

릴레이 결합 및 검사 자동화 시스템 개발

◦국 금 환, 최 동 업

한국기계연구소 로봇공학실

Development of Automation System for Relay Assembly and Test

Keum-Hoan Kuk, Dong-Yup Choi

Korea Institute of Machinery & Metals

ABSTRACT

A relay is the one of small electrical components for automobiles and used for industry widely.

We have developed the automation system for relay assembly and test to make it improve the productivity and decrease the man power. In order to determine the objective process of automation, we investigated 6 small and medium sized-enterprises and 1 greate sized-enterprise producing relays. And, we selected 2 model enterprises of them. One of the two is the system to develop.

The scope of our study is the analyseof the conventional workcell, the determination of the system specification, the design of the system layout, the determination of the system cycle time, the design of the system mechanism, and the development of the controller for the system. We think that the developed system may be solve the technical and the economical problems interrupted efficiential automation of domastic small and medium sized-enterprises, and improve the international competitive power.

1.서론

계전기(relay) 및 개폐기(switch) 생산 통계에 의하면 릴레이는 단위 품목으로 가장 큰 생산금액을 차지하고 있으며 주로 자동차와 일반 산업용으로 사용되고 있다. 현재 릴레이의 생산업체는 대부분이 영세한 중소기업이며 생산라인 또한 자동화가 되지 못한 곳이 대부분이다.

중소기업 자동화 사업의 일환으로 릴레이 생산라인의 자동화를 위하여 우성 대상공정을 결정하였다. 이를 위하여 릴레이를 생산하는 6개의 중소기업과 1개의 대기업을 조사하였으며 그 중 2 업체를 자동화 시범업체로 선정하였다. 선정기준으로 업체의 참여의사와 자동화 대상공정의 중소기업 자동화 사업의 관점에서 적정성을 우선적으로 적용하였다. 아래의 작업장 분석과 결정된 개발사양은 선정된 2업체중 한 업체에 관한 것이

다.

2. 개념설계

2.1 작업장 분석 및 개발사양 결정

조립 대상 릴레이 모델은 한개의 접점을 가진 릴레이로서 총 26개 공정에 의해서 제작된다. 이들 공정을 분석해서 결정된 자동화 대상 공정은 4개의 공정으로서, 릴레이 베이스 플레이트(relay base plate) 삽입공정, 검사 공정 2개 (동작, 내전압), 에폭시(epoxy) 도포 공정이다. 이중 에폭시 도포 공정은 하나의 다른 릴레이 모델 경우에도 동일 하므로 개발결과를 그대로 이용하기로 결정하였다. 이 릴레이의 일일생산량은 12,000 ~ 15,000개 이고 직접 생산인원은 25명이다. 대상 자동화 공정은 작업속도가 가장 늦고 작업조건도 열악한 공정이다.

대상 공정에 대한 개발 시스템의 사양은 다음과 같이 결정하였다.

- 인원 절감 6명
- 생산성 향상 40% (Cycle Time : 2.0 초 → 1.2 초)
- 직선형 시스템(Line Type System)

또한 상기사양을 만족시키기 위해서 피삽입 요소와 삽입요소가 갖는 치수 공차, 피삽입 요소와 삽입요소의 고정 및 파지 공차, 그리고 오차와 적용 로봇 정도에 대한 대책이 필수적으로 요구된다.

2.2 개발 시스템의 레이아웃(layout)과 사이클타임(cycle time)의 결정

개념해를 안출하기 위하여 기존 수동작업 공정을 보다 상세히 분석하고 기존 생산라인과 개발 자동화 시스템 사이의 인터페이스(interface) 문제를 분석한 후 세분된 각 공정들에 소요되는 시간을 고려해서 개발 시스템을 구성하는 각 작업 스테이션(station)에 작업을 할당하였다.

분석한 기존 수동작업 공정은 아래와 같다.

- 공정 1 : Cap과 Sub-Assemb. 삽입후 매거진(magazine)상에 정렬하여 작업장에 반송
- 공정 2 : 단자위치 조정
- 공정 3 : 베이스 플레이트 삽입
- 공정 4 : 베이스 플레이트 누름
- 공정 5 : 감동·복귀·접촉 저항시험
- 공정 6 : 내전압 시험
- 공정 7 : 불량품 제거
- 공정 8 : 역폭시 도포

상기 작업을 자동화 하기 위해서 다음의 설계요구를 만족시키는 개념해를 그림 1과 같이 결정하였다.

- Cap과 Sub-Assembly 결합자가 결합후 매거진 상에 정렬
- 공정 2, 3, 4를 하나의 작업 스테이션과 그리퍼에 구현
- 공정 5, 6, 7을 일체화

이때 목표 사이클타임 1.2초를 만족시키기 위해서 가장 작업시간이 많이 소요되는 스테이션 (공정 2, 3, 4의 일체화 스테이션)의 계산값이 10초이므로 매거진 반송시간을 고려해서 10 x 1 매거진이면 충분하지만 반송 매거진의 반송 및 작업 안정도를 고려해서 10 x 10 매거진으로 결정하였다.

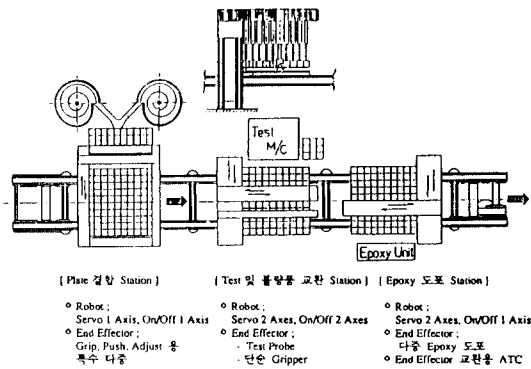


그림 1 개발할 자동화 시스템의 레이아웃
Fig. 1 The layout of the automation system to develop

3. 상세설계

3.1 기구부

릴레이 결합 및 검사 자동화 시스템은 한국릴레이의 릴레이 (산업, 자동차용) HR-703V를 대상으로 하였으며 이 릴레이의 베이스 플레이트 삽입공정, 검사공정 (동작,

내전압) 및 역폭시 도포공정등 4개의 공정을 자동화 하고 자 직선형으로 시스템을 구성 하였다.

이 시스템은 3개의 스테이션으로 1 스테이션은 베이스 플레이트 삽입공정, 2 스테이션은 동작과 내전압 검사공정이며 3 스테이션은 역폭시 도포공정이다. 그림 2에서 4까지는 이들 공정에 대한 설명을 순서대로 나타낸 것이다.

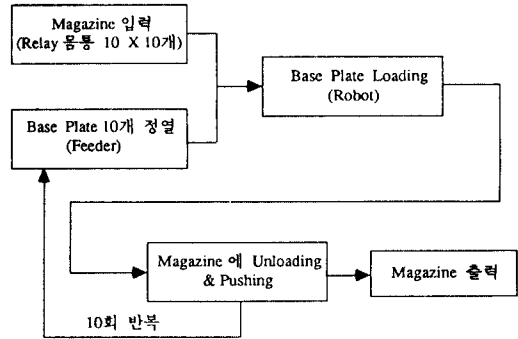


그림 2 릴레이 베이스 플레이트 조립 스테이션
Fig. 2 Assembly station for relay base plates

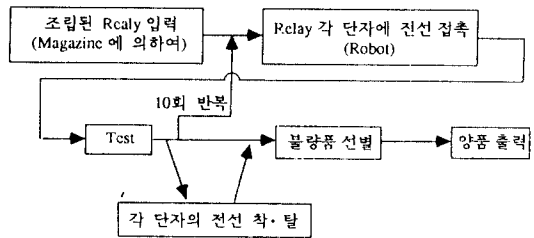


그림 3 릴레이의 동작과 내전압 검사 스테이션
Fig. 3 Testing station for operation and durable voltage of relay

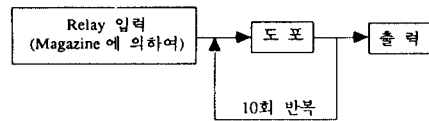


그림 4 역폭시 도포 스테이션
Fig. 4 Epoxy dispensing station

3.1.1 이송 직교좌표 로봇트와 그리퍼

각 스테이션의 공정을 수행하기 위한 부품 이송 장비로서 직교좌표 로봇트를 사용하고 부품의 삽입, 검사 및 역폭시 도포에 조립용 치공구와 전용 그리퍼를 설계 제작 하여 적용 하였다.

1 스테이션은 입력 매거진 안에 10X 10 개의 행렬형으로 정렬되어 있는 삽입대상 반조립 릴레이에 릴레이 베이스 플레이트를 삽입하기 위하여 이송 단축 유니트(unit)와 전용 그리퍼를 사용하였다.

2 스테이션은 동작과 내전압 검사를 수행하기 위하여 직교좌표 로봇의 선단에 테스트 프로브(test probe)와 불량품 교환용 전용 그리퍼를 부착하여, 1대의 로봇에 의해 릴레이의 감동, 복귀, 접촉저항 및 내전압시험과 이들 테스트에 의해 불량으로 판정된 릴레이를 교환할 수 있게 하였다.

3 스테이션은 양품의 릴레이의 밀봉을 위하여 릴레이 베이스 플레이트 위에 역폭시를 도포하는 작업이다. 역폭시 도포를 위하여 직교좌표 로봇의 선단에 역폭시 도포기(dispenser) 10개를 부착할 수 있도록 설계 제작하였다.

3.1.2 자동 부품 공급기와 정렬장치

다량의 부품으로부터 부품을 정렬 공급하기 위한 자동 부품 공급기와 정렬장치는 부품의 형태, 재질, 균형등을 고려하여 조립에 적합한 방향과 자세로 일정량의 부품을 지속적으로 공급하여야 한다.

자동 부품 공급기와 정렬장치는 제어 박스(control box)에 의해 부품의 이송 속도를 조립 라인의 작동 속도에 동기 시키어 작동 시켜야 한다.

파트 피더(part feeder)의 설계시 만족되어야 할 사양을 다음과 같이 제시하였다.

- 릴레이 베이스 플레이트의 10열 자동정렬 사이클타임 : 10초 이내
- 부품공급 밸런스 : 80% 이상

3.1.3 구조물과 매거진 이송 장치

가공 대상 공정의 이송에 있어 기계적인 정확성과 연속성의 특성을 고려하여 모듈러 시스템(modular system)으로 구성하였다. 모듈러 형태로 구성함으로써 구조와 기능 및 특성, 작업속도, 시스템의 전반적인 효율과 설치 공간의 공정별 라인 밸런스(line balance)를 최적화 할 수 있고, 조립제품의 형태에 따른 유연한 적응능력을 발휘할 수 있다.

3.2 제어부

3.2.1 시스템의 설계

(1) 설계의 목표

현재 릴레이의 검사는 수작업으로 릴레이를 측정 장치

에 삽입하여 시험하고, 그 결과의 양부를 작업자가 판단하여 불량품을 선별하고 있다. 이를 전후 공정과 함께 자동화 함으로써 성력화를 기하고, 생산성을 향상 시킬 것을 목표로 하였다. 이를 위하여 현재의 검사 공정을 분석하고 자동화 가능 개소를 다음과 같이 검토하여 정하였다.

(2) 현 검사공정의 분석

현재의 릴레이 검사공정은 두 가지의 측정장비를 사용하여 행하고 있다. 하나는 동작 시험장치이고, 다른 하나는 내전압 시험장 치이다. 동작시험은 작업자가 릴레이 10개를 치구위에 정렬한 다음 측정장치에 밀어 붙여 릴레이의 편이 측정장치에 접촉 되도록 한다. 그리고 측정장치의 양 부 표시램프의 반응을 보고 불량품을 선별한다. 그런 다음 내전압 시험장치의 소켓에 릴레이를 하나씩 삽입해 가며 전류 누설을 보고 양 불량률을 가린다. 이러한 과정을 분석하면 그림 5와 같다.

공 정	장 비
<ul style="list-style-type: none"> ○ 동작시험 <ul style="list-style-type: none"> └ 감동시험 └ 복귀시험 └ 접촉저항시험 ○ 내전압시험 ○ 피 검사 릴레이의 공급 ○ 양부의 판단 ○ 불량품의 선별처리 	<ul style="list-style-type: none"> 동작시험 측정장치 내전압시험 측정장치 수 작업 작업자 수 작업

그림 5 현 검사공정의 분석
Fig. 5 The analysis of the conventional test process

(3) 검사공정의 자동화 개소 설정

릴레이 중간검사공정은 앞의 조립공정과 뒤의 실링공정 중간에 있어서 전체 시스템이 콘베어 벨트로 연결되어 있다. 피 검사 릴레이 100개가 파래트에 담겨져 콘베어 벨트에 실려 오면 실린더가 측정위치로 올려 고정하도록 하였다. 그리고 릴레이의 취급에는 그리퍼가 필요하므로 로봇을 채용하기로 하였다.

동작시험 및 내전압시험 장치도 제어기능과 연계되어야 하므로 측정부와 제어부를 한데 합쳐서 마이크로 컴퓨터로 통합 제어하도록 구상하였다.

수 작업시는 피 측정 릴레이를 움직이게 하였으나, 본 시스템의 설계에서는 측정 단자를 움직이도록 하여 기구부를 간략히 하였다. 제어부는 그림 6과 같은 제어체계를 갖도록 구상 하였다.

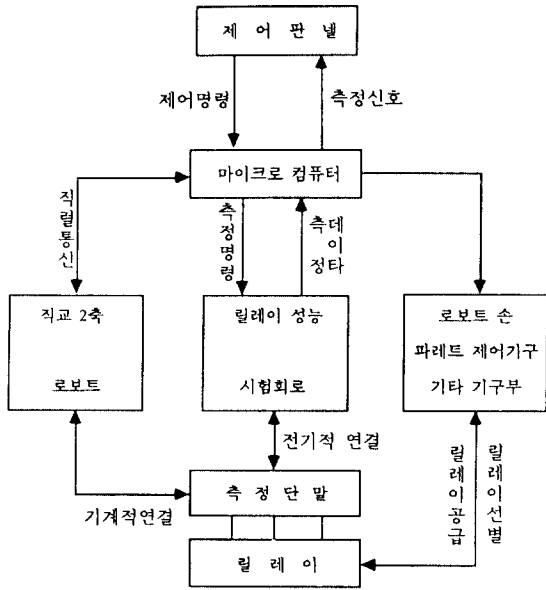


그림 6 중간 검사부의 기능도
Fig. 6 The function diagram of the medium testing part

3.2.2. 제어기 및 측정회로의 제작

(1) 제어 판넬

제어 판넬은 현장 상태를 고려하여 부피가 작게 만들어서 작업장에 별도의 면적을 요하지 않게 하였다. 그리고 사용자가 쉽게 쓸 수 있도록 기능을 단순화 하였다. 판넬은 릴레이 양부 표시부, 릴레이 모델 선택 및 작동 전압 조정부, 로봇 수동조작부와 같이 크게 3부분으로 나뉜다.

그 배열은 그림 7과 같다.

릴레이 양부 표시부는 각 릴레이 마다 기능별로 불량 표시등을 점등하는 방식을 취했다. 릴레이 모델 선택 및 작동 전압 조정부는 HR-703 릴레이 12가지 모델 전부를 측정할 수 있도록 작동 전압을 선택하게 하였고, 감동 및 복귀 전압을 백분율로 조절할 수 있게 하였다.

로봇 수동 조작부는 로봇의 X축 Y축 운동과 측정 접점의 상하운동 및 기계손의 입의 조작이 가능하게 하였다.

(2) 마이크로 컴퓨터

릴레이 중간 검사 시스템은 로봇의 제어, 릴레이의 성능 측정, 그리고 시스템 기구부의 순차 제어를 마이크로 컴퓨터가 통합하여 제어하게 하였다. 마이크로 컴퓨터는 Z80 CPU 시스템으로 구성 되어 있고, 로봇의 제

어는 RS232C 직렬 통신 포트를 사용하였다. 측정회로와 기구부 순차 제어는 입출력 포트에 직접 제어하였다.

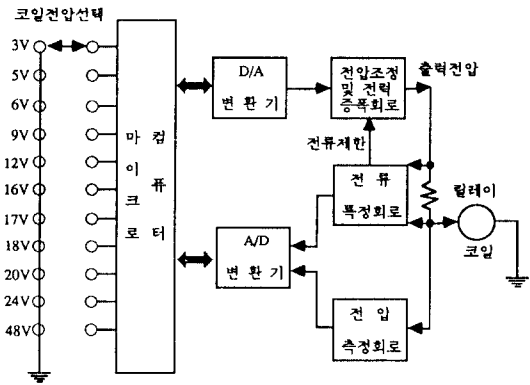


그림 7 릴레이 작동 전압부의 개념도
Fig. 7 The concept diagram of operating voltage part for relay

(3) 측정회로

릴레이의 작동전압 선택회로는 일종의 디지털 전원 공급 장치이다. 그 원리를 간략히 표시하면 그림 7과 같다. 제어 판넬에서 코일 전압을 선택하면 마이크로 컴퓨터가 이것을 읽고, D/A 변환기를 통해 전압 조정 및 전력 증폭회로에 전압 설정치를 보내게 된다. 전압조정, 전력증폭 회로, 전류 측정회로 및 전압 측정회로등은 아날로그 전압 전류 제어 회로이다. 제어된 전압과 전류는 A/D 변환기를 통해서 마이크로 컴퓨터가 다시 읽고 미세 오차를 재수정하게 된다. 릴레이에 가하는 전압은 단계적으로 상승 하강시켜서 릴레이의 작동점을 찾아낸다.

내전압시험은 릴레이 접점과 접점사이와 접점과 코일 사이에 고전압을 걸어서 절연 불량으로 전류가 흐르면 이를 증폭기로 감지하는 것이다. 접점 저항 시험회로는 릴레이 접점 사이에 일정한 미세 전류를 흐르게 하고, 이때의 전압 강하를 고배율 고입력 임피던스 증폭기로 증폭하여 저항치를 읽는다. 본 시험은 양부 판정에 한함으로 측정된 값을 기준치와 비교하여 양부 판정을 한다.

측정원리는 그림 8과 같다.

3.2.3 제어 프로그램

제어 프로그램은 크게 세 부분으로 나뉜다. 하나는 측정회로에 대한 제어 및 데이터의 연산 처리 프로그램이고, 또 하나는 로봇을 제어하기 위한 프로그램, 나머지 하나는 측정 접촉자 및 로봇의 제어 및 파레트의 조작

이다. 측정은 릴레이의 감동과 복귀 시험 다음에 접촉 저항 시험을 하고, 그 다음 내전압 시험을 한다. 성능시험과 내전압시험 접촉자는 별개 회로로 되어 있으나 로봇에 의해서 한개의 기구로 움직이고, 10 X 10 릴레이 중 2열에 동시에 접촉되어 순차적으로 시험한다. 로봇의 제어는 금성 로봇의 통신 프로토콜에 따랐다.

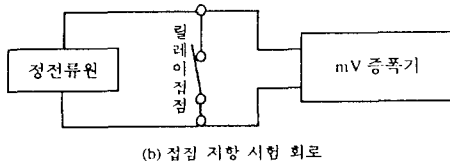
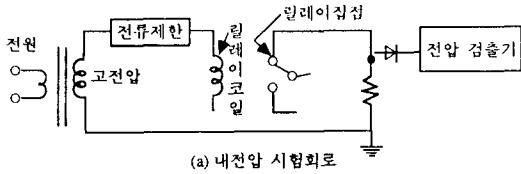


그림 8 내전압 및 접점저항 측정의 개념도
 Fig. 8 The concept diagram for measurement of durable voltage and contact resistance value

4. 결론

자동차용 소형 전장품의 하나이며 산업용으로 광범위하게 사용되는 릴레이의 생산성 향상과 생산인력의 절감을 위한 릴레이결합 및 검사자동화 시스템이 본 연구에 의해 개발되었다. 릴레이 자체의 국제경쟁력 향상뿐만 아니라 국내 중소기업의 효율적 조립자동화를 저해하는 기술적, 경제적 문제를 부분적이거나 해결하기 위해서 추진한 연구내용은 다음과 같다.

- 자동화 대상 작업장의 분석과 개발할 자동화 시스템의 사양결정
 - 릴레이 결합 및 검사 작업장
- 결정된 사양을 만족시키는 개발할 자동화 시스템의 레이아웃과 싸이클타임의 결정
- 릴레이 결합 및 검사 자동화 시스템의 기구부상세설계
 - 릴레이 베이스플레이트 조립
 - 동작, 내전압 검사
 - 에폭시 도포

참고문헌

1. H.G.Loehr, "Eine planungsmethode fuer automatische Montagesysteme", Kraukopf, 1977.
2. J.A.Khwaja, "A Design for Parts Storage/Feeding in PC Board Assembly", J. of Manufacturing system, Vol.9/No.2, pp.129-138
3. 福井勝照, "生産の自動化を考慮した自動車用小型リレとその組立合理化", 日本機械學會 第 626回講習會 教材, 1986, p.71