

## Array처리기법에 의한 PTC 서미스터 소자의 분류 검사기 개발

의공학과  
조 교 수 박 해 압

### I. 서 론

전자공학과 컴퓨터공학의 발달로 가전기기, 산업기기, 의료기기 등의 안정성 확보와 신뢰성 확보가 주된 관심사로 대두되면서 전력의 제어, 기기의 상태 점검 및 확인 등을 위한 정확하고 신뢰도가 높은 센서의 확보가 요구된다.

무접점 스위치, 저항, 발열 소자, 보호 회로 소자, 온도 검출 소자 등으로 널리 사용하고 있는 PTC(Positive Temperature Co-efficient)소자는  $BaTiO_3$ 분말에 AST ( $Al_2O_3, SiO_2, TiO_2$ ) 등을 첨가하여 혼합한 후 일반 세라믹 제조 공정을 거쳐 생산되며, 생산된 제품은 신뢰도 향상을 위하여 각종 성능 평가가 필요하다.[1, 2,3]

PTC 서미스터 소자의 신뢰도는 다른 기기의 부품으로 사용되면 그 기기에서 발생하는 발열 상태, 스위칭 상태 또는 제어되는 상태를 감지하는 소자로서 전체 시스템의 성능 평가에 중요한 요소로 작동한다. 그러므로 PTC 서미스터 소자를 생산 단계에서 검사와 검증의 과정이 필요하다.

PTC 서미스터 소자는 큐리점 이하에서는 반도체성을 갖고 있지만 큐리점 이상의 온도에서는 절연성을 갖는 일종의 스위칭 소자이므로 상온 저항률을 측정하여 성능을 평가할 수 있다.<sup>1)2)3)4)</sup>

큐리점 이하의 온도를 상온에서 소자가 산업계의 요구에 맞는 적절한 저항을 갖고 있는가 하는 문제는 소자의 수명뿐만 아니라 에너지 절약과 안정성 확보에 중요한 평가 요소가 된다.

따라서 상온에서 저항값을 측정하여 소자의 성능을 평가하는 방법은 보통 electrometer의 원리를 그대로 이용할 수 있고 이 값으로 소자의 성능과 기능을 선별

하는 방법으로 사용한다.

PTC 서미스터 소자의 제조 공정 상의 특징은 한 번의 제조 과정서 많은 량의 PTC 서미스터 소자가 생산되어지므로 이를 신속하고 정확하게 검사와 분류가 수행되어야만 한다.

기존의 방법은 한 개씩 검사와 분류를 하므로 생산량에 비하여 상대적으로 낮게 생산품이 수취된다. 따라서 PTC 서미스터 소자 저항값 선별기의 성능은 측정 속도, 분류 방법, 분류 등급, 신뢰도 등으로 평가될 수 있다.

병렬처리기법에는 파이프라인 처리, 배열처리, 다중처리기법 등 다양한 알고리즘이 있다.<sup>5)6)7)</sup> 파이프라인 처리기법은 시간적 병렬성(temporal parallelism)을 위해 중첩처리에 주안점을 두고, 배열처리기법은 공간적 병렬성(spatial parallelism)을 위해 다수의 동기된 처리기를 사용한다. 그러나 다중 처리기법은 다른 장치나 자원을 상호 공유하며 상호 협동하는 처리기를 통하여 비동기적 병렬성(asynchronous parallelism)에 초점을 맞춘다.<sup>7)8)</sup>

배열처리기법은 다수의 장치가 동기적으로 병렬 처리를 수행하는데 동시에 같은 기능이나 서로 다른 정해진 기능만을 수행한다. 한편, 프로세스의 수행을 위해서는 프로세스 장치간의 정보 교환이 이루어져야만 한다.<sup>8)9)</sup>

본 연구에서는 배열처리기법을 PTC 서미스터 소자 검사기에 적용하여 시간적, 공간적으로 처리가 가능하고 검사와 분류 속도가 기존의 방법에 비하여 현저하게 향상되어 생산 현장에서 유용하게 사용 가능함을 입증하고자 한다.

## II. PTC 서미스터 소자의 제조 공정과 특성

PTC 서미스터 소자 제조 공정은  $B_aCO_3$ 와  $T_iO_2$ 를 주성분으로한  $B_aT_iO_3$ 분말을 얻고, 여기에 PTC효과를 얻기 위하여 도판트(doppant)로서  $Al_2O_3$ ,  $S_iO_2$ ,  $T_iO_2$  등을 적절히 첨가하고, 균일한 특성을 얻기 위하여 배합조에서 장시간 혼합하고 이를 적정한 특성을 갖도록 크기와 용량을 결정하여 성형 과정을 거치게 된다. 그러나 이러한 과정이 아무리 정밀하게 진행된다고 하더라도 각기 다른 질량과 크기의 분말 상태로 제조 공정 이루어지므로 성형후 얻어지는 소자는 일정한 특성을 갖기는 어렵다. 소자를 보호하고 외부와 연결을 위한 공정이 진행되기 전에 기대 특성을 갖지 않은 소자는 미리 검사하여 제거함으로써 최종수율을 높이고 제품의 균일도를 향상시킬 수 있다. 그러므로 PTC 서미스터 소자를 성형한 후 검사하여야만 다음 공정의 생산성을 높일 뿐만 아니라 생산 원가의 절감을 기대할 수 있다.

또한 PTC 서미스터 소자는 주변 온도에 따라 저항값이 변화하므로 측정 환경을 기준치로 항온하여야 한다. 이는 생산 설비의 투자를 초래하여 생산 원가의 상승을 유발하게 되어 가격 경쟁력을 약화시키는 요인으로 작용한다. 따라서 측정 장비가

주변 환경에 무관하게 구축할 필요가 있다.

제조 공정을 거쳐 성형 완료되는 소자를 검사와 분류를 하는데는 장시간이 소요되므로 생산성의 향상을 위해서는 검사와 분류 속도가 절대적인 요인이 된다.

기존에 사용 중인 검사, 분류 시스템은 DVM(Digital Volt Meter)에 의한 방법으로 PTC 서미스터 소자를 1개씩 저항값을 측정하고 또 분류한다.

DVM은 sampling속도가 아주 저속이므로 1개의 저항값을 측정하는 데에 소요되는 시간은 약 2sec로서 분류 속도를 저하시키는 한 원인으로 작용한다. 또 이의 각 등급을 구분하기 위하여 분류기로 이송하고 분류하는 시스템은 그림1과 같이 두께가 12mm인 대형 철원반을 이용하므로 측정과 분류를 위해서 60°만큼 회전과 정지를 반복하게 된다. 이러한 회전과 정지를 반복하기 위하여 대용량의 회전력과 정지를 위한 제동장치가 필요하고 정지 상태에서 다음 공정으로 이동하기 위하여 원반을 회전시켜야 하는데 원반은 관성을 갖고 있으므로 회전과 정지를 위한 관성력을 위한 PID제어가 필요하게 되어 제어에 대한 응답 시간은 지연될 수밖에 없으므로 이 또한 검사와 분류 속도를 떨어뜨리게 되어 저속 sampling속도와 함께 전체 시스템의 성능을 결정짓게 된다.

또다른 문제점은 그림2와 같이 측정 장치인 DVM과 분류 및 제어 시스템인 PLC(Programmable Logic Controller)가 비동기 운전되므로써 각 장치마다 각기 단독 운전되므로 상호 interlock을 걸어야 하므로 어느 한쪽이 수행 완료되었다 하더라도 상대측의 완료 신호가 인지될 때까지 휴지하게 되어 불리한 점으로 작용하게 되어 최고 분류 속도가 1분당 약110개를 초과하지 못하고 있다.

PLC의 특성상 검사시 상황과 검사 결과를 보관할 수가 없으므로 생산품에 대한 품질관리의 자료를 확보할 수 없게 되는 중요한 문제점을 안고 있다.

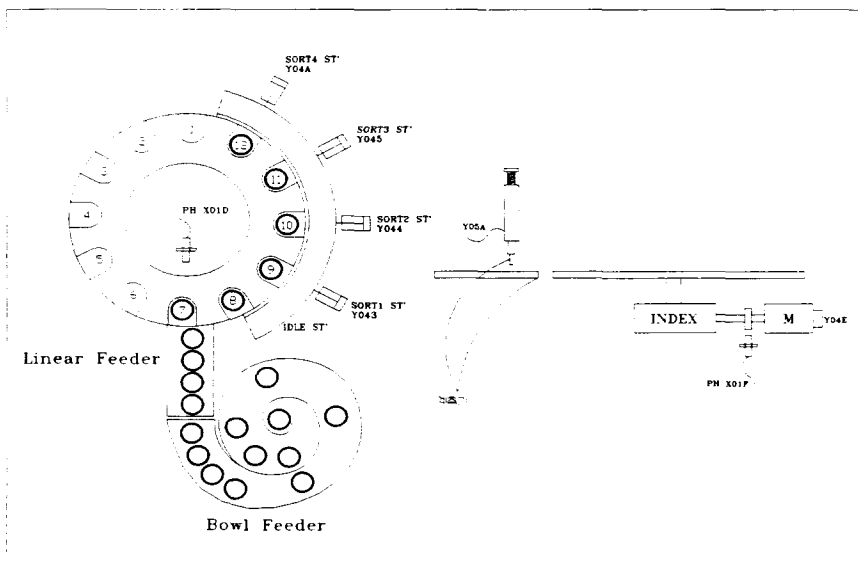


그림1. 기존의 PTC 서미스터 소자 검사, 분류 시스템의 개요

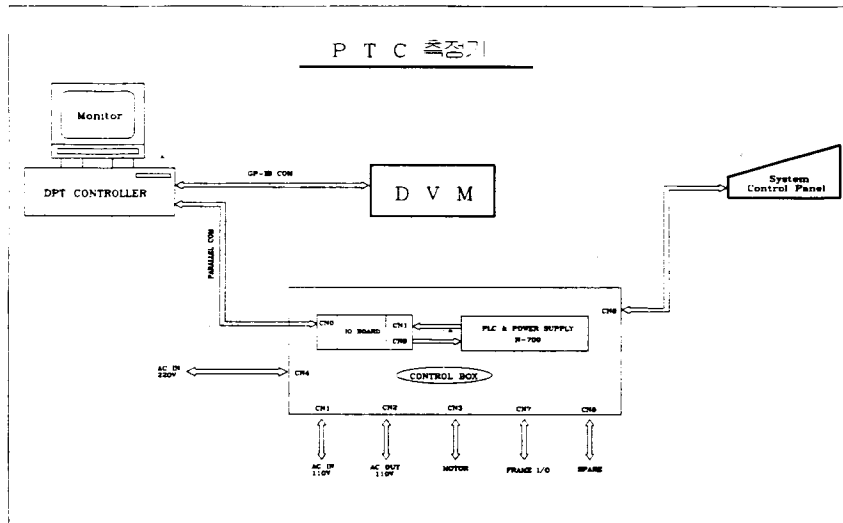


그림2. 기존 PTC 서미스터 소자 검사, 분류 시스템의 제어 계통의 개요

### Ⅲ. 측정 방법의 검토

PTC 서미스터 소자를 측정하고 분류하는데 필요한 요건은 주변 온도에 대한 PTC 서미스터 소자의 저항값과 다량으로 채분과 혼합을 한후 단조와 성형 및 소성과정 순으로 진행된다. 이러한 각 과정이 동일한 조건하에서 수행되어도 각 과정이 일률적일 수 없으며 단조를 위해 동일금형을 사용하지만 혼합한 분말의 밀도가 일정치 않고 단조를 위해 금형에 채워지는 분말의 양이 동일하지 않으므로 성형 및 소성 후의 PTC 서미스터 소자 용적과 크기가 각각 다르게 된다. 이는 각 PTC 서미스터 소자의 저항값이 동일하지 않음을 뜻하므로 기준치를 중심으로 상한치와 하한치를 설정하고 이를 적정한 등급으로 분할하여 등급이 결정되어야 한다. 그러나 DVM을 사용하면 기준치를 중심으로 상한치와 하한치를 정의할 수 없을 뿐만 아니라 등급 결정도 불가능하게 된다. 그러므로 현재의 시스템은 정상 및 불량만을 판정하게 되고 그 폭도 매우 좁아서 등급을 판정할 수 없으므로 상당량의 소자를 낭비하는 결과를 초래한다.

상용 DVM에 의한 저항값의 측정은 저속 A/D convertor를 사용하고 DVM의 전원의 일부를 정전류원으로 사용하므로 저속일 뿐만 아니라 전원의 상태에 따라 결과 값이 달라질 수 있다. 또한 주변 환경의 온도 변화와 측정기가 동작 중에 발생하는 소자의 온도 상승에 의하여 동작 특성이 달라지므로 이에 대한 보상이 필요

원문누락

원문누락

## 2. 시스템의 구성

PTC소자를 동시에 64개를 검사하기 위하여 8행8열로 배치하고 PTC소자 각각에 64개의 A/D convertor가 필요하지만 conveyer로 palletter를 이송하는 이송 시간을 고려할 때 전체 process에 영향을 미치지 않는 범위 안에서 1개의 고속 A/D convertor와 64 channel multiplexor로 구성하여도 무방하므로 본 연구에서는 그림5와 같이 구성하여 12bit의 sample data bus와 control bus, column address, row address 등으로 하였다.

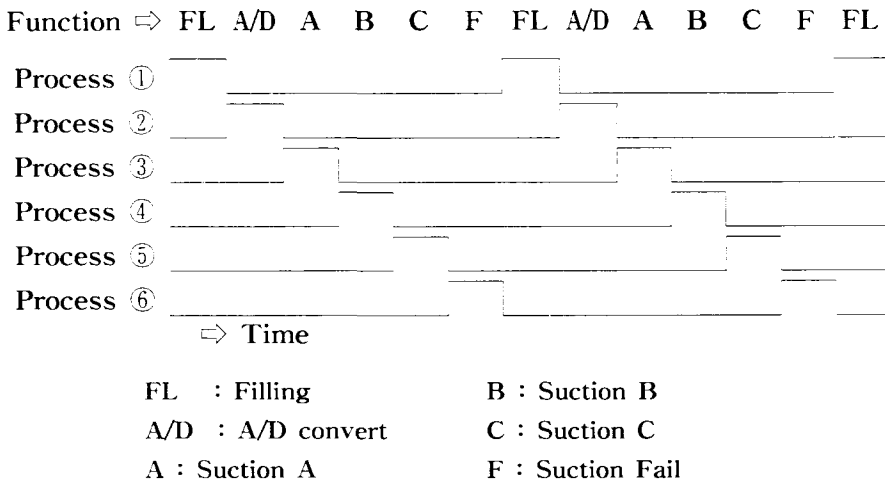


그림4. array 처리기법에 의한 timing chart.

Conveyer를 구동하기 위한 servo 시스템은 그림6과 같다. DC Servo 모터를 구동하는 driver unit는 12bit D/A convertor으로서 CCW와 CW에 11bit를 할당하고 MSB를 회전 방향 지시용으로 구성하였고, pulse encoder로부터 1회전당 2000 pulse를 입력하여 채배하고 1pulse 당 0.0025mm로 세분하여 A/D convertor의 검침 단자와 분류 suction-lip가 PTC소자의 중심을 정확하게 검침과 흡착을 할 수 있도록 하고, servo motor에 의해 palletter가 정확하고 신속하게 이동할 수 있도록 하였다.

분류를 위한 각 A~F급의 suction-lip 제어회로는 그림7과 같이 구성하고 앞의 suction data를 인계받고 현재 수행 완료된 data를 다음 단계로 넘겨주는 array처리기법이 구현 가능하도록 설계, 제작하였다. 이 suction data는 고압 공기를 이용하여 solenoid의 공기 밸브를 개폐함으로써 흡착과 배출 동작이 가능하도록 하였다.

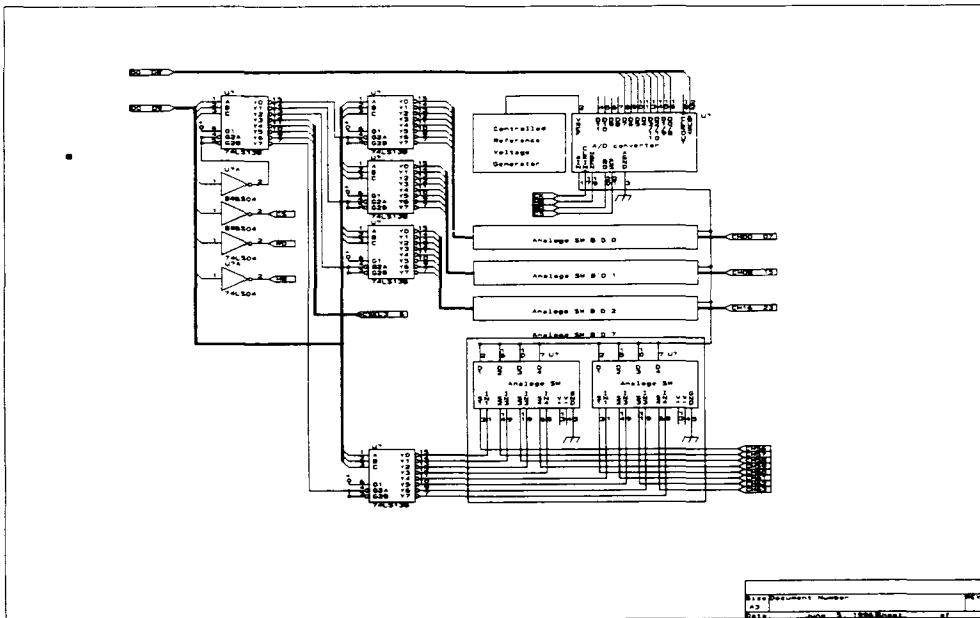


그림 5. Multi-channel A/D convertor의 구성

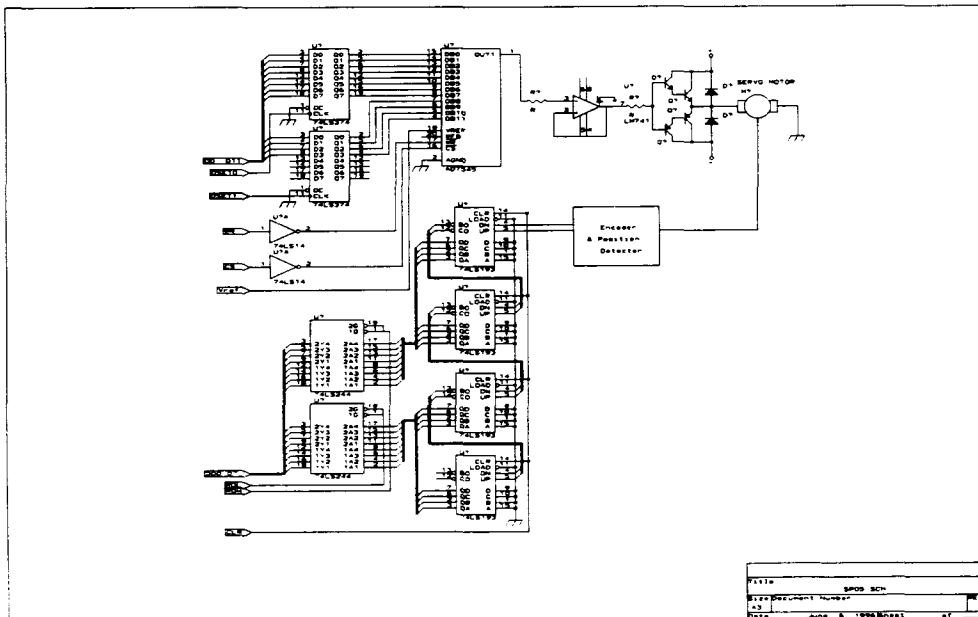


그림 6. Servo system의 구성



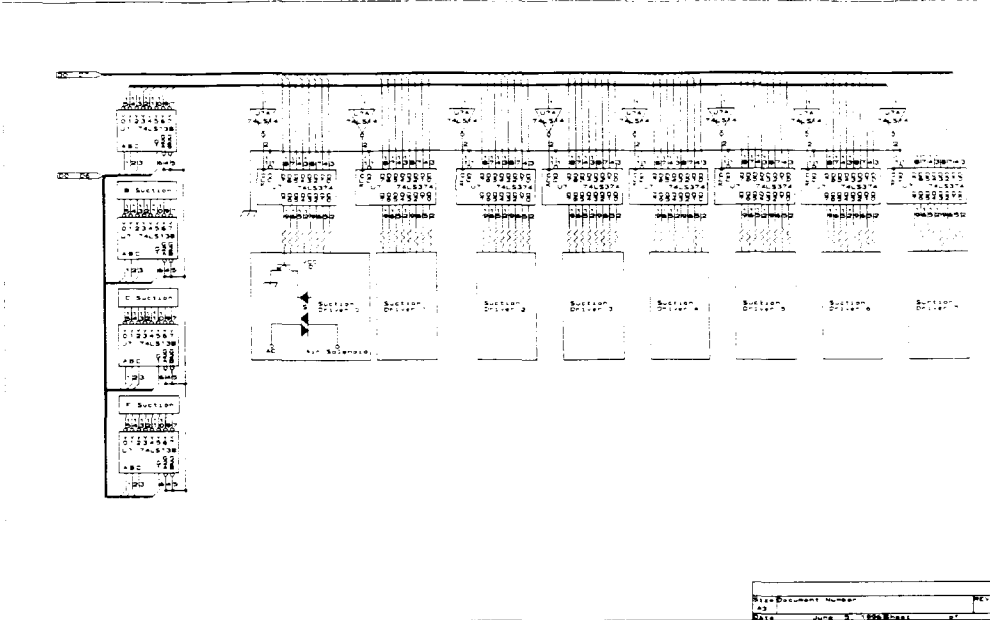


그림 7. Suction-lip 제어회로 및 개요

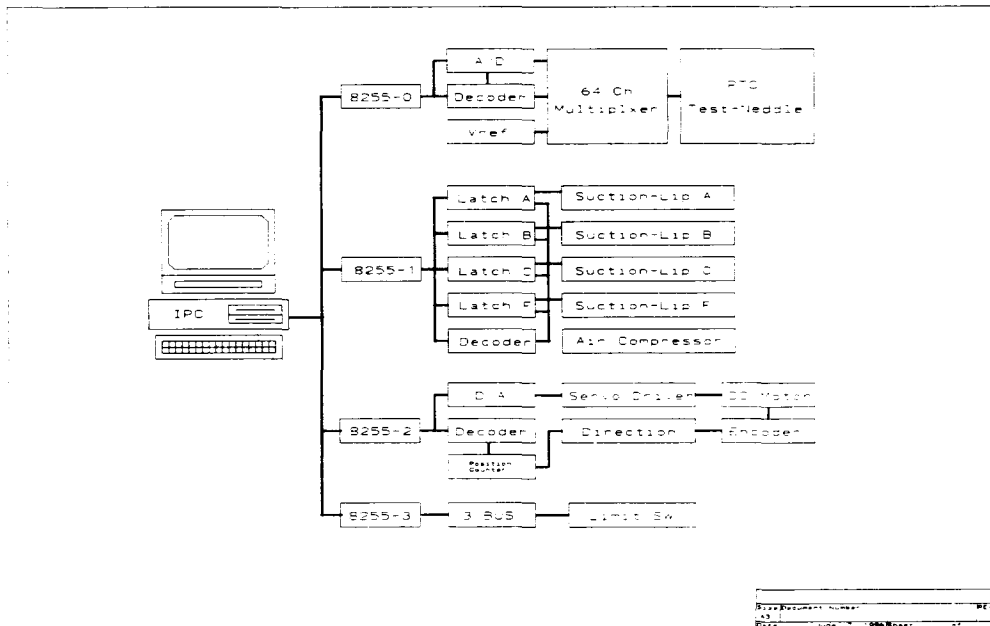


그림 8. 전 시스템의 개요

FL	A/D	A	B	C	F
① ↘	② ↘	③ ↘	④ ↘	⑤ ↘	⑥ ↘
⑥ ↘	① ↘	② ↘	③ ↘	④ ↘	⑤ ↘
⑤ ↘	⑥ ↘	① ↘	② ↘	③ ↘	④ ↘
④ ↘	⑤ ↘	⑥ ↘	① ↘	② ↘	③ ↘
③ ↘	④ ↘	⑤ ↘	⑥ ↘	① ↘	② ↘
② ↘	③ ↘	④ ↘	⑤ ↘	⑥ ↘	① ↘

표 1. 배열처리기법에 의한 알고리즘

본 연구에서 개발한 시스템의 H/W의 개요는 그림8과 같고 시스템의 제어블럭은 표1과 같다. IPC를 제어용 processor로하고 여기에 외부 기기와의 연결을 위하여 8255 4개로 PIO를 구성하고 PIO 0에 A/D convertor의 제어와 저항값을 읽어 들이는 장치로 구성하고, PIO 1에는 PTC소자를 suction-lip으로 흡입하고 분류하고 PIO 2는 D/A convertor의 제어와 servo unit의 구동 및 palleter의 위치 검출용으로 PIO 3은 각종 limit 스위치의 data를 입력하고 solenoid의 제어용으로 할당하여 구성하였다.

먼저 palletter를 정확한 위치에 이동시켜 완료되면 A/D convertor와 검침 단자가 연결된 검침 단자를 PTC소자에 접촉시킨 즉시 PTC소자의 양단 전압을 읽어 들여 저항값으로 환산하고 등급을 판정하여 선언된 A~F까지 4개의 8행8열 배열에 이동, 기억시키고 각종 통계자료를 얻어 누적시킨다. 이때 A sucking section에서는 앞의 process에서 얻은 data로 흡착을 수행하는 동안 B sucking section에서는 그 앞의 process에서 얻은 data로 흡착을, C sucking section에서는 그 앞의 process에서 얻은 data로 PTC소자를 흡착하여 각 등급에 부합하도록 분류해 낸다.

그림9는 1개의 process가 진행되는 시간을 측정 한 것으로 CH1은 A/D변환되어 완결되는 시간을 나타내며 CH2는 각 process가 처리되는 시간을 측정하였다. 이 오실로스코프의 파형에 의하면 64개의 PTC소자를 측정하는데 소요되는 시간은 576nsec로 극히 짧은 시간에 측정과 등급의 판정 및 배열에 저장에 완료됨을 알 수 있다. 또 한 process가 처리 완료되는 시간은 약 1.6sec로 기존의 방식과 비교하면 약 125% 향상됨을 알 수 있다. 그림10은 A/D convertor에 인가할 PTC소자와 검침 단자가 취부된 검사기의 전경이다.

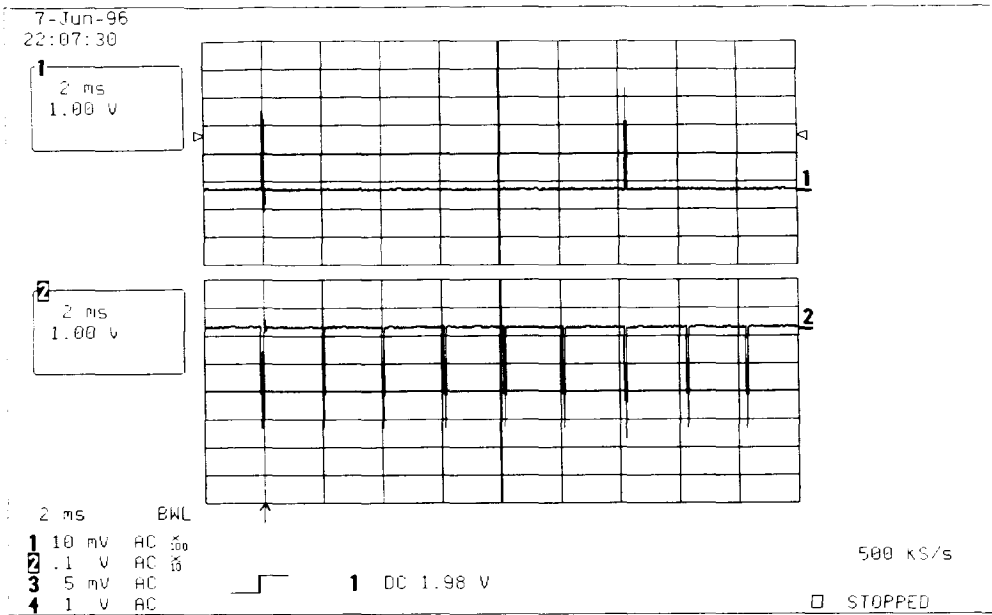


그림 9. 1개의 process의 timing

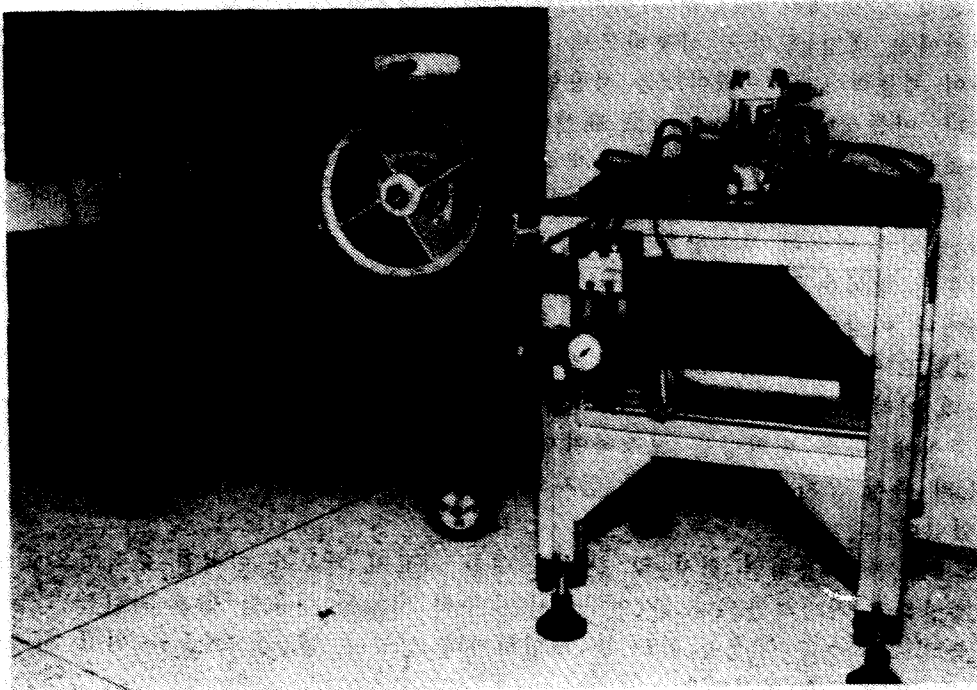


그림 10. 검사 부분의 전경

## V. 결과 검토 및 결론

본 연구에서 제안한 시스템을 전라북도 완주군 소재 삼양전자공업(주)에서 생산되는 PTC에 적용하여 실험하였다. 제어기로는 IBM 486 PC/50MHz를 이용하고 PIO는 8255를 사용하였으며 suction power는 공압축 컴프레서를 사용하였고 A/D convertor는 AD사의 제품을 변형하여 수행하였다.

검침 단자 및 suction-lip의 상하 이동은 TPC air cylinder로 구동하였고, palletter를 이송을 위한 conveyer의 구동은 SANYO회사의 모델 R876 47W급 DC servo로 driver unit, 각종 제어회로 및 센싱회로는 설계, 제작하여 실험하였다.

기존의 DVM와 PLC를 이용하여 1개씩 PTC 분류, 검사를 수행한 방법을 배열 처리기법을 이용하여 한개 process에 64개를 동시에 검사하고 분류하는 시험 작동하였다. 기존에는 1회에 1개씩을 처리하는데에 2sec가 소요되었으나 본 연구에서 제안한 알고리즘을 이용한 검사기는 한 개의 process에서 64개씩 검사가 가능하였고 또 1회 검사 및 분류되는 되는 시간은 약 1.6sec로 검사 및 분류 시간은 125%가 향상되어, 전 시스템의 분류 및 분류의 종합적인 성능 평가는 80배 향상되어 1분당 8,800개의 PTC를 처리하는데 충분한 성능을 발휘하였다.

종전에는 대형 원반을 사용하므로 큰 회전력을 내는 전동기가 필요하고 정지를 위하여 제동력이 큰 브레이크를 사용함으로써 유지 보수 및 관리에 불리한 점이 있었으나, 이를 chain conveyer로 대신하고 servo motor를 구동하여 정확한 위치로 이송토록 하여 관성력이 작으므로 제동장치가 필요하지 않았고 적은 출력의 전동기의 사용이 가능하였다. 이러한 관점에서 볼 때 본 연구에서 제안한 알고리즘이 기존의 방식에 비하여 우수함을 알 수 있었다.

기존의 방식은 DVM의 DC전원 전압을 정전류원으로 사용함으로써 전원이 불안정하거나 이상이 발생하면 검사되어 출력되는 저항값이 흔들리므로 신뢰도에 문제가 있었고 주변 온도와 측정 소자 및 부품의 발열에 대한 신뢰 오차의 범위를 결정하는데 어려움이 있었다. 반면 본 연구에서는 정전압원을 사용하고 측정 전압에 온도 보상에 따른 변화량을 보상하여서 환경 변화에 따른 오차량을 보상함으로써 PTC의 측정 오차를 최소화하여 검사와 분류의 오차 범위에 대한 신뢰치를 증가할 수 있었다.

또 PLC를 이용하면 검사 및 분류에 대한 자료의 확보가 어려워 수작업으로 이를 계산하고 처리하였으나 본 연구에서는 누적 자료를 이용한 통계 처리를 가능하게 함으로써 추후 고성능 PTC를 개발하거나 성능이 향상된 제품을 위한 자료를 확보할 수 있도록 하였다.

본 연구 및 개발은 전라북도와 원광대학교 생산기술연구소의 지원으로 수행되었음

## 참고문헌

1. S. Matsubara, "Preparation of epitaxial  $ABO_3$  Perovskite-type oxide thin films on a (100)Mg  $Al_2O_3/Si$  Substrate", J. Appl. Phys., vol.66, NO.12, 5826~5832 (1989)
2. R.L.Cook, "Microstructural changes during Processing of Laser Deposited  $BaTiO_3$  and PZT Thin Films", MRS Symposium proceeding, vol.202, 241 (1991)
3. Y. Matsuo, "Semiconducting  $BaTiO_3$  with Added of  $Al_2O_3$ ,  $Si_2O_2$  and  $TiO_2$ ", Ceramic Bulletin, Vol.47, NO.3, 292~297 (1968)
4. M. Kuwabara, "A New Phenomenon in Barium-Lead Titanate Ceramics with Positive Temperature Coefficient of Resistivity", J. Am. Ceram. Soc., Vol.69, NO.8, 176~177 (1986)
5. 윤용호, 임연철, 다중 프로세서 시스템에서 파이프라인 전송 버스의 설계 및 성능평가, 한국통신학회논문집 제8권 제2호, 288~290 (1993)
6. 이상정, 김광준, 병렬 파이프라인 프로세서 아키텍처의 설계, 대한전자공학회논문집 제32권 B철 제3호, 414~421 (1995)
7. 모상만, 신상석, 윤석한, 임기욱, 고속 병렬 컴퓨터에서의 효율적인 메시지 전달을 위한 메시지 전송 기법, 대한전자공학회논문집 제32권 B철 제9호, 1162~1164 (1995)
8. 김병국, 기능블럭 구성을 이용한 공정 시뮬레이션 시스템의 개발, 대한전기학회논문지 제41권 제11호, 1334~1337 (1992)
9. 조정완, 컴퓨터구조학, 개정판, 정익사, 서울, 372~373 (1992)

---

A Development of Inspector  
for Sorting & Measuring on PTC Thermistor Elements  
Using Array Processing Technique.

Park, Hae-am  
*Dept. of Medical Engineering*  
*Kwangju Health College*

> Abstract <

The object of this developed system was for measuring and sorting the PTC(Positive Temperature Co-efficient), which has been widely used in industrial application, especially in the electronics field and in computer engineering.

The other methods measure and sort one PTC in one processing using a large and heavy steel disk, so that the processing capability is limited to under 110 PTC per minute.

In addition, it processes only 1 PTC per processing time and requires a high starting torque motor and large breaking power source to stop.

The proposed development system used a high speed sampling A/D convertor and an array processing technique to measure and sort on a light conveyer for a continual processing.

The arrays consisted of 5 arrays, one for measuring and the others for distinguishing the grade. Those were 8 columns and 8 rows that could process 64 PTCs at once, therefore the processing speed was increased up to 8,800 PTCs per 1 minute.

It was also able to evaluate and distinguish the PTC's performance and grade.

The algorithm in this system employed a temporal parallelism and a spatial parallelism for increasing measurement and sorting.

The proposed processing algorithm on this system was 80 times faster than the other method.