, TRIZ, FMEA 및 강건설계 엔지니어링 도구들이 융합되어 엔지니어들이 기술시스템 문제발견을 위한 논리적, 과학적 방법을 제공해주고 있다.

ARIZf 프로세스와 도구는 보편적 인간으로서 엔지니어가 가지는 심리학적인 한계를 극복하게 하기 위해서 고안되었으며 도구들의 기계적 단순결합이 아니라 인간 두뇌의 정보처리 프로세스와 시스템 설계 프로세스, 그리고 국내 자동차산업 엔지니어들의 업무 문화를 고려하여 설계가 이루어졌다. 연역적 사고와 귀납적 사고가 동시에 이루어질 수 있도록 절차와 도구를 배치하였다.

2.4.2 ARIZf 프로세스

ARIZf는 Figure.7에서 보는 바와 같이 4단계 프로세스를 가지고 있는데 각 단계는 세부절차들을 가지고 있다.



Figure 7. ARIZf process and activities

Step 1. 시스템 정의

이 단계에서는 시스템의 목적과 기능, 구성 컴포넌트들을 확인하고 과거에 발생했거나 현재 겪고 있는 주요 문제들을 확인 분석하며 현재 개발하고자 하는 기술 시스템의 7대 변경점(해당설계, 주변설계, 생산공장, 업체, 판매지, 판매시점, 당사자)을 확인한다. 그리고 휴먼니즈조사 기법에 의하여 제품수명주기 상의 주요장면들(PLC Scene)을 정의한다. 이러한 정의 과정을 통해 시스템의 고장을 유발할 잠재적 요인인 5대 노이즈 인자들을 확인한다.

Step 2. 시스템 모델링

Step 1에서 정의된 시스템 정보를 활용하여 컴포넌트 상호작용 분석을 실시한다. 이때에는 환경 및 주변에 존재하는 모든 컴포넌트들을 대상으로 삼으며 빠트리지 않고 검토하는 것이 중요하다. 시스템 컴포넌트들은 MATChEM이라는 에너지 필드에서 상호작용을 하는데 이것 또한 간과하지 않도록 세심한 주의가 필요하다.

시스템 컴포넌트 상호작용 분석에 근거하여 시스템 기능분석과 모델링이 이루어진다. 시스템 기능분석은 물리학적, 객관적 시각에서 수행하며 인간의 심리적 한계를 극복하는 강력한 도구이다. 시스템 정상상태의 모델링이 완료된 후 각 기능과 재질의 구체화 작업을 수행한다. 이것은 향후 전개될 시스템 분석에서 유용하게 활용된다.

Step 3. 시스템 분석

본 단계에서는 Step 1에서 정의된 장면과 변경점, 5대 노이즈 인자를 바탕으로 시스템 기능모델에 변화를 가하여 시스템의 잠재적 문제를 발생시킨다. 시스템 범위에서 먼저 분석을 수행하고 점차 세부 부품으로 분해 해상도를 높인다. 이때 고객사용조건, 시스템 간섭, 기후환경의 노이즈 인자에 대해서 시스템 범위의 고장분석이 우선 이루어 지고 그 다음으로 제조산포, 내구열화 노이즈 인자에 대해서 부품의 고장에 대해서 분석이 이루어 진다. 위의 분석이 완료되면 주요 고장모드에 대한 근본원인분석(RCA)을 수행한다. RCA는 주요 문제에 대해서 연역적 방법으로 시스템 고장과 원인을 찾아가는 방법이며 문제해결을 위해서는 반드시 근본원인에 대한 규명이 이루어져야 한다.

Step 4. 리스크 평가 및 대책 수립

이전 단계에서 도출된 고장과 원인에 대해서 리스크 평가를 수행한다. 고장의 심각도와 원인의 발생도를 고려하여 S(안전문제, 법규위반), A(주기능 정지), B(보조기능고장), C(좌중유발 상품성 문제), D(대책 불요 항목) 5단계 등급을 매긴다. 리스크 C등급 이상 항목에 대해서는 설계, 시험, 생산 측면에서 구체적 대책을 수립한다. 이렇게 수립된 대책은 개발단계의 각 Gate마다 점검이 이루어 지며 개발완성도가 올라감에 따라

시스템의 고장 리스크는 점차 감소하게 된다.

참고문헌

3. 결 론

연간 800만대 규모 또는 그 이상의 글로벌 판매를 하고 있는 자동차 기업들의 고질적인 품질문제를 연구개발단계에서 사전예방하기 위한 엔지니어링 기법인 ARIZf를 개발하고 적용하는 연구를 통하여 다음과 같은 성과를 얻었다.

(1) 신기술 품질문제 사전예방: 2011년 ~ 2013년 기간 동안 400여건의 신기술에 대해서 ARIZf를 사용하여 사전예방과제가 수행되어 약 6,000건의 신규 고장모드를 발견하여 대책을 수립하였다. 이 중에 안전관련 고장이 24%를 차지하였으며 클레임 예방비용으로 산출시에 9,800억원의 효과가 있었다.

(2) 인재육성: ARIZf를 전사적으로 확산하기 위해서 3,600여명의 생산부문, 계열/협력사 인원에 대해 개념소개 교육을 실시하였고 신기술 품질문제 사전예방활동을 리딩할 전문가를 사내에 110명, 협력사 인원 64명에게 실무능력확보 교육을 실시하였다.

(3) 개발업무 효율화: 신제품 양산전 대비 양산 후 EO발행율이 65% 줄었으며 Proto단계 문제 발행건수가 54%, 신차 출시 후 불량율이 70% 개선되는 효과가 있었다.

(4) 엔지니어링 협업문화 조성: ARIZf를 활용한 신제품 품질문제 사전예방활동을 통해 기술시스템 개발에 관련된 해당설계, 주변설계, 시험, 생산, 품질, 업체 담당자들이 개발초기부터 협력하여 시스템 고장을 발견하고 대책을 수립하는 활동을 전개함으로써 엔지니어링 협업문화를 구축할 수 있었다. 이것은 일회성 이벤트성 품질개선 활동이 아니라 장기적 지속성을 가지는 품질혁신 활동을 할 수 있는 기반으로 역할이 예상된다.

- (1) 한미우, 임용표, 이희성, 2012, “창의적 신기술 개발 융합기법 개발”, *현대자동차그룹 학술대회 논문집*
- (2) S. R. Covey, 1989, “The 7 Habits of Highly Effective People”, *FranklinCovey Company*
- (3) 이관석, 임현교, 신승현, 장성록, 김유창, 이광원, 2011, “휴먼에러의 예방과 관리”, *한솔아카데미*
- (4) Ford Motor Company, 2004, “FMEA Handbook Version 4.1”
- (5) AIAG, 2008, “Potential Failure Mode and Analysis (FMEA) Reference Manual, 4th Edition”
- (6) SAE International, 2009, “Surface Vehicle Standard SAE J1739”
- (7) V. Fey, E. Rivin, 2005, “Innovation on Demand-New Product Development Using TRIZ”,
- (8) D. Clausing, V. Fey, 2005, “Effective Innovation-The Development of Winning Technologies”, *ASME*
- (9) G.S. Altshuller, 1998, “The Innovation Algorithm”, *Technical Innovation Center*
- (10) D.H. Stamatis, 1995, “Failure Mode and Effect Analysis-FMEA from Theory to Execution”2nd edition, *ASQ Quality Press*
- (11) 吉村 達彦, 2011, “想定外を想定する未然防止手法”, *日科技連出版社*