

## 릴레이 복귀전압 신뢰성 향상을 위한 6시그마 프로젝트 사례연구

- A Six Sigma Project for Reducing the Make pressure  
problem of Relay -

김 현 수 \*

Kim Hyun Soo

이 화 기 \*\*

Lee Hwa Ki

김 판 조 \*\*

Kim Pan Joe

### Abstract

This paper studies on the quality problem for the Reley using the 6 sigma process. The application of 6 sigma process suggested reliable and valuable statistical data for the quality of the Relay at the production line. In the measurement step in 6 sigma process, the FMEA(filure mode effect analysis) were used for the detection of problem source. The application of 6 sigma process gave the improving method for the quality of the Relay. Consequently the 6 sigma process was proved very effective for the quality problem reducing at the production line.

**Keyword : 6 sigma, FMEA**

---

\* 인하대학교 공학대학원 산업공학과

\*\* 인하대학교 기계공학부 산업공학전공

## 1. 서론

선진국에서는 일찍부터 제품의 결함 발생은 소비자의 외면을 가져오는 것으로 파악하였다. 그래서 제품의 결함을 줄이기 위한 다양한 품질관리 기법을 동원하여 왔다.

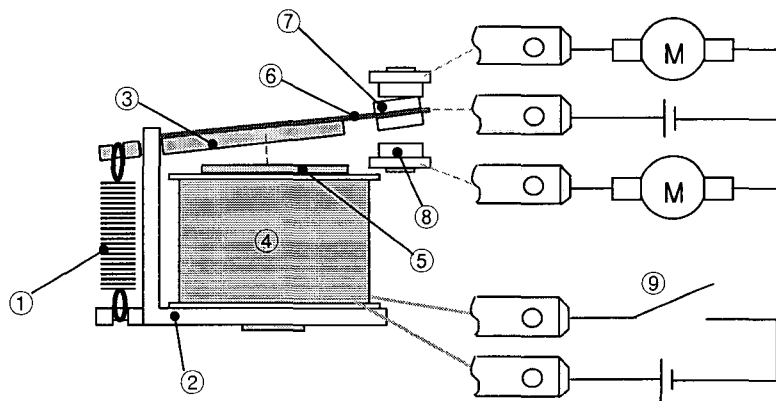
1960년대 일본의 분임조 활동에서부터 시작한 QC 활동은 이후 TQC(total quality control), TQM(total quality management) 등으로 발전하여 전세계적으로 소개되게 되었으나 세계적인 품질 개선 활동 기법으로 발전되기에는 한계가 있었다. 특히 20세기 말 소비자의 인식이 발전됨에 따라 만들어진 PL법(product liability, 제조물 책임법), ISO 9000 등의 인증 규격들은 기존의 품질관리 기법으로서는 한계를 느끼게 되었다.

1980년대 말 미국 MOTOROLA에서 품질개선에 주안점을 둔 기업경영의 전략으로 시작된 6 시그마 프로세스는 미국의 GE, EM IBM, 일본의 SONY 등 다국적 기업들이 채택하여 획기적 효과를 거둠에 따라 품질관리에 있어 많은 회사에서 적용하게 되었다. 따라서 국제 인증 규격인 ISO 9000, QC 9000, ISO14000의 품질관리 관련 프로세스에도 6 시그마 프로세스가 기본이 되고 있다. 따라서 국내 기업도 세계 시장으로 진출하기 위해서는 국제규격 인증을 받아야 하고 이를 위해서 6 시그마 프로세스를 이용할 수 밖에 없는 상황이다. 6시그마 프로세스는 문제 해결을 위한 Road Map이 명확할 뿐만 아니라 각각의 품질관리 기법의 용어를 통일하고 그 관리를 근본적으로 하여 품질 개선의 효과를 높였다.

이에 본 논문에서는 6 시그마 프로세스 기법을 적용하여 자동차용 Relay의 Coil 단선에 관한 연구를 수행하여 양산 라인의 품질 개선을 통한 Coil 단선 개선 방안을 제시하고자 하였다.

## 2. Relay의 구조

본 연구에 사용된 Relay의 구조는 < 그림 1 > 및 < 표 1 >과 같다.



< 그림 1 > Relay의 구조

< 표 1 > Relay 부품 명칭

No	Parts Name	No	Parts Name	No	Parts Name
1	Spring	4	Coil	7	M-contact
2	Yoke	5	Pole Core	8	F-contact
3	Armature	6	M-contactor	9	Switch

Relay의 작동 원리는 다음과 같다.

- 1) Relay 의 Coil 단자에 전압을 인가하면 Coil에 전류가 흐른다.
- 2) Coil의 전류가 흐르므로 Pole Core가 자화된다.
- 3) 자화된 Pole Core는 Armature를 끌어 당겨서 Pole Core와 Armature가 흡착하게 된다.
- 4) 이에 따라 Armature에 결합된 M-contactor가 당겨져 M-contact와 F-contact가 접촉하게 된다.
- 5) M-contact와 F-contact가 접촉됨으로 전기가 통전되어 부하가 작동되게 된다.
- 6) Coil단자에 흐르는 전기를 차단시키면 Pole Core에 자력이 없어지면서 Armature가 Spring의 힘에 의해 원래의 위치로 돌아오게 됨으로 부하의 작동이 멈추게 된다.

### 3. 6시그마 프로세스에 의한 시험진행

#### 3.1 정 의

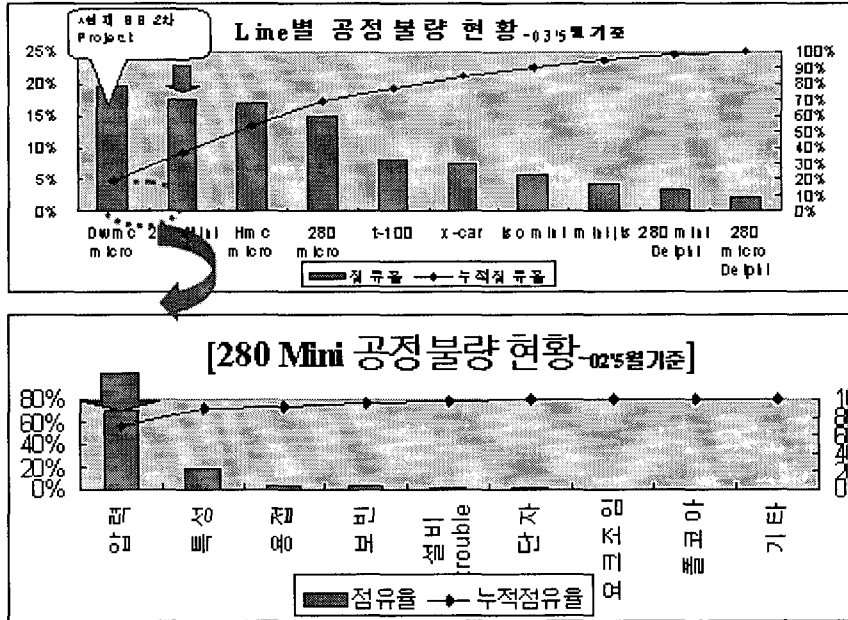
정의 단계에서는 고객의 요구 사항을 파악하여 문제를 명확히 정의하는 단계이다.

##### (1) 선정배경

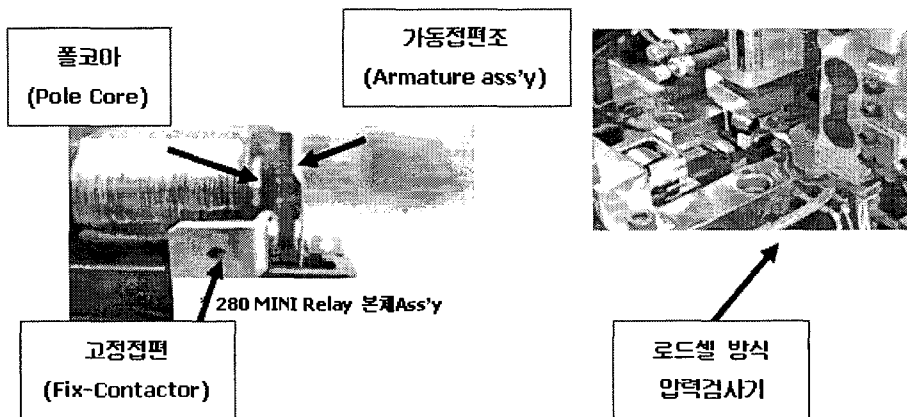
Relay 사업부의 2003년도 목표금액은 290억원이고 경상이익은 약 44억원으로 예상되며, 현재 매출액은 증가 추세에 있으나, 원자재 비용의 상승으로 인한 이익감소로 품질 안정을 통한 경상이익 증대 및 Capability 확보를 위해 불량 개선이 시급한 과제로 떠올랐다.

생산 Item 중 280 Mini Type Relay의 생산량은 600만개로 전체 수량의 20.3%로 최다 생산 Item이고 280 Mini Type Relay의 월생산량 중 전체 불량률이 7.2%(약38,000개)이며, 이 중 압력 불량이 69.8%(약 26,000개)를 차지하여 이에 대한 수리 및 재작업 비율이 크게 발생되었다. 이에 이를 개선하면 제품의 재작업, 재검사 시 투입되는 공수절감 및 품질향상으로 연간 1천 5백만원의 비용을 절감할 것으로 예상되어진다.

< 표 2 > 280 Mini Type Relay의 입력 불량 선정 배경



(2) Project 용어 설명



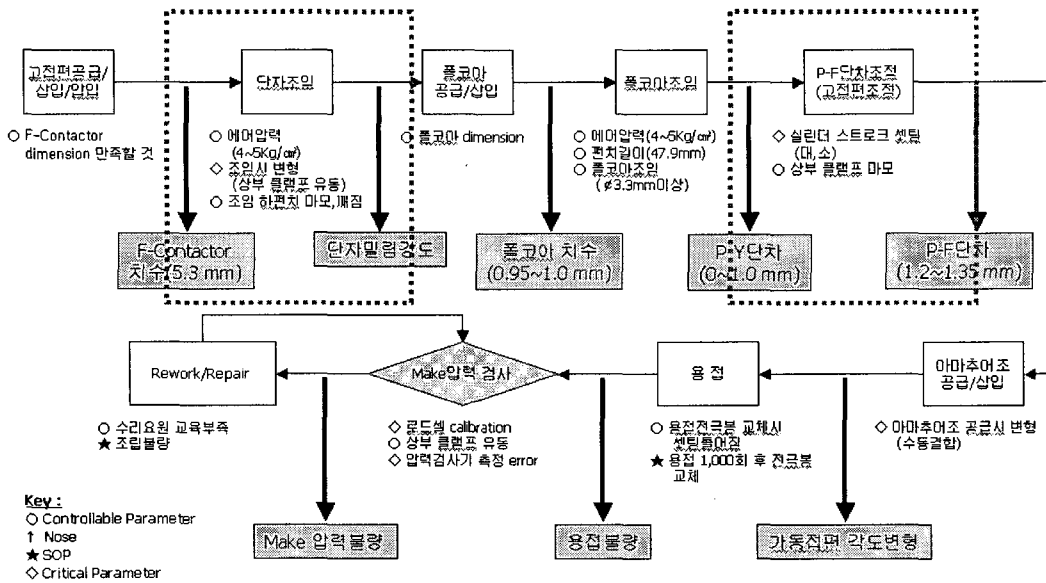
### 3.2 측정

측정단계는 프로세스의 현재 상태를 파악하는 단계이다. 따라서 결함의 정의, 측정시스템분석 등을 통한 현재 수준 파악, 프로세스 맵을 활용해 CTQ에 영향을 주는 주요 입력변수를 확인하는 단계이다.

- (1) 해당 공정의 SIPOC 분석(Supplier Input Process Outputs Customers)을 통하여 압력에 영향을 끼치는 공정 및 공정 내 관리 범위를 조사하였고, 그 결과는 < 표 3 > 과 같다
- (2) (1)의 SIPOC 분석을 바탕으로 < 그림 2 >와 같이 Process Mapping을 진행하여 압력 불량에 영향을 주는 변수를 파악하였다.

< 표 3 > SIPOC분석

SUPPLIERS	INPUT	PROCESS	OUTPUT	CUSTOMERS
부품 가공업체	부품 치수검사 - Pole Core머리두께 - F-Contactor치수	▶ Requirements .SPEC:0.95 ~ 1.00 mm .SPEC:5.3 mm	▶ 압력 (Make 압력)	▶ Requirements .압력(인가전압 : 8.0V) Make P : 100~250 g 현대 대우 기아 쌍용 Delphi
조립 라인	부품 조립 관리치수 (조립된 부품의 조립치수)	부품 조립관리치수 . Pole Core-Yoke Gap (0 ~ 1.00 mm) . Pole Core-Fix Contactor Gap (1.2 ~ 1.35 mm) . Pole Core Rivet Ø (Ø3.3 mm이상) . Welding Point		
	조립 설비	. 에어 압력 관리(4.5kg/cm <sup>2</sup> ) . 각종 조립 판치 및 JIG PIN 마모 . 기타 설비조건관리 확인		
	포장	. 외관상태 규격 만족할 것		



< 그림 3 > Process Mapping

(3) FMEA 실시

1970년대 미 해군에서 MIL-STD-1629의 규격으로 사용되기 시작한 FMEA는 6 시그마 프로세스에서 문제 발생 원인을 찾는 기법중의 하나로 채택되어 산업현장에서 널리 사용되고 있다. FMEA는 발생 가능한 잠재 고장모드와 그 영향을 확인하고 예방할 수 있도록 표를 이용하여 체계적으로 접근하는 방법이다.

FMEA의 추진 방법은 잠재 문제에 대한 심각도(Severity), 발생도(Occurrence), 검출도(Detection)을 통하여 위험 우선수(Risk Priority Number, RPN)를 계산함으로써 불량제품에서 우선적으로 개선해야 할 사항을 찾는 방법이다. 여기서 심각도는 고장이 발생하여 고객에게 미치는 영향의 정도를 파악하는 것이며, 발생도는 고장이 발생할 가능성의 높고 낮음을 수치적으로 표시한 것이고, 검출도는 고장에 대하여 공정에서 검출될 가능성의 높고 낮음을 수치적으로 나타낸 것이다. 상기의 심각도, 발생도, 검출도를 통하여 위험우선수의 계산은 아래와 같이 계산 된다.

$$RPN = \text{심각도} \times \text{발생도} \times \text{검출도}$$

RPN을 계산하고 RPN이 높은 수치를 우선적으로 개선에 착수를 하게 되는데 그 이유는 고장이 자주, 심각하게 발생되며 그 고장을 쉽게 검출해 낼 수 있는 최우선 공정을 찾아 개선을 진행하도록 하고자 하는 것이다.

압력불량 원인을 파악하기 위하여 280 Mini Type Relay에 대하여 QS9000의 FMEA 작성 계획에 준하여 FMEA를 실시하여 심각도, 발생도, 검출도를 도출하였고, 그 결과를 계산한 RPN값은 < 표 4 >와 같다.

< 표 4 > FMEA

Design Item or Process Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	S	I	P	C	O	C	D	R	P	N	Recommended Actions	Responsibility & Target Completion Date	Actions Taken	S	O	D	R	P	N	
고압력 (4) 공급/상압/압입 변형되지 않은 고압력 공급하여 기밀중에 정확히 삽입 단차조립	고압력 임	조임시 트러블	9				프리스 설비조건 변화(부품저수변형)	1	100	5.3	1	9	불량Lot 교체									
단차별입에 규격특성값 갖 것 (11.2kg으로 눈썹은에 0.25mm이상 분리되 갖 것)	에이입력 저하 고압력 변형	고압력 단차별입 플코어-고압력 단차 산포발생	9				에이입력저하 고압력 상부플랜트 유동	1 7	1 567	4-6(Kg/af)유지 에이입력 저하시 경보기 작동 작업표준서	3 9	27 567	설비정지 후 공무팀 동보 설비정지 후 재셋팅									
플코어 공급/상압 규격이 맞는 플코어 공급 플코어 조립 조임저수 43.3mm이상 연속 발 갖	단차불량 에이입력 저하 조임달림, 누락	플코어-오크 플코어-고압력 단차불량	7				플코어 머리누기 저수불량 에이입력저하 고압력	1	100	5.3	1	7	불량Lot 교체									
플코어-고압력 단차조정 규격이 (1.2~1.35mm) 범위 상부삽 린더 스트로크 조정 에이입력 조 공급/상압 에이입력 조 변형없이 공급 될 삽입할 갖 유 결	상부 삽린더 스트 로크 산포발생 고압력 강제변형 인원 에이입력 조 변형	플코어-고압력 단차 산포발생 플코어-고압력 단차 산포발생 가동관련 각도 변형	7				전동에 의한 소요파 고정블드 흡입 플랜트 마모 작업저수동공급에 의한 에이입력 조 변형	3 1 5	3 225 245	작업표준서 (공정제크스트렌더) X bar-R관리 작업표준서 스페이 관리 작업표준서	3 21 7	63 225 245	설비정지 후 공무팀 동보 설비정지 후 플랜트 교체 및 재셋팅 설비정지 후 플랜트 교체 및 재셋팅									
	전극용 셋팅 틀에 결	유결불량	9				전극용 교체시 육안 셋팅	5	작업표준서	3	135	불량발생시 설비 정지 후 재셋팅										

(4) FMEA 결과 분석

280 Mini Type Relay에 대한 FMEA 분석을 진행하였으며, 심각도 발생도, 검출도의 점수 배분은 QS 9000에서 명기한 방법으로 진행하였다. 결과를 RPN으로 환산한 결과

- ① Pole Core와 F-contactor 사이 단차 산포 발생 : 567점
- ② Pole Core 와 Yoke, Pole Core와 F-contactor 단차 불량 : 225점
- ③ M-contactor 각도 변형 : 245점

으로 RPN 치가 가장 높은 것으로 나와 세가지 사항이 시급히 개선해야 될 사항으로 판단 되었다.

(5) 측정 계획 수립

FMEA를 통해 선정된 X인자에 대한 측정의 정확성 확보를 위해 운용의 정의, 샘플 크기, 데이터 수집 방법에 대한 측정계획을 수립하였다.

수립되어진 측정계획의 측정기에 대한 MSE를 실시하여 측정시스템의 안정성에 대한 분석을 실시하였다. 실시한 결과 Categories = 4로 측정 시스템은 안정적이라고 분석 되었다.

< 표 5 > 측정계획

측정항목	운용의 정의	데이터 소스 및 위치	샘플크기	DATA수집자	DATA수집시기	DATA수집방법	동시에 수집되어야 할 DATA
▶ 부품의 치수 1. 폭코일 대리도끼 2. 고전원치수	.부품의 관리치수를 도면 대비 측정한다. (LOT 별 발체)	.Relay QC .Relay조립라인	.각 50개	.작업자 .팀장 .QC검사원	.부품 LOT별 총 50개씩 수집한다.	.각 부품은 LOT별 랜덤 하게 수집하여 검교정된 계측로 동일인이 측정한다. (일일 5개씩 10일간 수집한다)	.부품의 LOT .계측기 교정 유무
▶ 조립치수 1.P-Y단자 2.P-F단자 3.폭코일 조임 Ⓢ	.부품의 조립 후 조립치수를 측정한다						
▶ 조립 특성 1.Make 압력	.조립된 제품의 조립 특성을 측정한다.						

### 3.3 분석

분석단계에선 측정단계에서 규명된 주요입력 변수에 대한 Data를 수집하여, 이들이 CTQ에 미치는 영향을 분석한 후 최종적으로 품질에 가장 큰 영향을 미친다고 판단되어지는 핵심 변수를 선별하는 단계이다.

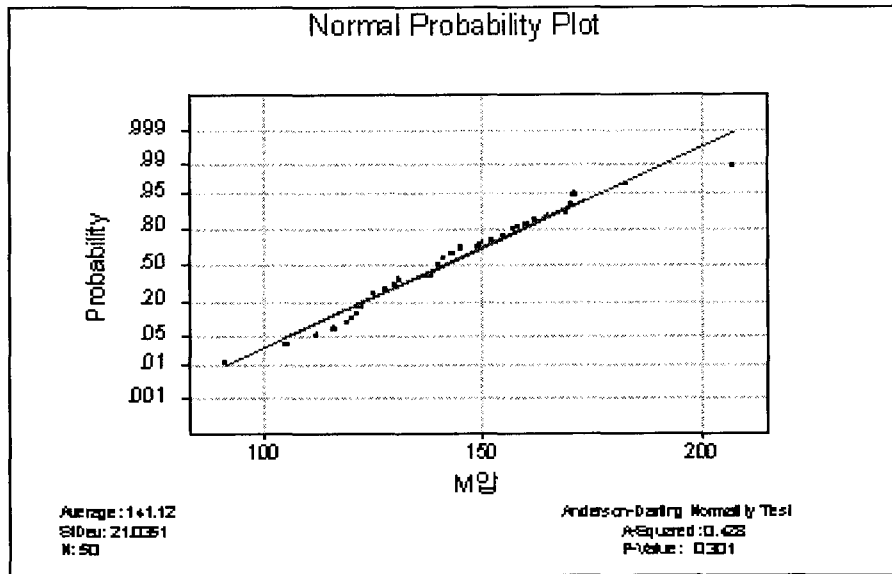
#### (1) 공정 능력 분석

수집되어진 Make 압력 Data를 바탕으로 공정능력을 분석한 결과 Ppk 0.4로 약 1.28로 분석되었다.

#### (2) Data의 정규성 검증

각 Data의 정규성을 < 그림 3 >에서와 같이 분석한 결과 각 Data는 < 표 6 >과 같이 P-Value가 0.05보다 크므로 정규분포를 따르고 있다고 분석되었다.





< 그림 3 > Data P-Value분석

< 표 6 > 각 Data P-Value

	P - Y 단차	P F 단차	Make 압력	P Rivet
P-Value	0.148	0.381	0.301	0.079

(3) 회귀 분석

Make 압력에 대하여 Pole core 와 Yoke 단차, Pole core와 F contactor 단차의 회귀 분석을 실시한 결과 < 그림 4 >와 같이 R-sq가 79.4%였다.

<b>Regression Analysis: M압 versus P-Y, P-F</b>				
<b>The regression equation is</b>				
<b>M압 = - 202 + 143 P-Y + 277 P-F</b>				
<b>Predictor</b>	<b>Coef</b>	<b>SE Coef</b>	<b>T</b>	<b>P</b>
Constant	-201.73	26.54	-7.60	0.000
P-Y	142.6	102.9	1.39	0.172
P-F	277.42	22.11	12.54	0.000
S = 9.752      R-Sq = 79.4%      R-Sq(adj) = 78.5%				
<b>Analysis of Variance</b>				

< 그림 4 > 회귀분석

### 3.4 개선

개선단계에서는 X인자에 대해 다양한 실험을 통해 분석하고, 최적 조건을 찾아 현장에 적용하는 단계이다. 우선 DOE(Design Of Experience) 계획은 < 그림 5 >와 같이 수립하였다.

Name : 김현수	Date : 2003.11.18	Title : 280 MINI Make 압력불량 개선
Phone No : (내선) 269	Location : 대성전기	Project : Make 압력에 영향을 주는 인자의 최적화
Objective: Make 압력에 영향을 주는 주요 인자(Pole Core_Yoke Gap, Pole Core_Fix-Contactor Gap)의 최적조건을 도출하기 위한.		
Background Information: 현재 공정불량 중 Make압력 불량률 69.8%를 차지하며 Make압력 불량률 개선하기 위하여 영향을 주는 X인자를 분석한 결과 Pole Core_Yoke Gap, Pole Core_Fix-Contactor Gap이 주원인인 것으로 분석됨.		
Assumption: Analysis 분석결과 2 Factors가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석됨.		
Response Variables		Measurement technique & Ctrn
1. Relay에 8.0 V의 전압을 인가하여 Make압력이 100~250g 만족해야 됨.		1. Relay 압력 검사 장비(검사-31-0036)로 Make압력을 측정함.
Factors		Level Settings
1. Pole Core_Yoke Gap(mm)	-1 : -0.01    0 : 0.03    +1 : 0.07	
2. Pole Core_Fix-Contactor Gap(mm)	-1 : 1.11    0 : 1.22    +1 : 1.44	
Noise or Background Variables		Control Method
1. Air Pressure(4~5Kg/cm <sup>2</sup> ) 확인		1. Air Pressure 경보기(Sensor) 설치
2. 압력검사기 로드셀 확인		2. 압력검사기 Calibration 실시
Replication: Center Point를 추가하여 통계적 유의 수준을 검증 한다.		
Methods of Randomization: Run Order에 준하여 실시함.		
Design Matrix: DOE 2 Factor, 2 Level, Center Point 추가.		
Planned Methods of Analysis: Analyze Factorial, Regression Analysis, Mean Effects Plot, Interaction Plot		
Estimated Cost, Schedule & Other Resources: Schedule 5/20 ~ 5/30 Sample Data수집 및 측정 DOE 실행.		
Attach Data Collection Forms: MINITAB Work sheet1		

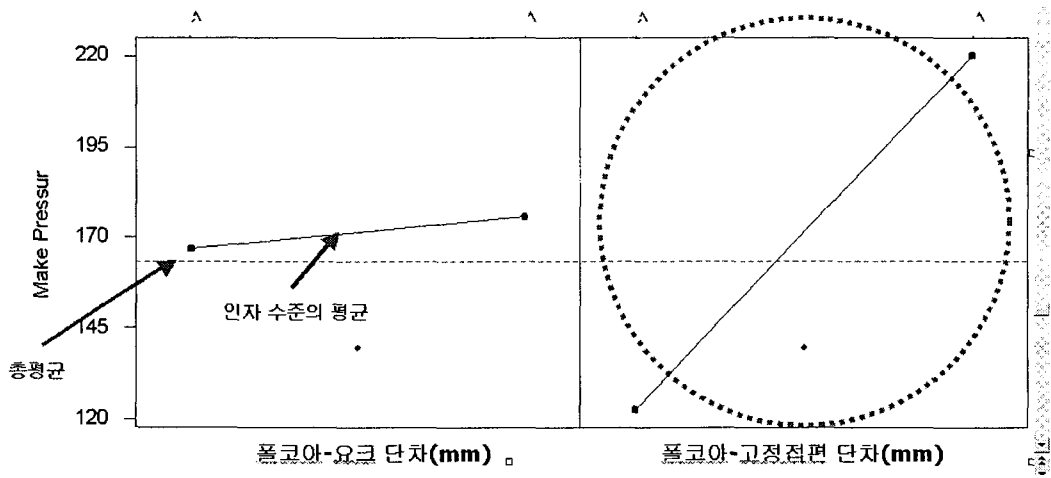
< 그림 5 > DOE Plan

이러한 DOE 계획에 의거한 실험을 통해 얻어진 데이터를 바탕으로 Main Effects Plot 그림 분석(< 그림 6 >) 결과 Pole core와 F-contactor의 단차의 수준에 따라 Make 압력 변동이 컸으며, 교호작용(Interaction Plot)그림 분석(< 그림 7 >)결과 Pole core와 F-contactor의 단차와 Pole core와 Yoke의 단차는 교호작용이 없음을 알 수 있었다.

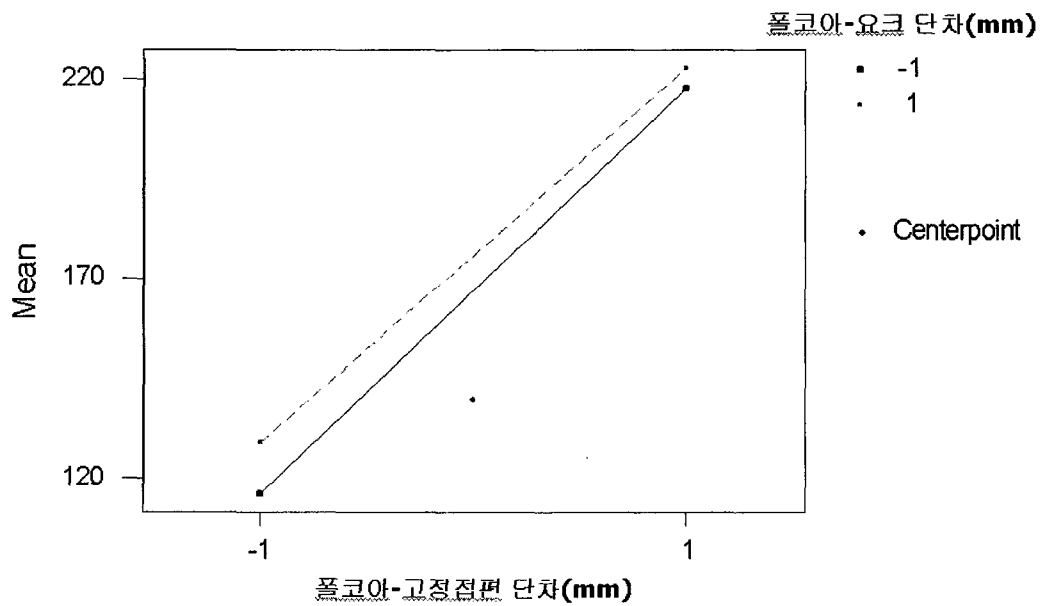
이를 바탕으로 280 Mini Type Relay Make 압력 불량 개선을 위한 Pole core와 F-contactor의 단차와 Pole core와 Yoke의 단차의 최적 조건은 < 표 7 >과 같았다.

< 표 7 > 단차의 최적 조건

Factor	Pole core와 Yoke의 단차	Pole core와 F-contactor의 단차
최적조건	0.02 ~ 0.05 (mm)	1.20 ~ 1.30 (mm)'




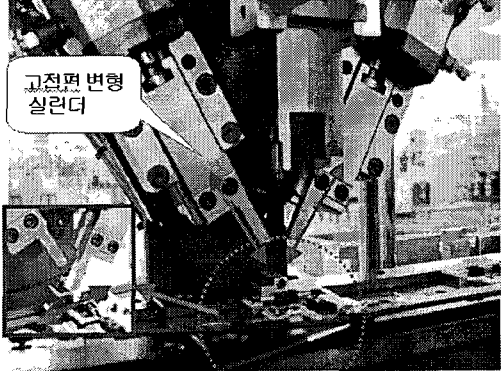
< 그림 6 > Main Effects Plot 분석



< 그림 7 > Interaction Plot 분석

(1) 조립부 개선

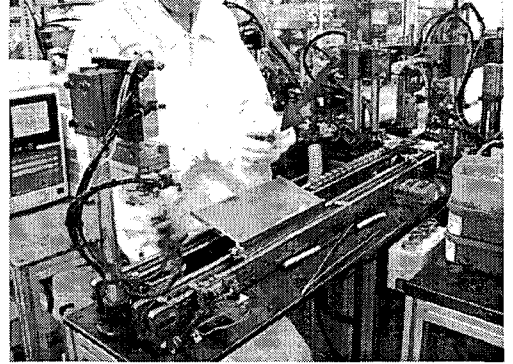
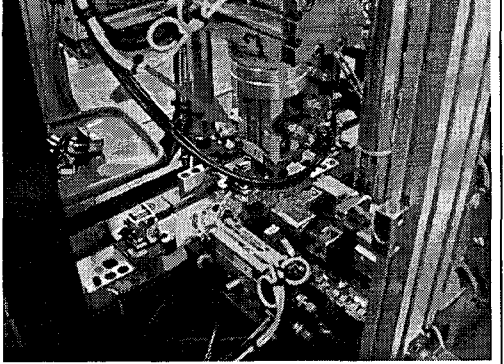
Make 압력에 영향을 주는 Pole core와 F-contactor의 단차 산포를 줄이고 최적조건 (1.20 ~1.30)을 만족시키기 위하여 조립부를 개선하였다. (참조 < 그림 8 >)

개 선 전	개 선 후
	
<p>1. Base Plate Ass'y 단자조임시 고접편이 좌.우로 변형됨(P-F 단차 산포발생).</p> <p>2. 상부 클램프로 고접편 변형 Control 하기 어려움</p>	<p>1. 압력특성에 맞게 고접편을 좌.우로 임의 변형을 시켜준다(P-F 단차 산포발생 최소화).</p> <p>2. 고접편 변형을 Control함.</p>

<그림 8> 조립부 개선 전 · 후

(2) Armature assembly 공급부 개선

Armature assembly 수동공급에 의한 M-contactor 변형 방지를 위해 자동 공급 및 결합 방식으로 변경하였다. (참조 < 그림 9 >)

개 선 전	개 선 후
	
<p>1. 아마추어조를 본체조에 결합시 작업자에 의하여 아마추어조 변형이 생김.</p>	<p>1. 아마추어조를 본체조에 자동 결합하여 아마추어조 변형을 방지함.</p>

< 그림 9 > 공급부 개선 전 · 후

### 3.5 관 리

마지막 단계인 관리 단계에서는 개선단계에서 구해진 최적 조건이나 개선사항을 유지하고 관리할 수 있도록 시스템을 관리하고 작업 표준을 설정한다. 또한 개선 후의 공정능력분석을 수행함으로써 개선 정도와 목표수준과의 비교를 통해 향후 나아갈 방향을 계획한다.

개선 전 후의 공정능력을 비교해보면 개선 전 Ppk 0.4에서 개선 후 Ppk 1.2로 이는 1.28에서 3.68수준으로 큰 개선 효과를 볼 수 있었다. 성과를 지속적으로 유지하기 위한 사후 관리 방법은 다음과 같다. Pole core와 Yoke의 단차 (0.02 ~ 0.05mm)와 Pole core와 F-contactor의 단차 (1.20 ~ 1.30mm)의 X bar R 관리를 실시하도록 하였으며 일/주/월간 공정불량을 관리를 실시하여 해당 불량에 대한 추이를 파악하고 설비 일일 점검 sheet내 F-contactor 공정항목을 추가하여 지속적인 설비점검이 이루어 지도록 하였다.

## 4. 결 론

6 시그마는 시그마라는 통계적 척도를 사용하고 DMAIC라는 프로젝트 추진 절차 및 전문가 양성 등의 효율적인 품질문화를 조성하기 위한 기업 경영철학이며 종합적인 경영혁신 전략이다. 본 논문에서는 이러한 6 시그마 프로세스 기법을 적용하여 자동차 용 릴레이 압력 불량 단선에 관한 연구를 수행하여 양산 라인의 품질을 개선하는 과정을 소개하였다.

제품별 매출비중과 사업부별 우선순위 조사를 통하여 선정된 280 MINI TYPE 릴레이 불량 개선을 위하여 본 프로젝트를 진행하였다. 따라서 고객의 요구사항을 근거로 압력불량이라는 CTQ를 선정하였으며, 프로세스 맵을 통하여 주요입력변수를 선정하였고, 이를 대상으로 상관분석 및 회귀분석을 통해 핵심인자를 도출하였다. 핵심인자로 규명된 Pole Core와 Yoke 단차, Pole Core와 F-contactor 단차 그리고 M-contactor 변형이 양산 라인에 미치는 영향을 분석하고, 회귀 분석, 주효과분석 등의 다양한 분석을 통하여 최적 조건을 찾아 현장에 적용하였다. 이에 따라 양산 라인의 Cpk값은 1.28 수준에서 3.6  $\delta$ 로 혁신적인 개선을 창출하였으며, 현재 안정된 산포를 보여 주고 있다. 이러한 개선 효과는 고객 만족을 비롯하여 연간 1,500만원의 비용절감을 기대할 수 있다.

향후 연구 계획으로 본 프로젝트의 성과를 280 MINI TYPE에만 국한하지 않고 단계적으로 전 릴레이 제품에 확산 적용할 것이다.

## 5. 참 고 문 헌

- [1] 박성현, 이명주, 정복용. "6 시그마 이론과 실제." 한국표준협회, (2000).
- [2] 김명업, 이두호 . " 다구치 직교 배열을 이용한 승용차의 실내소음분석 및 개선." 한국소음진동공학회 논문집. 9-5 (1999) : 998-1004.
- [3] 강봉원, 황승환. "6 시그마의 본질과 실현." 한국표준협회, (2000).
- [4] 김영준, 전진, 유인호, 박희태. " 6 시그마 경영과 DFSS." 한국생산성본부, (2001).
- [5] Web Site : <http://www.e-sigma.co.kr>
- [6] Web Site : <http://knowledge.biz2080.com>

## 저 자 소 개

김현수 : 홍익대학교 산업공학과 학사, 인하대학교 공학대학원 석사.  
현재 대성전기 품질경영본부 QC팀 재직.  
관심분야는 6 시그마 적용 연구 등이다.

이화기 : 서울대학교 원자핵공학과 학사, 미 Texas A&M 대학교 산업공학과 석사 및 박사. 현재 인하대학교 산업공학과 교수.  
관심분야는 생산분야 및 물류분야의 일정계획, 시뮬레이션 등이다.

김판조 : 인하대학교 산업공학과 학사, 인하대학교 산업공학과 석사과정.  
관심분야는 품질경영, 생산정보시스템 등이다.