

## 소형전동기 제작공정의 자동화시스템

안 영 주 . 황 영 문  
부산공업대학 . 부산대학교

### Automatic System for Manufacturing Processor of Small-Sized DC Motor

Y.J. AN , Y.M. HWANG

Pusan National University of Technology, Pusan National University

#### 요약

소형전동기의 제작에 있어서는 제작에 필요한 여러가지의 작업공정이 소요된다. 이러한 작업공정 중에서 비교적 작업이 까다롭고 생산량에 비하여 수작업이 많이 드는 공정을 단위자동화 시스템으로 나누어 개발하였다. 본 연구에서는 Insulator Inserter M/C을 개발 대상으로 하였다.

#### 1. 서 론

전기기계의 제작공정은 보통 여러가지 재료로 구성된 복합적인 부품들의 제작 및 조립공정들로 되어있다. 중 내형전동기에 비하여 소형전동기에 있어서는 수작업으로 제작하기에는 생산성 향상에 큰 장애 요인이 되고 있다.

너구나, 최근에 이르러 공장자동화, 사무자동화 및 가정자동화의 추세에 맞추어 거의 대부분의 동력기계부품이 전동기화함에 따라 소형전동기의 수요가 급증하게 되었고, 소형전동기생산과정도 내량생산에 의존하여 저가격화를 추진하기에 이르렀다. 동시에 품질면에서도 고효율이며 또한 고품질의 것이 요구되고 있으나, 제작공정의 기계화는 상대적으로 특성의 저하를 가져오기 때문에 제작공정의 일부분만이 기계화내지 자동화되고 있다.

최근에 와서는 기계화작업공정을 부분자동화시스템으로, 그리고 이들의 부분자동화시스템을 일괄작업할 수 있도록 종합공정자동화시스템으로 종합화하는 추세에 있다. 현재 국내에서는 소형전동기의 수요가 급증함에 따라 제작공정의 부분자동화기계인 전문기를 다량도입하여 생산체제를 자동화하고 있고, 일부에서는 전 공정자동화시스템을 고가로 도입하여 이용하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 이러한 전공정자동화시스템 중에서 부분적으로 전문화 된 단위자동화기기를 개발 제작하고, 나아가

이들의 단위자동화기기를 BATCH CONTROL시스템으로 구성하여 일괄 제어토록 할 예정이다.

#### 2. Armature 생산공정의 분류와 자동화 시스템의 구성

현재 소형직류전동기의 생산공정중에서 Armature생산공정이 노동생산성을 저해하는 복합공정으로 되어 있는데 이를 내별하면 다음과 같다.

- (1) Core Punching
- (2) Shaft Inserting
- (3) Cleaning
- (4) Slot / End Cover Insulating
- (5) Commutating Placing
- (6) Winding for Armature Winding
- (7) Commutator / Coil Fusing
- (8) Commutating Turning
- (9) Balancing
- (10) Performance Test / Insulating Checking
- (11) Loading / Unloading to each Process
- (12) Conveyering between each Process

본 자동화 시스템의 전체구성은 그림1과 같다.

이들의 동작 개요는, 제1공정은 회전자의 회전축을 회전자 코어에 압입하는 공정이며, 제2공정은 회전자에 필요한 정류자를 압입하며, 제3공정은 회전자의 코어와 권선을 절연하기 위한 절연지의 삽입공정, 제4공정은 준비완료된 회전자에 권선을 하는 공정이고, 제5공정은 권선과 정류자 편간을 전기적인 연결을 하는 공정이고, 제6공정은 권선이 완료된 전기자를 시험하고, 제7공정에서는 브러쉬가 닿을 정류자 표면 및 축발이가 삽입되는 회전축의 부분을 언마하는 공정들로 이루어져 있다. 마지막으로 이들 각 공정의 지령과 감시는 BATCH CONTROL SYSTEM에서 행한다.

3. Insulator Inserting Machine 에 의한 자동화시스템

3.1 Slot Insulator Inserting의 작업과정

Armature제작공정에서는 제일 먼저 Core를 Punching한 후 Shaft를 삽입하고, Core Slot내에 Core와 Winding간에 전기적 절연을 하여야 한다. 절연방법으로는 소형전동기에서는 전기절연용종이, 마이카나 전기절연용고분자필름을 Slot내에 Placing하는 방식과 분말절연도료로 Slot내를 도장하는 방식을 취한다. 전자의 경우가 일반적으로 행하여지는 방식으로, 이러한 제작공정에는 다음과 같은 세부작업공정이 있다. 즉

- (1) 절연지의 조형작업(현재 수작업으로는 250개/인/일)
- (2) 절연지의 Armature길이(Insulating Pitch)에의 절단작업(500개/인/일)
- (3) 조형된 절연지의 Slot내의 Placing작업(200개/인/일)
- (4) Rotor Core부의 이송작업(600개/인/일)

등이다. 이러한 작업을 수작업으로 하면 작업인원이 필요하며, 절연지의 조형작업시 조형형태가 일정하게 유지되지 않는 점 때문에 재료의 손실, 작업의 번잡성 및 인건비의 상승등 문제가 발생한다. 이러한 공정은 Armature제작공정중의 일부에 대한 세부공정내지는 부분공정으로, 종래에는 별도의 부품가공공정으로 처리하였다. 본 자동화시스템에서는 Insulator Inserting공정을 기계화함에 있어 하나의 Batch시스템으로 이를 흡수하되 주작업공정에서의 하나의 전문작업기로서 자동화하고자 한다. 이때 얻어지는 효과로서는 품질의 안정성, 원자재의 절감, 불량률의 감소 및 작업인원의 생략등 전공정에 효과적인 자동화를 이루게 할 것이다.

3.2 전문기의 기능별 구성

Insulator Inserting Process 전문기의 세부공정으로 는 그림 2와 같이 크게 5개 부분으로 나눌수 있고 각각의 기능에 대하여는 다음과 같다.

가. 절연지 공급부

Roll의 형태로 감겨 있는 연속절연지를 절연지 조형부에 공급하는 장치로서 별도의 모터와 센서를 부착하여 항상 일정한 범위의 절연지를 공급하도록 되어 있다. 모터는 일반유도전동기를 사용하고 절연지의 유부검사는 반사형 광전스위치를 사용하며 일정량의 공급에 대한 제어 및 동작이상에 대한 정보는 주제어장치인 PLC(Programmable Logic Controller)에 의하여 행한다.

절연지 공급부의 플로우차트는 그림3과 같다.

나. 절연지 조형 / 절단부

본 기기에 사용되는 절연지는 전기절연용종이 마이카(Insulating Paper) 또는 전기용 폴리에스테르필름(Polyester Film)으로, 두종류의 절연지가 모두 사용가능하다. 연속적으로 공급되는 절연지는 프레스압형, 롤러형상, 사출압형, 수송제작등의 방법으로 조형할 수 있으나, 폴리에스테르 필름은 형성작업후 재질의 본래 특성에 의해 원형으로 복귀하는 등의 문제점이 발생되므로 일정한 롤러(Roller) 형태의 구조에서 형상을 만든 후 안내기구를 통하여 바로 Rotor의 슬롯에 삽입시키는 구조로 되어 있고, 작업에 필요한 능력은 주 모터에서 타이밍기어, 타이밍벨트, One Way Bearing에 의해 전체기기의 동작과 동기를 맞춘다. 절연지의 조형도와 처수는 그림 4과 같이 Slot상에 맞도록 한다.

절연지의 조형작업은 그림 5와 같이 1st Forming - Insulator Cutting - 2nd Forming - Pitch당 Push-down - Insulator Inserting의 기능을 Pitch 길이당 전송시켜 행한다. 절연지 조형공정은 부분부품제작공정을 자동화공정에 흡수시킨 공정으로 이것만으로도 조형, Pitch이송, 절단, 삽입공정과 의 연계등 중요공정으로 조형기능, Loading / Unloading 기능 및 Pitch당 이송기능을 겸하도록 함이 바람직하다.

다. 절연지 삽입부

절연지 조형부에서 이송된 절연지를 연속적으로 Rotor의 슬롯에 투입하는 장치이다. 기기의 구성은 Rotor에 절연지를 삽입하는 Air Pusher, Rotor를 슬롯간격만큼 회전시키는 Stepping motor로 나눈다. Core Slot의 최소위치선정은 New Axis Picker방식으로 설정한다. 그리고 Core Slot의 Index Running은 Slot의 숫자로 등분한다. Stepping motor의 동작은 절연지 조형부에서 공급되는 절연지와 관련된계 동작을 하여야 하므로 Stepping motor의 드라이브는 동력전달부, 절연지조형부, Air Pusher들과 Auto-Sensor등이 주 제어장치인 PLC에서 제어를 행한다. 또한 Rotor의 슬롯수가 변경 될 경우 Stepping motor의 회전각도도 바뀌어야 하므로 이를 BCD스위치 및 Stepping motor 드라이브, PLC로서 간단히 조정될 수 있게 구성한다.

라. Armature 이송부

본 장치는 절연지 투입부에 작업대상인 Rotor를 공급하고, 또한 작업이 완료된 Rotor는 다시 다음의 연결작업을 위한 공급장치로 보내기 위한 장치이다. 크게 구분하여 Rotor공급부와 Rotor콘베이어로 나누는데, 각각의 작업은 절연지 투입부와 연계되어 동작하며, Air Cylinder와 Air Finger, 각종 센서들로 구성한다. 센서로서 광전스위치, 근접스위치, 리미트스위치들을 사용하며 제품의 유부검출, 작업

중 표시, 작업대기등의 신호로 이용한다.

마. 동력 전달부

본 기기전체를 움직이는 동력을 공급하는 장치로서 주모터는 적절한 작업속도를 맞추도록 VS(Variable Speed) driver를 채택하였고, 동력의 전달과 단속을 용이하게 하도록 클러치와 브레이크를 사용하여 빈번히 주동력모터를 정지시키지 않으면서 기계적동력전달을 단속시켰다.

각각의 동력사용부에서의 회전속도는 타이밍기어와 타이밍벨트를 사용하여 정확한 속도가 전달되도록 하고, 원운동이 필요한 직선운동으로 바뀌도록 크랭크캠과 One Way Bearing을 사용하였다.

3.3 공정제어시스템

PLC에서의 Logic programming을 하기 위하여 공정제어의 Time sequential chart를 작성한다. 공정제어부의 주요 기능별 Time chart는 그림6과 같다.

4. 결 론

소형직류전동기제작업체에서는, 계자부분은 페라이트 코어를 성형 착자하여 사용하고 있어 다른작업을 수용하지 않는 반면, Rotor부분인 Armature만을 제작하여 조립생산하고 있다. Armature제작은 가장 노동집약적인 작업공정이며, 자동화시켜야 할 필요성을 오래전부터 느끼고 있었고,

현재에는 외국의 전문업체에서 전문기를 도입하여 시행하고 있다. 이러한 공정은 Batch control system이 적당하다고 본다. 이는 각각의 전문가가 특별한 작업공정을 가지고 있고, 각각 부품가공공정을 갖고 있어 이를 흡수할 필요가 있기 때문이다. 또한 필요한 경우 각각의 전문기는 개별로 사용이 가능하다.

각 전문기는 현재 외국의 전문업체에서 독자적인 설계로 제작하고 있다. 관련기술자료를 얻기가 힘드므로, 기존 도입된 전문기에서 얻을 수 밖에 없다. 그러나, 전문기의 자동화 부품이 고도의 정밀성을 요구하는것이 많아, 현재에는 도입품에 의존할 수 밖에 없다. Pilot시작기로서는 기술복합도가 비교적 높은 Slot에의 절연지삽입기, Core shaft 삽입 및 정류자장착기, 회전자 권선기 및 Batch Control System에 대한 개발연구를 하였다.

시작기 제작에서 가장 어려운 점은 부품구입의 여유도가 낮아, 구상 및 기본설계대로 제작이 어렵다는 점이다. 또한, 전동력 유입 및 공급으로 이루어지는 자동제어 시스템에서

의 정합이 쉽지 않다. 이는 현재 완성된 시작기의 반복 시운전(Field Test)을 통하여 계속 수정을 가하며, 또한 발생된 문제점에 관해서는 특성개선이 이루어질 수 있도록 면밀한 검토를 계속 진행하고 있다.

참 고 문 헌

1. AXIS, Programmable Controller-Monoprom
2. AXIS, AXINDER Instruction Manual
3. 삼성개전(주), 프로그래머블 콘트롤러 STARCON-MF 시리즈 기술자료
4. 見城 尙志, 赤木 泰文, 川村 昭, AC サーボモータとマイコン制御, 綜合電子出版社, (昭和 59年)
5. 大崎 康次郎, 秋山 勇 治, サーボセンサの基礎と應用, オーム社, (昭和 63年)
6. ELECTRO-CRAFT CORP, DC MOTORS SPEED CONTROLS SERVO SYSTEMS, (1977)

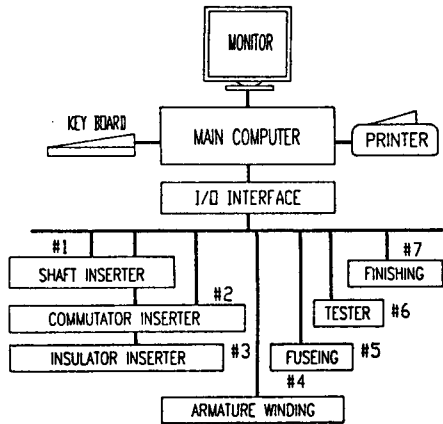


그림 1. 자동화 시스템의 전체 구성도

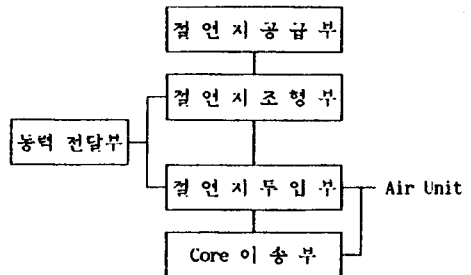


그림 2. Insulator Inserting Process의 구성

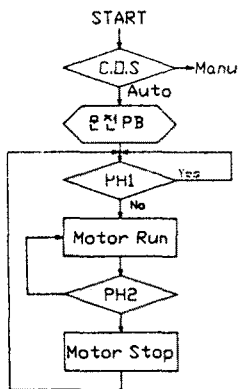


그림 3. 접연지공급부 Flow chart



그림 4. 접연지의 조형도와 치수

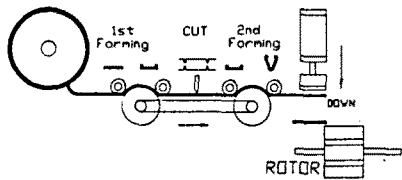
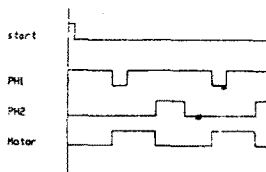
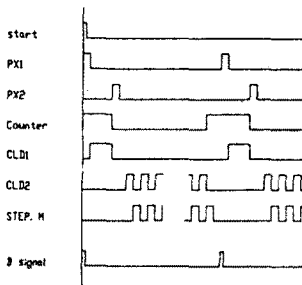


그림 5. 접연지 조형공정도



접연지 공급부 Time chart



접연지 삽입부 Time chart

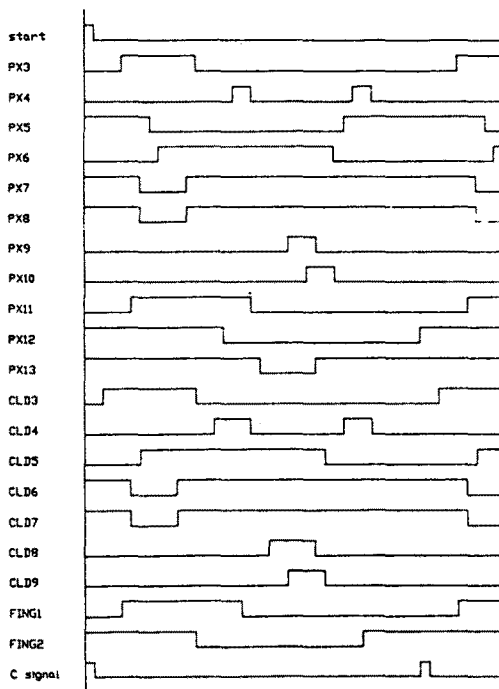


그림 6. Armature core이송부의 Time chart