



## 저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

# Motor 구동형 Screw Lifter 장치의 개선방안에 관한 연구



2013년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

기 술 경 영 협 동 과 정

정 병 철

공 학 석 사 학 위 논 문

# Motor 구동형 Screw Lifter 장치의 개선방안에 관한 연구

지도교수 이 운 식

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.



2013년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

기 술 경 영 협 동 과 정

정 병 철

# **A Study on the Improvement of a Screw Lifter Motor-drive Device**

Advisor :Prof. Woon-Seek Lee



by

Byung-Chul Chung

A thesis submitted in patial fulfillment of the requirements  
for the degree of

Master of Engineering

Interdisciplinary Program of Management of Technology, The  
Graduate School,

Pukyong National University

August 2013

정병철의 공학석사 학위논문을 인준함.

2013년 8월



주 심 공학박사 이 윤 식 (인)

위 원 공학박사 김 병 수 (인)

위 원 공학박사 주 철 민 (인)

# Motor 구동형 Screw Lifter 장치의 개선방안에 관한 연구

정 병 철

부경대학교 일반대학원 기술경영협동과정

요 약

본 논문은 자동화 생산시스템에서의 주요 구성품인 부품 공급 Magazine에 적용하는 수직 공급 Lifter 장치의 하강방식에 대한 연구로서 기본적인 구성은 회전 Motor(Brake Type), LM Guide와 Ball Screw로 이루어 진다. 기존방식은 Motor 정·역회전에 의해 상승 및 하강 동작이 이루어지고, 동작시 스크류에 구속되므로 하강시간이 길어져 생산성 효율 저하의 중요한 요인이 되었다. 이러한 요인을 줄이기 위해 고정도 고가의 기능품 (Servo Motor)을 채택하고있으나 원가상승의 원인이 되고 있다.

본 논문에서는 Motor 구동형 Screw Lifter 장치의 생산성 향상을 위한 개선 방법으로 스크류 너트부를 하강시, 구속 해제하여 중력방식으로 낙하시켜 하강 원위치시키는 방식을 제안한다. 개선된 Lifter장치의 효율성을 검증하기 위해 실제 Lifter 시제품을 제작하여 실험을 통해 분석하여 기존방식과 비교한다. 개선된 장치의 적용시 원위치 복귀시간을 30%~50%정도 줄일수 있을것으로 예상되며 생산성 향상은 물론 원가절감에도 효과가 클것으로 기대된다.

주제어: 속도가변형 Motor, Ball Screw, 전자 Solenoid, LM(Liner Motion)  
Bearing, Screw Lifter 장치

# A Study on the Improvement of a Screw Lifter Motor-Driven Device

Byung-Chul Chung

*Interdisciplinary Program of Management of Technology, The Graduate School,  
Pukyong National University*

## Abstract

In this thesis, a decent methodology of a vertical supply lifter device is studied to improve productivity, which applied in a part supplying magazine. Basic components of a vertical lifter device consist of rotation motor (Brake Type), LM guide, and ball screw. Existing method performs the rising and falling operations of the lifter device by motor reverse rotation, so that the rising and falling moves are confined by a screw during the operations. Therefore it results in decreasing the productivity. To improve the poor productivity, some of device adopt the function of high-precision products (Servo Motor), but the devices result in raising the manufacturing cost.

In this thesis, a new vertical supply screw lifter device with a motor-driven improvement methods is developed to improve the productivity of the machine screw nut of wealth using a gravitational falling by a screw motor-driven device during a descent and the redemption of the descent to its original position. The effectiveness of the proposed lifter device is analyzed and compared with the existing method through the experimental results. The proposed lifter device reduces the recovery time from 30% to 50% in comparison with the existing method. Furthermore, it obtains even larger cost saving than the existing method.

Key Words: Variable Motor, Ball Screw, Elect- Solenoid, LM(Liner Motion)  
Bearing, Screw Lifter Device

# 목 차

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 1장. 서 론                 | 1  |
| 1.1 연구배경 및 목적           | 1  |
| 1.2 연구방법                | 2  |
| 2장. 이론적 배경              | 3  |
| 2.1 LIFTER 장치의 고찰       | 3  |
| 2.2 구동 Motor의 종류와 특성    | 4  |
| 2.2.1 Motor의 종류         | 4  |
| 2.2.2 Motor의 특성         | 6  |
| 2.2.3 MOTOR의 용어 해설      | 7  |
| 2.3 Servo Motor 설명 및 특성 | 13 |
| 2.3.1. 서보모터의 구조         | 14 |
| 2.3.2 AC 서보모터의 구조       | 18 |
| 2.3.3 속도제어(아나로그 입력 타입)  | 26 |
| 2.3.4 위치결정              | 29 |
| 2.4 Screw의 특성           | 33 |
| 2.4.1 구조                | 33 |
| 3장. Lifter 급속 하강 장치의 설계 | 35 |
| 3.1 기존 Lifter의 방식       | 35 |
| 3.2 개발 방향 설정            | 35 |
| 3.2.1 예측 예상 문제점 검토사항    | 36 |
| 3.2.2 방식 선정 이유          | 37 |
| 3.3 설계 개요               | 37 |
| 3.4 Motor 선정            | 38 |
| 3.5 Screw 선정            | 38 |
| 3.6 제어방식                | 39 |



|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 3.7 특허동향 분석 .....                       | 39 |
| 3.7.1 특허분석 목적 .....                     | 39 |
| 3.7.2 특허분석 절차 .....                     | 39 |
| 3.7.3 특허분석 결과 .....                     | 41 |
| 4장. Lifter 급속 하강 장치의 개발 .....           | 43 |
| 4.1 기존방식 .....                          | 43 |
| 4.1.1 구성품 설명 .....                      | 44 |
| 4.1.2 기존 Lifter방식의 표준 동작 .....          | 44 |
| 4.2 개선후 구조 .....                        | 45 |
| 4.2.1 Lifter의 구분 동작설명 .....             | 45 |
| 4.2.2 Lifter의 구조 .....                  | 48 |
| 4.3 실험방법 .....                          | 49 |
| 4.3.1 Screw Lead별 Nut 개폐장치 한계성 분석 ..... | 49 |
| 4.3.2 Nut 개폐방식 종류 및 최적 모델 선정 .....      | 49 |
| 4.3.3 시제품 설계 및 제작 .....                 | 49 |
| 4.3.4 개선전, 후 모델의 작동 시험 및 분석 .....       | 50 |
| 4.3.5 시제품 제작 기준 및 연구방법 .....            | 50 |
| 4.3.6 Servo Motor 적용에 따른 시간 분석 .....    | 51 |
| 4.3.7 생산성 향상 효과분석 (생산량 비교) .....        | 54 |
| 4.4 비용분석 .....                          | 56 |
| 5장. 결론 및 향후 연구방향 .....                  | 58 |
| 참 고 문 헌 .....                           | 60 |

## 그 립 목 차

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| <그림 2.1> 부품공급 Lifter의 일반적 구조  | 3  |
| <그림 2.2> 회전수-Torque 특성        | 11 |
| <그림 2.3> 서보모터의 구조             | 15 |
| <그림 2.4> AC 서보모터의 일반 구조       | 18 |
| <그림 2.5> AC 서보모터의 회전자 구조      | 20 |
| <그림 2.6> 영구자석의 감자곡선           | 22 |
| <그림 2.7> 인크리멘탈 엔코더의 구조와 출력파형  | 23 |
| <그림 2.8> 절대치 엔코더의 구조          | 24 |
| <그림 2.9> 자기식 엔코더의 내부구조        | 24 |
| <그림 2.10> 레졸버의 구조             | 25 |
| <그림 2.11> 위치제어(아나로그) 시스템      | 26 |
| <그림 2.12> 위치제어(아나로그) 내부 Block | 28 |
| <그림 2.13> 위치제어(펄스열)의 시스템      | 29 |
| <그림 2.14> 위치제어(펄스열) 내부 Block  | 29 |
| <그림 2.15> 서보기구                | 31 |
| <그림 2.16> 볼스크류 구조             | 33 |
| <그림 3.1> 기존방식의 Lifter 구조      | 35 |
| <그림 3.2> Nut 개폐형의 개선 구조       | 36 |
| <그림 3.3> 솔레노이드 작동원리           | 37 |
| <그림 3.4> 분야별 적용 분석도           | 41 |
| <그림 4.1> 기존 방식 구조             | 43 |
| <그림 4.2> 기존 Lifter의 구조        | 45 |
| <그림 4.3> 전자솔레노이드의 설치 형태       | 47 |
| <그림 4.4> 개선후 Lifter의 구조       | 47 |
| <그림 4.5> 개폐형 Nut의 동작설계도       | 50 |

## 표 목 차

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| <표 2.1> 서보모터의 구조 .....                      | 17 |
| <표 2.2> 산출 항목별 단위 .....                     | 32 |
| <표 3.1> 시험 조건 .....                         | 38 |
| <표 3.2> Code 분류 .....                       | 40 |
| <표 3.3> Code 분류 .....                       | 41 |
| <표 4.1> 기존 Lifter방식의 표준 동작 (1 사이클 기준) ..... | 44 |
| <표 4.2> 개선 후 Lifter방식의 동작 (1 사이클 기준) .....  | 46 |
| <표 4.3> 시제품 제작기준 .....                      | 51 |
| <표 4.4> 시험 방법 .....                         | 51 |
| <표 4.5> 기존방식의 하강시간 실측값 .....                | 52 |
| <표 4.6> 개선방식의 하강시간 실측값 .....                | 53 |
| <표 4.7> Ball Screw Lead량 : 5mm 적용시 .....    | 55 |
| <표 4.8> Ball Screw Lead량 : 10mm 적용시 .....   | 56 |
| <표 4.9> 비용분석 .....                          | 57 |

# 1장. 서 론

## 1.1 연구배경 및 목적

산업현장에서의 자동화 생산공정은 원가절감과 생산효율을 높이는 것이 무엇보다 중요하다. 특히 위험물 취급 공정에는 ROBOT 등으로 사람을 대신해서 업무를 수행시키기도 하고 단순 반복되는 공정을 메카트로닉스를 접목한 자동화장비로 공정업무를 수행하여 능률을 극대화하고 있다.

제품이송에 관계된 물류 자동화시스템은 물론 제품 조립 및 검사까지 모든 공정을 무인화한 자동화시스템까지 보급되어져 있다. 이를 뒷받침하기 위하여 위치속도제어 모터류, 유·공압류, 여러기능의 정밀 BEARING류, 고정도의 기능을 가진 SENSOR류, 전체 제어를 담당하는 PLC(Programable Logic Controller)<sup>1)</sup> 등 다양한 기기들이 보급되고 있다.

본 연구는 조립자동화공정에 적용되는 소형부품공급용 Lifter 장치의 개선에 관해 연구한다. Lifter 장치라 함은 일종의 승·하강장치를 총칭하고, 인승용 및 화물용 엘리베이터 또는 제품 수송을 위한 층간 수직 반송장치, 소형부품의 자동 공급하기 위한 부품 상·하강 장치도 포함된다. 본 연구에서는 조립공정에서 소형부품을 Lifting하여 수직 공급시키는 장치로 한정하고, Lifter 장치의 하강동작을 조사, 분석하고 하강 동작의 개선을 위해 필요한 구조변경과 동작기기의 설계방안을 제시한다. 또한, 본 연구에서는 소형부품을 공급하기 위한 Magazine<sup>2)</sup>형 공급장치에 적용하는 Motor 구동 방식의 Lifter 하강장치를 개선하는 것으로 제한한다.

---

1) 프로그램 가능한 논리적 회로

2) 부품 공급용 틀

## 1.2 연구방법

Motor와 Screw를 이용한 Lifter 장치의 하강시간을 줄이는 것이 본 연구의 핵심이므로, 일반모터와 Servo Motor의 역회전 하강방식의 한계를 조사하고, 문제점 및 개선방안을 제시하는데 목적이 있다. 따라서 다음과 같이 연구 방법을 진행한다.

- 첫 번째, Screw Lead별 Nut 개폐장치 한계성 분석
- 두 번째, Nut 개폐방식 종류 및 최적 모델 선정
- 세 번째, 시제품 설계 및 제작
- 네 번째, 개선전·후 모델의 작동 시험 및 분석
- 다섯 번째, 개선된 Lifter장치의 효율성 검증



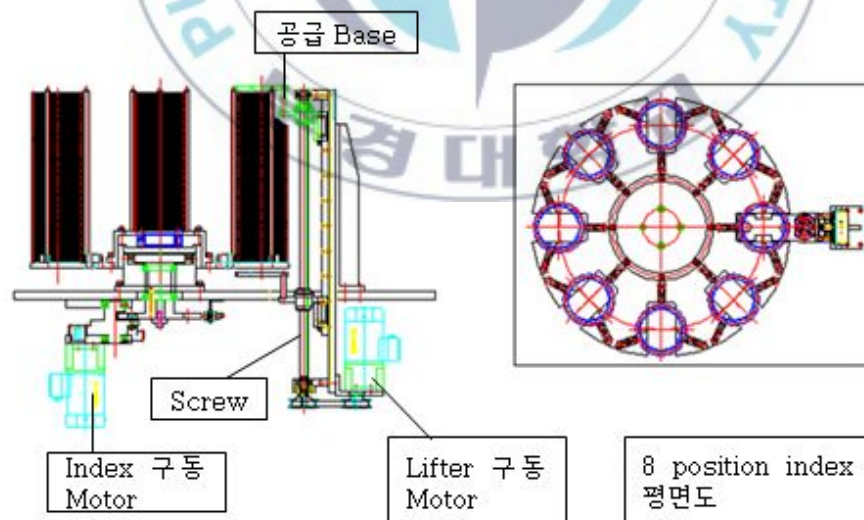
## 2장. 이론적 배경

### 2.1 LIFTER 장치의 고찰

Lifter라 함은 외력을 이용하여 어떤 사물을 상·하 방향으로 들어 올리고, 내리는 기능을 하는 기구 및 장치를 일컫는 말이고, 용도는 산업용 및 인승용 등 각종 편의시설에 활용되고 있다.

본 연구는 소형부품의 공급을 하기 위한 방식중에서 Turn Table Index & Magazine 방식방식으로 부품의 상하 공급을 시키기 위한 Lifter로 한정하며, 생산공정에서 부품공급을 빠른시간내에 공급시켜 지연시간을 최소화하는 구조의 설계방안을 제시한다.

본 연구에서는 Motor와 Screw, LM Bearing<sup>3)</sup>을 이용하여 회전운동을 직선운동으로 변환시켜 동력을 전달하는 기존 하강 방식의 단점을 보완한 중력 낙하 방식을 제안하며 부품공급 Lifter의 일반적인 구조는 <그림 2.1>과 같다.



<그림 2.1> 부품공급 Lifter의 일반적 구조

3) Liner Motion Bearing-직선베어링



따라서 <그림 2.1>의 구조에서 공급 Base가 상승후 하강 원위치를 빠른시간에 이루어 질수 있게 구조 및 동력, 토오크 상관관계를 감안한 구조를 연구하여 설계에 반영하는데 목표를 둔다.

## 2.2 구동 Motor의 종류와 특성

Motor 구동방식의 Lifter에서는 Motor의 회전속도와 정지 정도가 매우 중요하므로 일반 Induction(단상, 삼상) Motor, Reversible Motor를 사용하거나 고위치정도와 빠른 회전을 위해서는 Servo Motor 또는 Stepping Motor 등을 사용해야 한다. 또한 하중과 속도에 충분한 강도를 유지하기 위한 토오크를 가진 동력원과 상호 신호의 응답성이 높은 모델의 선정이 필요하다. 먼저 Motor 종류에 대해서 알아보기로 한다.

### 2.2.1 Motor의 종류

Motor는 여러 가지 분류 방법이 있으나 전원상수에 의해 단상 Motor와 삼상 Motor로 분류되고 있다.

#### (1) 단상 Motor

- 단상 전원은 일반 가정용의 상용 전원으로 한 상으로 되어 있다.
- 전원 자체만으로는 Motor가 회전되지 않기 때문에 기동을 위하여 Condenser를 보조 Coil에 연결하여 기동을 시킨다.
- 기본적으로 한 방향 구동시 사용한다.

#### (2) 삼상 Motor

- 삼상 Motor는 동력으로 구분되며 전원의 각상 전압의 위상이 120°씩 틀어진 3개의 전원으로 되어 있다.
- 전원을 Motor에 연결하여 구동시키면 용이하게 회전자계가 일어

나 가동이 된다.

- Motor의 효율도 높으며 기동 Torque도 비교적 크다.
- 단상용 Condenser Run Induction Motor이다.
- 외관구조는 Induction Motor와 거의 같지만 Motor의 회전 방향을 간편하게 역전시킬 수 있도록 간이 Brake봉을 Motor내부에 취부하여 정·역 운전을 자주 반복 사용할 때 적합하다.

### (3) Brake 기능이 있는 Motor

#### ① 전자(電磁) Brake 부착 Motor

- 무여자(無勵磁) 작동형 電磁 Brake를 내장한 Motor이다.
- 제동이 확실히 작동하여 유지력을 얻을 수 있다.
- 제동은 전원이 고장일 때에 작동하므로 안전도가 필요한곳에 적합하다. (A 점점형, B 점점형이 있다.)

#### ② Brake Pack 부착형식

- Induction Motor, Reversible Motor 전용의 순시제동용 회로의 Brake이다.
- 유점점 Brake Pack과 무점점 Brake Pack 2종류가 있다.

### (4) 속도를 조절할 수 있는 Motor

#### ① Unit Type

- 속도 제어기와 Motor를 간단하게 접속하여 사용할 수 있는 형태이다.

#### ② Control Pack Type

- 속도 제어기와 Motor를 따로 하여, 속도 제어기와 Motor를 사용하고 용도 및 목적에 따라 맞게 선택하여 사용할 수 있는 형태이다.

### (5) 서보모터 (Servo Motor)



서보모터(Servo Motor) 서보시스템은 물체의 위치·방위·자세 등의 변위를 제어량(출력)으로 하고, 목표값(입력)의 변화에 따르도록 하는 제어계이다. 이 제어량이 기계적일 때 구동하는 장치가 서보모터다.

## 2.2.2 Motor의 특성

### (1) Motor의 정의

- Motor는 기기가 어떤 일을 할 때 그 기기의 구동원(驅動源)이 되고, 동력을 발생시켜 다른 기계에 벨트,체인 또는 기어로 힘을 전달시켜 어떤 구체적인 작용을 하게 한다.
- Motor란 전기 에너지를 기계 에너지(회전에너지)로 변환하는 장치이다.

### (2) Motor의 특징

- 전기를 연결하면 자기장 발생원리로 조정자가 회전자를 회전시켜 회전동력원을 얻을 수 있으며, 가정용 기기나, 산업용 기기, 생산라인의 자동화 등 다양한 용도에 사용되고 있다.

#### ① 다양하고 풍부한 기종

- 규격과 취부형태는 수직 취부형, 수평 취부형 등이 있고, 소형은 6W에서부터 200W까지 Induction, Reversible, Brake, Terminal Box, Speed Control, 전자(電子) Brake 등 다양하고 풍부한 모델을 가지고 있고 대용량은 0.4KW부터 다양하게 있다.
- 사용 전압의 경우, 우리나라는 AC 220V 단상, 3상 60 Hz, AC 380V 3상을 주로 사용하고 있고 DC형 Motor도 많이 사용되고 있다.

#### ② 저소음화 및 저진동화

- Motor를 사용하는 장소와 조건 등 품질 기준의 강화로 저소음과 저진동을 요구하고 있다.
- 이런 조건을 만족하기 위하여 Gear 가공의 고정밀화와 Skiving 절삭법을 채용하고, 또 저소음화·저진동화를 위하여 진동의 근원이 되는 Rotor(회전자)를 Balancing 기계로 100% 회전균형을 맞추어 만들고 있다.

### ③ 사용의 편리성

- 사용하는 요구에 의해 최적의 설계 및 제작이 될 수 있도록 Motor 및 Gear Box를 요구 사양에 맞추어 판매를 하기 때문에 간편하고 안전하게 사용 할 수 있다.
- 어디에나 어느 곳이나 사용되는 상용전원에 Condenser를 연결하여 쉽게 구동하여 동력원을 얻을 수 있다. 삼상용 전원에는 Condenser가 필요하지 않으므로 Motor에 그대로 삼상전원을 연결하여 구동시키면 쉽게 동력원을 얻을 수 있다.

## 2.2.3 MOTOR의 용어 해설

### (1) 전원(電源)

#### ① 교류(交流) (AC : Alternating Current)

- 교류는 직류와 달라서 +극과 -극이 일정한 시간적 주기를 가지고 서로 교차되도록 전원에서 흘러내는 전류로서 전류 및 전압의 방향 도 값이 일정한 주기를 가진 정현파가 되어 변화하는 것이고 정확히 시계의 추가 일정의 리듬으로 좌우로 왔다 갔다 하고 있는 것과 같다.

#### ② 직류(直流) (DC : Direct Current)

- 직류에는 전지와 같이 +극과 -극이 항상 일정한 전원에서 흘러내는 전류는 방향이 불변이고 크기도 일정하다는 것이다.

- 전압의 방향도 일정하다.
- 직류 발생 장치로서는 건전지, 축전지, 직류발전기의 각종 정류기 등이 있다.

### ③ 주파수(周波數) (Frequency)

- 주파수는 교류가 1초간에 반복한 주기의 수이다.
- 단위는 Hertz(Hz)로 나타낸다.
- 우리 나라에서는 60Hz의 주파수가 표준으로 채용되고 있으며, 이것은 1초간에 60회전류의 방향이 +에서 -로 변할 때 일시적으로 전원은 정지하는 형태가 되어 전등은 1초에 120회 꺼졌다 켜졌다 하는 것이다. 그러나 교류의 점멸은 빠른 속도이므로 사람의 눈으로 판별은 곤란하다.

### (2) 정격(定格)

- Motor에 정해진 사용 조건에 적합하도록 설계되어있는 것으로 그 사용 조건에 맞았을 때의 사용 한도를 정격이라고 한다.
- 출력에 대한 사용 한도를 정하는 전압, 전류, 회전수, 주파수 등을 지정한다. 그것을 정격출력, 정격전압, 정격전류, 정격회전수, 정격주파수라고 한다.
- 정격에는 연속정격, 단시간정격, 반복정격 등이 있으며, 일반적으로 생산되는 Induction Motor는 연속정격이며, Reversible Motor는 단시간 정격이다.

#### ① 연속정격

- 지정된 조건에서 계속하여 사용할 때 규정된 온도상승과 제반 조건을 초과하지 않고 연속 사용 가능한 것을 연속정격이라고 한다.

## ② 단시간정격

- 지정된 조건으로 규정된 시간 동안 운전할 때 규정된 온도 상승 등 제반 조건을 초과하지 않고 사용하는 것을 단시간 정격이라고 한다. 단시간 정격은 5분, 10분, 15분, 30분, 1시간, 2시간의 6가지를 표준으로 한다.

## ③ 반복정격

- 지정된 조건에서 일정한 부하로 운전과 정지를 주기적으로 반복 사용할 때 규정된 온도상승 등 기타의 제반 조건을 초과하지 않는 정격이다.

## (3) 출력(出力)

Motor가 단위시간에 할 수 있는 일을 나타내며 회전수와 힘 (Torque)을 곱한 값으로 되고 정격 출력 값을 Motor에 표시한다.

출력 =  $1.027 \times 10^{-5} \times T \times N$  [Watts], 여기서  $1.027 \times 10^{-5}$  : 定數

T : Torque [g.cm], N : 회전수 [rpm]

1마력(HP)은 746 [Watts]이다.

- 정격 출력 : 지정된 전압, 주파수의 조건에서 연속적으로 발생하는 출력을 말한다. 이 지정된 전압, 주파수를 정격전압, 정격주파수라고 한다. 이때의 정격출력을 일반적으로 Motor의 출력이라고 한다.

## (4) Torque와 회전수

Motor의 Torque란 회전체를 돌리기 위한 회전력으로서 그 단위는 [g.cm]또는 [kg.cm]가 사용된다. 미국의 경우 N.m, oz.in, lb.in를 사용한다. 1 kg.cm의 Torque라는 것은 회전체의 반경이 1cm인 외주위의 점에서 직각 방향으로 1kg의 힘을 가한 경우의 회전력이다.

① 기동 Torque (<그림 2.2> ① 참조)

- Motor가 기동할 때 발생하는 회전력으로 회전자 구속회전력 (Locked Rotor Torque)라고도 하며, 시동 Torque라고도 한다.
- 이 회전력 보다 큰 힘을 Motor에 가하면 Motor는 회전되지 않는다.

② 정동 Torque (<그림 2.2> ② 참조)

- Motor가 낼 수 있는 회전력의 최대치로서 정동 회전력이라고 한다.
- 운전 중에 최대 Torque 이상의 부하가 걸리면 Motor는 정지된다.

③ 정격 Torque (<그림 2.2> ③ 참조)

- Motor가 정격 회전수 일때의 Torque이다.
- Motor에 정격 전압을 가해 정격 출력을 연속적으로 낼 때의 Torque를 말한다.

④ 동기 회전수 (<그림 2.2> ④ 참조)

- 전원 주파수와 Motor의 극수로 결정되어지는 회전수이고, 수식은 아래와 같다.

$$NS = 120f / P \text{ (rpm)}$$

여기서 NS는 동기 회전수 [rpm] 이고, p는 Motor의 극수, f는 전원 주파수 [Hz], 120 : 정수, rpm은 1분당 회전수 (Revolution Per Minute)이다.

예를 들어서 전원 주파수가 60Hz이고 Motor가 4극인 경우

$$NS = (120 \times 60) / 4 = 1800 \text{ rpm이다.}$$

또한, 전원 주파수가 50Hz이고 Motor가 4극인 경우

$NS = (120 \times 50) / 4 = 1500 \text{ rpm}$ 이 된다.

⑤ 무부하 회전수 (<그림 2.2> ⑤ 참조)

- Motor 출력 축에 아무것도 걸지 않고 Motor를 회전시켰을 때의 회전수로 Induction Motor나 혹은 Reversible Motor에서는 동기 회전수보다 약 20~80[rpm] 정도 낮게 회전된다.

⑥ 정격 회전수 (<그림 2.2> ⑥ 참조)

- Motor에 정격 부하를 걸고 정격 출력을 낼 때의 회전수로 사용 상 가장 이상적인 회전수이다.

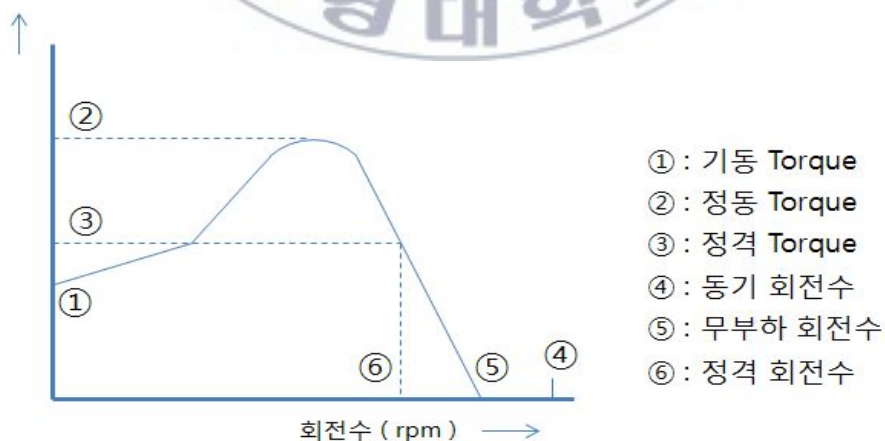
⑦ SLIP

- 회전수를 다른 방법으로 표현하는 것이며 다음 식으로 표시한다.

$$S = \frac{NS - N}{NS} \quad \text{또는} \quad N = NS \times (1 - S)$$

여기서 NS는 동기 회전수 [rpm]이고, N는 임의 부하시 회전수 [rpm], S는 SLIP 이다.

예를 들어 4극 60Hz의 Induction Motor로 SLIP  $S=0.1$ 로 운전시킨다면,  $N = (120 \times 60 / 4) \times (1 - S) = 1800 \times (1 - 0.1) = 1620 \text{ rpm}$ 이 된다.



<그림 2.2> 회전수-Torque 특성



(5) 정마찰 Torque

전자(電子)Brake, Clutch Brake 등이 정지하고 있는 상태에서 부하를 Holding할 때에 내는 Torque이다.

(6) 허용 Torque

Motor를 운전할 때에 사용할 수 있는 최대의 Torque를 말한다. Motor의 정격 Torque, 온도상승, 조합하는 Gear Head의 강도에 의해 제한된다.

(7) Over Run

전원을 차단한 순간부터 정지하기까지 Motor의 초과회전을 각도(회전수)로 나타낸 것이다.

(8) Gear Head (감속기)

① Gear Head는 Motor의 회전을 감속하는 출력시키는 역할을 하는 것으로 이 비율을 감속비라 한다.

- Motor회전수는 Gear Head에서 감속이 되어져 출력 축으로 전달된다. Gear Head 감속비에는 50Hz, 60Hz에서의 Motor 회전수의 차이에 대응하여 Gear Head의 출력축의 회전을 동일하게 하기 위하여 3, 5, 7.5, 12.5, 15등의 계열과 그 1.2배의 감속비인 3.6, 6, 9, 15, 18등의 계열이 있다.

- 50Hz지역에서 감속비 3인 경우와 60Hz 지역에서 감속비는 3.6은 Gear Head 출력축 회전이 거의 동일하다. 물론 50Hz지역이나, 60Hz지역이나 모든 Gear Head를 사용할 수 있다.

② 최대 허용 Torque

- Gear Head에 걸리는 최대의 부하 Torque이다.  
- Gear Head에 사용하고 있는 Gear, Support의 재질, 크기 등의 기계적 강도에 의해 정해지므로 Gear Head의 종류, 감속비에 따라 달라진다.

③ Service Factor

- Gear Head의 수명을 추정할 때 사용하는 계수이다.



- 부하의 종류와 사용 조건에 대하여 수명시험등에 의하여 경험적으로 결정하는 수치이다.

#### ④ 전달 효율

- Motor에 Gear Head를 접속하여 Torque를 증폭시킬 때의 효율로서 %로 표시한다. Gear Head에 사용하고 있는 Gear, Support의 마찰 및 윤활유의 저항 등으로 결정된다.
- 전달효율을 Gear Head 감속단수 1단당 대략 90%로 되어 2단은 81%이며, 감속비가 커지면 감속단수가 증가되어 3단의 전달효율은 73%, 4단의 전달효율은 66%, 5단의 전달효율은 59%로 저해된다.

#### ⑤ Over Hung 하중

- Gear Head 출력 축에 직각 방향으로 걸리는 하중이다.
- Gear Head에 걸리는 Over Hung 하중의 최대치를 허용 Over Hung하중이라고 하고 Gear Head의 종류 및 Shaft 선단에서의 거리에 따라 달라진다.
- Belt 구동일 때의 장력 등이 이것에 해당된다.

#### ⑥ Thrust 하중

- Gear Head 출력 축에 축방향으로 걸리는 하중이다.
- Gear Head에 걸리는 Thrust 하중의 최대치를 허용 Thrust 하중이라 하고 Gear Head의 종류에 따라 달라진다.

## 2.3 Servo Motor 설명 및 특성

서보모터에는 DC(직류)서보모터와 AC(교류)서보모터가 있으며, AC서보모터는 다시 구조에 따라 동기기와 유도기로 분류된다. 여기서, 동기기형 AC서보모터를 SM형(Synchronous Type AC Servo Motor) 혹은 브러시리스 DC서보모터(Brushless DC Servo Motor) 혹은 영구자석

형AC서보모터(Permanent Magnet Type AC ServoMotor)라고도 한다. 유도기형 AC서보모터는 IM형 서보모터(Induction Type AC Servo Motor)라고도 한다. 위의 모터 외에도 서보시스템화가 가능한 FA용 모터로 스텝핑 모터(Stepping Motor) 혹은 펄스모터(Pulse Motor)가 있다. AC 서보 모터의 종류를 요약하면 다음과 같다.

AC 서보는 다음 두가지로 구분한다.

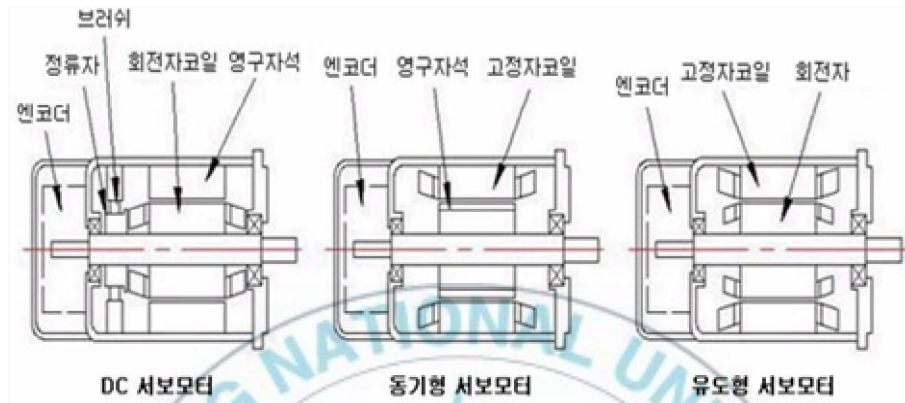
- (1) 동기형은 영구자석식 동기모터를 사용하고, 정전시 제동이 용이하다. 대용량의 모터는 제작할 수가 없다.
- (2) 유도형 : 범용모터와 유사한 구조를 가진 유도형 모터를 사용하는데, 모터의 발열은 동기식 보다 많지만, 대용량도 제작할 수 있다.

### 2.3.1. 서보모터의 구조

#### (1) DC 서보모터의 구조

DC서보모터의 구조는 <그림 2.3>에서 보는 바와 같이 고정자측 구성은 기계적 지지를 목적으로 하는 원통형의 프레임과 프레임 내측에는 영구자석이 부착되어 있다. 회전 자측 구성은 샤프트와 샤프트 외경에 정류자 및 회전자 철심이 부착되어 있고 회전자 철심 내에 전기자 권선(coil)이 감겨져 있다. 전기자 권선에 정류자를 통하여 전기를 공급하는 브러시 및 브러시 홀더가 부착되어 있고, 회전속도 신호를 검출하는 검출기가 회전자와 연결되어 있는데 광학식 엔코더 혹은 레졸버를 많이 사용한다. DC 서보모터는 토크와 전류가 비례하여 선형제어계의 구성이 가능하므로 비교적 간단한 회로로 안정된 제어계 설계가 가능하다. DC 서보모터는 최고속도와 허용 토크는 정류불꽃(Flash Over)에 의해 제약을 받는다. DC 서보모터의 구동 방식은 트랜지스터에 의한 펄스폭 변조방식이 주류를 이룬다. 이 방식은 사용 주파수 전원을 정류하여 직류를 얻고 직류전원이 모터에 인가되는 시간폭을 주파수의 전원을 정류하여 직류를 얻어 이 직류 전원이 모터에 인가되는 시간폭을 주파수의 반

송파에 의해 변화되어 가변 전압을 만들어 모터의 속도 제어를 행한다. 이런 방식의 제어는 응답성이 좋고 부하 마찰 토크가 국부적으로 변화하므로 다관절 로봇과 같이 자세에 의한 모터축 환산부하 관성이 크게 변하는 계에서도 충분히 안정된 제어를 행할 수 있다.



<그림 2.3> 서보모터의 구조

## (2) 동기형 AC 서보모터

고정자측 구성은 기계적 지지를 목적으로 하는 원통형의 프레임과 프레임 내측에 원통형의 고정자 코어(Stator Core)가 있고 코어에 전기자 권선이 감겨져 있다. 권선 끝단에는 리드선이 나와 있어서 이 리드선 으로부터 전류 및 전압이 공급된다.

회전자측 구성은 샤프트와 샤프트 외경에 영구자석이 부착되어 있다.

동기형 AC 서보모터는 DC 서보모터와 반대로 자석이 회전자에 부착되어 있고 전기자 권선은 고정자측에 감겨져 있다. 따라서 정류자나 커뮤니케이터 없이도 외부로부터 직접전원을 공급 받을 수 있는 구조이기 때문에 브러시리스 DC 서보모터라고도 한다.

동기형 AC 서보모터도 DC 서보모터와 마찬가지로 광학식 엔코더나 레졸버를 회전속도 검출기로 사용한다. 동기형 AC 서보모터는 회전 자

에 자석 즉, 페라이트 자속 혹은 회토류 자석을 사용하여 계자 역할을 한다. 동기형 AC 서보모터는 전기자 전류와 토크의 관계가 선형이므로 제동이 용이하고 비상 정지시에 다이내믹브레이크가 작동한다. 그러나 회전자에 영구자석을 사용하는 구조이므로 복잡하고 제어시 회전자 위치를 검출해야 할 필요가 있다. 또한 드라이버로부터의 전기자 전류에는 고주파 성분이 포함되어 있어서 토크리플(Torque Ripple) 및 진동의 원인이 되는 경우가 있다.

### (3) 유도형 AC 서보모터

유도형 AC 서보모터의 구조는 일반 유도기(Induction Motor)의 구조와 똑같다. 즉 고정자측은 프레임, 고정자 코어, 전기자 권선, 리트선으로 구성되어 있고 회전자는 샤프트, 회전자 코어 그리고 코어 외경에 도전체(Conductor)가 조립되어 있다. 컨덕터는 코어 외측에 축 방향으로 경사지게 많은 슬롯이 있고, 링 형상의 코어 양단면과 슬롯에는 순도 높은 알루미늄 봉이 차 있어서 바구니모양과 비슷하다.

유도기의 경우, 회전자와 고정자의 상대적인 위치 검출 센서가 필요치 않다. 유도기형은 회전자 구조가 간단하고 검출기도 특수한 것이 필요없다. 그러나 정지시에도 여자전류를 계속 흘려야 하므로 이것에 의한 발열 손실과 비상 정지시에 DC 서보모터와 같이 전기자 권선을 단락하여 다이내믹 브레이크를 걸어주는 것이 불가능한 것 등의 결점이 있다.

### (4) 각 서보모터의 비교

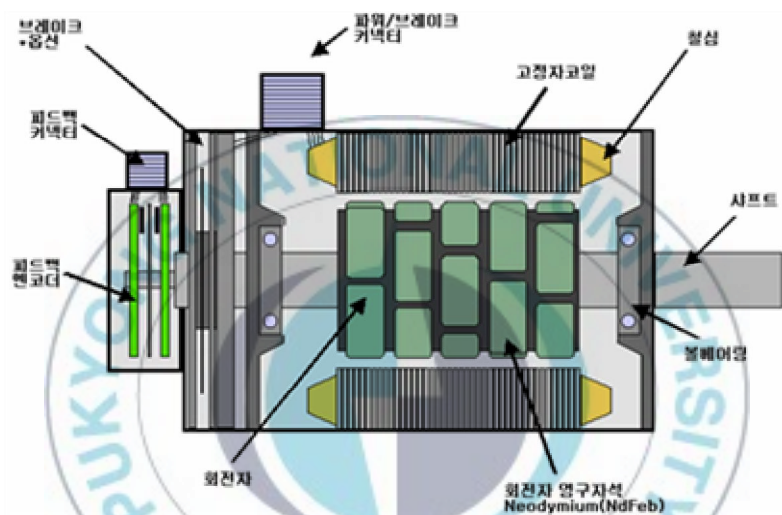
앞서 소개한 각 서보모터의 장단점을 비교 분석하여 요약 하면 <표 2.1>과 같다.

<표 2.1> 서보모터의 구조

| 종 류            | 장 점                                                                                                                                                                                                                       | 단 점                                                                                                                                                                                               |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DC 서보모터        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기동토크가 크다.</li> <li>• 크기에 비해 큰 토크 발생한다.</li> <li>• 효율이 높다</li> <li>• 제어가 용이하다.</li> <li>• 속도제어 범위가 넓다.</li> <li>• 비교적 가격이 저렴하다.</li> </ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 브러쉬 마찰로 기계적 손실이 크다</li> <li>• 브러쉬의 보수가 필요하다.</li> <li>• 접촉부의 신뢰성이 떨어진다.</li> <li>• 정류속도에 한계가 있다.</li> <li>• 사용환경에 제한이 있다.</li> <li>• 방열이 나쁘다.</li> </ul> |
| 동기형<br>AC 서보모터 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 브러쉬가 없어 보수가 용이하다.</li> <li>• 내환경성이 우수하다.</li> <li>• 정류속도에 한계가 없다.</li> <li>• 신뢰성이 우수하다.</li> <li>• 고속, 고 토크의 사용이 가능하다.</li> <li>• 방열이 좋다.</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시스템이 복잡하고 고가이다.</li> <li>• 전기적 시정수가 크다.</li> <li>• 영구자석을 고정자로 사용하므로 대용량의 모터 제작이 어렵다.</li> <li>• 회전 검출기가 필요하다.</li> </ul>                                 |
| 유도형<br>AC 서보모터 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 브러쉬가 없어 보수가 용이하다.</li> <li>• 내환경성이 우수하다.</li> <li>• 정류속도에 한계가 없다.</li> <li>• 자석을 사용하지 않는다.</li> <li>• 고속, 고 토크의 사용이 가능하다.</li> <li>• 방열이 좋다.</li> <li>• 회전검출기가 불필요하다.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시스템이 복잡하고 고가 이다.</li> <li>• 전기적 시정수가 크다.</li> </ul>                                                                                                      |

### 2.3.2 AC 서보모터의 구조

자속을 만들어 내기 위한 영구자석이 회전자에 부착된 회전계자형 이고, 권선은 고정자측에 설치된 고정전기자 구조이다. 결국 DC서보모터와 비교해 보면 회전자와 고정자의 전기적 역할이 역으로 되어 있다.



<그림 2.4> AC 서보모터의 일반 구조

#### (1) AC 서보모터의 구조적 특징

서보모터에서는 급가감속을 행하기 위해, 최대 토오크는 정격 토오크에 대하여 여러배 크게 하지 않으면 안되는데, DC 서보모터에 있어서는 가감속 영역이라 불리우는 정류한계가 있고, 이것을 넘어서 사용하면 Flash Over 현상(정류자 불꽃이 갑자기 광대해 지는 현상)이 나타난다. 더구나 이 정류한계는 회전속도가 커지면 현저하게 저하된다. 그러나, AC 서보모터에 있어서는 정류한계가 존재하지 않기 때문에 고속 회전 영역까지 최대 토오크를 저감하지 않고 운전할 수 있다. 또, AC 서보모



터에 있어서는 영구자석이 회전축상에 설치되어 있기 때문에 회전자에서는 발열이 없고 모터의 발열은 고정자측의 전기자에서만 발생한다. 고정자측의 전기자에서 발생한 열은 프레임을 통하여 대기중에 발산하므로, 발열부가 회전자에 있는 DC 서보모터에 비하여 냉각이 용이하다. 또한, 발열부의 온도검출이 직접가능하기 때문에 과부하에 대해 보호가 확실한 조치를 취할 수 있다.

## (2) AC 서보모터의 기구적 요소

AC 서보모터는 회전자, 고정자, 센서 및 이것을 지탱하는 프레임,베어링, 커플링으로 구성되고 용도에 따라서 브레이크를 내장한 타입도 있다.

### ① 회전자

회전자는 회전축에 영구자석이 고정된 회전 계자형 구조이다.

### ② 고정자

고정자는 전기자 철심과 전기자 권선에 의해 구성되어 있다. 전기자 철심은 0.34 ~ 0.5mm 두께의 규소강판을 쌓아 두겹게 한 것이다. 일반적으로 권선을 하기위한 슬롯의 영향 때문에 공극에서의 자속밀도가 균일하지 않고 토크가 맥동하여 회전변동이 일어난다. 이같은 토크 리플을 저감하기 위하여 전기자 철심에 슬롯을 많이 낸다. 또, 서보모터의 철심은 전기자 전류의 영향을 받아서 진동하기 때문에 이 주파수가 가청주파수역에 들어갈 경우는 소음이 난다.

### ③ 센서

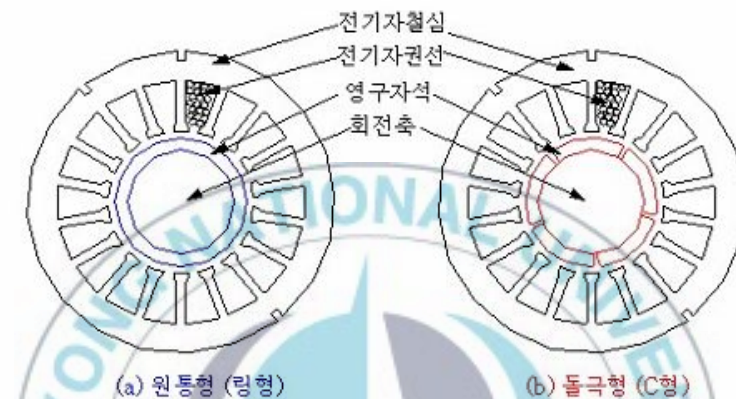
AC 서보모터의 센서는 모터의 위치 검출과 회전속도 검출의 2가지 기능이 필요하게 된다. 센서로서는 엔코더와 레졸버 등이 일반적으로 사용되고 있다.

### ④ 브레이크

서보모터의 사용조건에 따라서 브레이크 내장형이 필요한 경우도 있



다. 브레이크는 모터의 박형화를 도모하기 위해 편평형 전자브레이크가 주로 사용된다. 브레이크의 동작은 역작동 방식의 홀딩브레이크이다. 예를들면, 엘리베이터 등의 수직부하 적용시의 추락방지용으로 사용된다.



<그림 2.5> AC 서보모터의 회전자 구조

##### ⑤ 프레임

프레임은 고정자를 고정하는 기능만 하는 것이 아니고, 자로의 일부가 되기도 하고 동손 및 철손에 의한 열의 방열 통로의 기능을 한다. 따라서 열발산을 효율적으로 하기 위해서는 열전도율이 좋은 재질을 사용하여야 한다. 특히 프레임 외면에 방열판을 많이 두기도 한다.

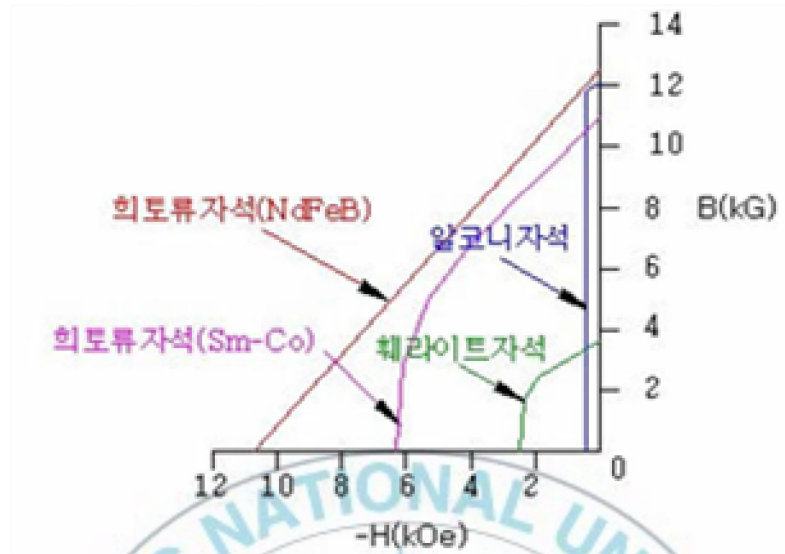
##### ⑥ 베어링

베어링은 기계적 손실이 작은 볼 베어링이 주로 사용한다. 반복적인 급가감속 운동과 회전축의 열팽창을 십분 고려하여 탈조 방지를 충분히 고려하여 설계되었다. 물과 절삭유가 쓰이는 환경에서 사용 할때는 모터 축 사이로 물과 기름의 침입을 방지하기위해 오일 Seal을 붙

이는 경우도 있다.

### (3) 서보모터에 사용되는 영구자석

기계적 시정수가 작고 응답성이 좋은 서보모터에는 고성능 자석이 사용된다. 그러나 모든 서보 모터에 고 응답성이 요구되는 것은 아니다. 부하의 관성 모멘트가 큰 경우에는 회전자 관성 모멘트가 작은모터를 선택해서는 무의미하다. 역으로, 부하의 관성모멘트가 작을 때는 회전자 관성모멘트가 큰 모터를 사용하면 가감속에 사용되는 파워는 모터 자체만을 구동하기 위해서 소비되어 버리기 때문에 응답성이 좋은 모터로써도 무의미하므로 목적에 맞게 선정하여야 한다. 회전자 관성모멘트는 계자를 형성하는 영구자석을 어떤 종류를 사용했느냐에 따라 달라진다. 영구자석의 자기특성은 감자 곡선으로 표시되는데, 잔류 자속 밀도(B), 감자력(H), 최대에너지적(BH)max에 의해 그 특성을 알 수 있다. 영구자석을 포함하는 자기회로의 공극에 축적된 에너지는, 자기에너지적에 비례하므로 우수한 자석은 그만큼 단위 체적당 큰 자기 에너지를 보유하고 있다. <그림 2.6>에서 보듯이 희토류 자석은 페라이트 자석보다 B, H값이 크다. 즉 희토류 자석을 사용한 서보모터는 같은 출력에 비해 모터 크기가 작고 따라서 회전자 크기가 작아서 기계적 시정수가 작고 파워 레이트가 크다.



<그림 2.6> 영구자석의 감자곡선

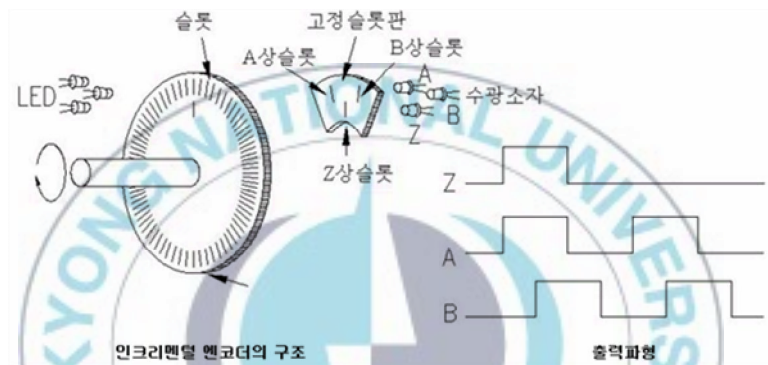
#### (4) 서보 모터용 센서

##### ① 인크리멘탈 엔코더

<그림 2.7>은 원점신호 Z를 가지고 있는 A,B 출력형 인크리멘탈 엔코더의 구조도이다. LED로 부터 광투사된 광선은 회전디스크의 슬릿을 통과한 뒤 고정 슬릿판의 A, B, Z에 해당하는 각각의 슬릿을 통과하여 A, B, Z의 수광 소자에서 검출된다. 고정 슬릿판 상의 A,B의 슬릿은 90°의 위상차를 갖도록 배치되어 있으며 파형이 정비된 전기적 신호 출력도 90°의 위상차를 갖는 구형파로 된다. 인크리멘탈 엔코더는 구조가 간단하고 가격이 싸며, 출력 전선의 갯수도 작아서 신호전달이 간단 하다. 엔코더의 출력 펄스는 축의 회전위치의 절대치를 나타내지는 않고 축이 회전한 각도에 비례한 펄스수가 얻어지는 것이며, 절대치 표시를 수행하는 경우는 엔코더 출력 펄스를 카운터에 축적한 것으로 표시한다. 사용상의 주의점으로서, 신호 전달중의 노이즈를 카운터에 축적하는 결점이 있기 때문에 노이즈 대책을 충분

히 세워야 될 필요가 있다. 또 전원이 끊어진 경우에는 다시 전원을 투입 하여도 원래 위치의 표시는 불가능하게 되기 때문에 충분히 주의 를 기울여야 한다.

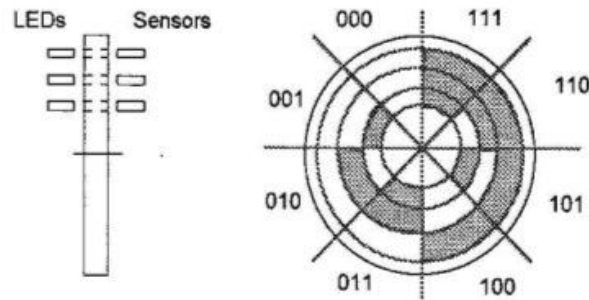
인크리멘탈 엔코더는 엔코더 자체에서 단지 펄스열을 발생하기 때문에 회전 속도를 검출하기 위한 아날로그 신호를 얻기 위해서는 인코더의 출력펄스 수를 F/V Converter 에서 펄스 주파수에 비례한 아날로그 신호로 변환하여야 한다.



<그림 2.7> 인크리멘탈 엔코더의 구조와 출력파형

## ② 절대치(Absolute) 엔코더

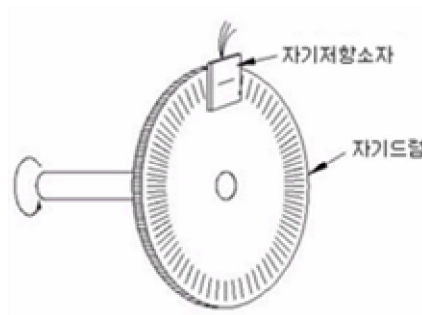
절대치형 엔코더의 기본적인 구성은 인크리멘탈형과 동일하다. 회전 디스크의 슬릿은 2진 부호열로 되어 있는데, 회전 디스크의 바깥둘레를 최하위 비트로 하고 중심을 향하여 필요한 비트(행)수 만큼의 슬릿이 동심원상으로 배치되어 있다. <그림 2.8>은 절대치형 엔코더의 구조도 이다. 절대치형 엔코더는 명칭 그대로, 입력축의 절대위치를 검출할 수 있기 때문에 신호전송중의 노이즈에 의해 오차가 누적되지 않으며, 또한 전원이 단절되어 재투입하는 경우에도 인크리멘탈형에서 처럼 원래 위치를 잃어버리지 않고 정상적으로 올바른 현재치를 검출할 수가 있다. 단점으로는, 비트수가 많아지면 출력 신호선의 수가 많아져 구조상 소형화, 저가화가 어렵다.



<그림 2.8> 절대치 엔코더의 구조

### ③ 자기식 엔코더

자기식 엔코더는 미세 다극 착자된 자기 드럼과 이 드럼에 근접하도록 설치된 자기저항 소자로 구성되어 있다. 자기 드럼과 자기 저항 소자의 위치 관계는 <그림 2.9>에서 보여주는 바와 같이 드럼의 바깥 둘레에 착자하고, 자기 저항 소자를 드럼의 바깥둘레에 대향하도록 배치된 것과, 드럼의 측면에 착자되고 이 면에 자기 저항 소자를 대향하도록 배치된 것이 있다. 어느쪽의 경우에 있어서도 기본적인 원리는 동일하다. 이와 같이 자기식 엔코더는 광학식 엔코더와는 검출부의 구조는 다르지만 출력신호를 만들어 내는 방법은 완전히 동일하다.



<그림 2.9> 자기식 엔코더의 내부구조



자기식 엔코더는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

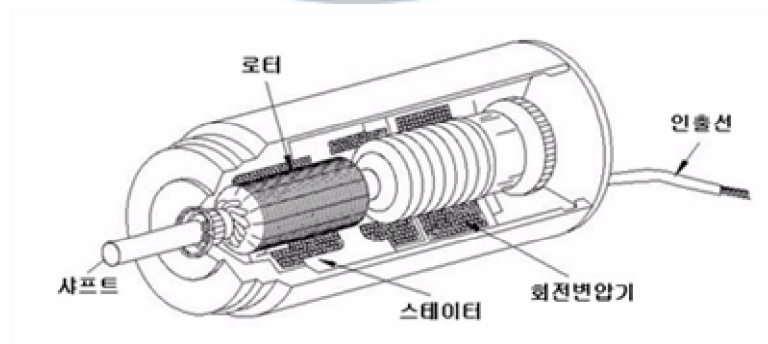
- (a) 먼지, 결빙 등의 영향을 잘 받지 않기 때문에 내환경성이 좋다.
- (b) 고분해능 (1000 ~ 3000 pulse/rev은 표준사양)
- (c) 고응답성 (200kHz 정도까지는 출력 저하가 생기지 않음)
- (d) 구조가 간단하다.

자기식 엔코더는 자력을 응용한 엔코더이기 때문에 강자계와 자성 분  
이 많은 장소에서 사용하는 경우에는 다음과 같은 점을 주의하여야  
한다.

- (a) 외부로 부터 강력한 자계를 가하면 오동작을 한다. 이와 같은 경  
우에는 자성체의 케이스를 이용하여 자기Shield하여 사용한다.
- (b) 자성분이 들어오면 드럼에 부착되어 오동작을 일으킨다. 이와 같  
은 장소에서 사용하는 경우는 자성분이 들어오지 못하도록 케이스  
로 보호한다.

#### ④ 레졸버(Resolver)

레졸버는 회전각과 위치의 검출기로써 모터의 센서로 사용되고 있  
다. 엔코더가 변위량을 디지털 양으로 변환하는 것에 비하여 레졸버  
는 아날로그양으로 변환한다. <그림 2.10>에 레졸버의 구조도를 나타  
내었다.



<그림 2.10> 레졸버의 구조



레졸버는 스테이터(Stator), 로터(Rotor), 회전 트랜스의 3요소로 구성되어 있고, 스테이터와 로터의 권선은 자속분포가 각도에 대하여 정현파가 되도록 분포되어 있다. 여자권선에 있는 스테이터 권선은 전기적으로 90° 위상차가 나고 2상 구조로 되어 있으며, 출력 권선의 로터는 단권선이나 2상 권선이 용도에 따라 감겨져 있다.

레졸버는 구조가 모터의 구조와 유사하고 내환경성이 우수하다. 주요 특징은 다음과 같다.

- ㉠ 진동, 충격 등의 내환경성이 우수하다.
- ㉡ 사용 온도 범위가 넓다
- ㉢ 장거리 전송이 가능하다
- ㉣ 형상의 소형화가 가능하다
- ㉤ 신호처리 회로가 복잡해 진다
- ㉥ 로터리 엔코더에 비해 고가

#### (5) 서보 드라이브

##### ① 서보 드라이브의 기능

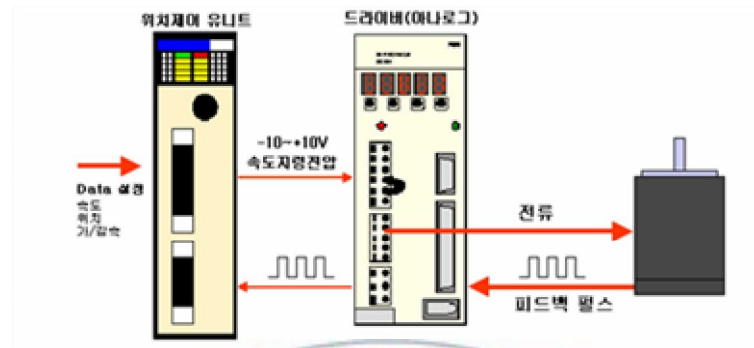
서보 드라이브는 서보모터의 성능을 충분히 발휘 시키는 것 이외에 각종 보호기능이 내장되어있다. 서보 모터를 구동시키기 위해서는 반드시 같은 시리즈의 드라이버가 필요하다. 다른 시리즈의 드라이버는 접속이 불가능 하다. 드라이버는 아나로그 입력 타입과, 펄스열 입력 타입의 두 종류가 있습니다. 상위 제어기로부터 출력신호가 아나로그 인지 펄스열 인지에 따라 드라이브를 선택해야 한다.

### 2.3.3 속도제어(아나로그 입력 타입)

#### (1) 위치제어(아나로그)의 구성

아나로그 속도지령 전압에 의해 모터의 속도를 제어한다. 엔코더의 신호로부터 속도를 검출하여, 지령대로의 속도인가를 항상 감시한다.

지령된 속도를 검출하여 실제속도를 비교하고, 차이가 생기면 그 차를 “0”이 되도록 전류를 흘린다.



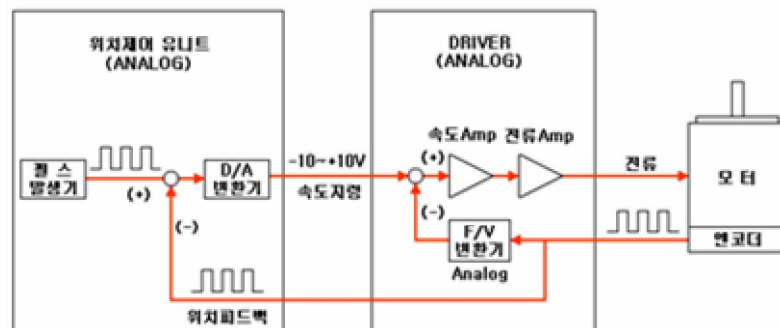
<그림 2.11> 위치제어(아나로그) 시스템

## (2) 위치제어(아나로그) 내부 Block

### 1펄스 지령에 대한 위치결정

- ① 위치제어 유닛의 펄스 발진기로부터 1개의 펄스가 편차카운터에 출력된다.
- ② 편차카운터의 저장 펄스량은 “+1”이 된다.
- ③ “+1” 펄스에 해당하는 전압(-10 ~ +10V)을 D/A 변환기를 통해 드라이버에 출력한다.
- ④ 전압지령을 받은 드라이버는 모터로 전류를 공급한다.
- ⑤ 드라이버로부터 전류를 공급 받은 모터는 회전을 하고 엔코더를 통해 펄스를 발생 시킨다.
- ⑥ 위치제어 유닛의 편차카운터는 엔코더로부터 피드백 되어진 펄스만큼을 “(-)”로 카운트 한다.
- ⑦ “-1” 펄스를 카운트 하면 편차카운터의 저장펄스량은 “0”이 되고 D/A변환(속도지령) 전압도 “0V”가 된다.

- ⑧ 속도지령이 “0V”가 되므로 모터는 정지하고, 결국 “1”펄스만큼 회전하게 된다.



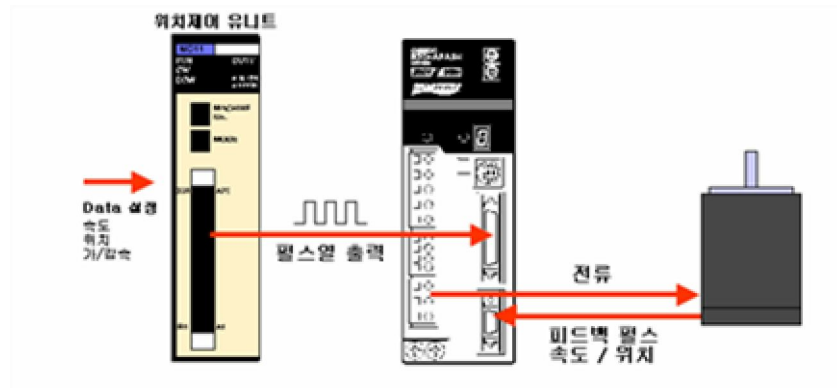
<그림 2.12> 위치제어(아나로그) 내부 Block

### (3) 위치제어(펄스열 입력 타입)의 구성

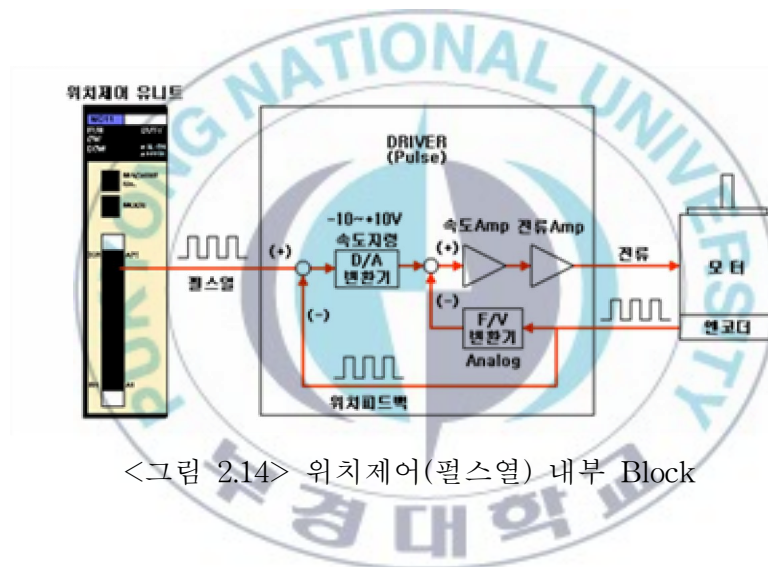
위치제어 유닛(펄스열 출력)에 서보드라이버(펄스열 입력)를 접속하여 위치제어를 한다. 편차카운터는 아나로그 타입과 달리 드라이버 내부에 있다.

### (4) 위치제어(펄스열) 내부 Block

펄스열 타입과 아나로그 타입의 차이점은 편차카운터가 위치 컨트롤러에 있는지 드라이버에 있는지의 차이이다. 제어원리는 같아서 1펄스 단위로 제어하는 편차카운터의 저장 펄스 양을 “0”으로 만들기 위하여 노력하는 원리로 위치 제어를 한다. 엔코더의 피드백펄스 주파수는 발진 펄스 주파수와 같아지려고 한다.



<그림 2.13> 위치제어(펄스열)의 시스템



<그림 2.14> 위치제어(펄스열) 내부 Block

#### 2.3.4 위치결정

위치결정이란 제어장비의 이송 부분을 사용자가 지정한 위치까지 이송 시키는 제어를 위치결정이라고 한다. 위치 결정을 수행하기 위한 방법으로는 센서를 이용한 방법, 엔코더의 신호를 이용한 방법, 인버터를 이용한 방법 등이 있으나 정밀한 제어를 수행하기 위해서는 위치결정 모듈을 이용한 제어의 적용이 필요하게 된다.

## (1) 시스템 구성

위치결정 시스템은 크게 위치결정에 필요한 펄스를 제어하는 제어부와 물체의 구동력을 발생시키는 동력부 물체를 이송하기 위한 기구부로 구분할 수 있다.

### ① 시스템 특성

위의 설명과 같이 위치결정 장비의 형태는 다양하게 이루어질 수 있으나 시스템의 사용 목적은 하나로 결론지을 수 있다. 바로 물체를 특정한 이동속도로 정해진 지점에 얼마나 정확하게 이동시키기 위한 것이 바로 위치결정을 사용하는 이유이다. 물체이동의 시작은 제어부로부터이다. 즉 제어부에서 출력하는 펄스의 수가 얼마이며 펄스의 주파수가 얼마인가에 따라서 전체적인 이동량과 이동 속도가 달라지게 된다. 즉 전체 출력 펄스수는 이동 거리에 비례하며 이동 속도는 출력 펄스 주파수에 비례하게 된다. 그러면 물체를 제어하기 위한 데이터를 설정하도록 한다. 만일 이동하고 싶은 거리가 100mm 이고 2 초 동안 이동하기를 원하는 경우 펄스 이동량을 이용하여 위치 데이터의 값을 구할 수 있다. 만일 펄스당 이동 거리가 0.1mm 라고 가정하는 경우

$$\text{펄스량} = (\text{이동거리} / \text{펄스당 이동량}) = (100 / 0.1) = 1000$$

$$\text{펄스속도} = (\text{펄스량} / \text{이동속도}) = (1000 / 2) = 500$$

즉, 1000펄스를 출력하고 펄스 속도는 500pps가 된다 (PPS : Pulse Per Second).

## (2) 서보 모터를 이용한 위치제어 시스템

### ① 구성

위치결정 유니트, 서보 드라이버, 서보 모터

### ② 동작원리

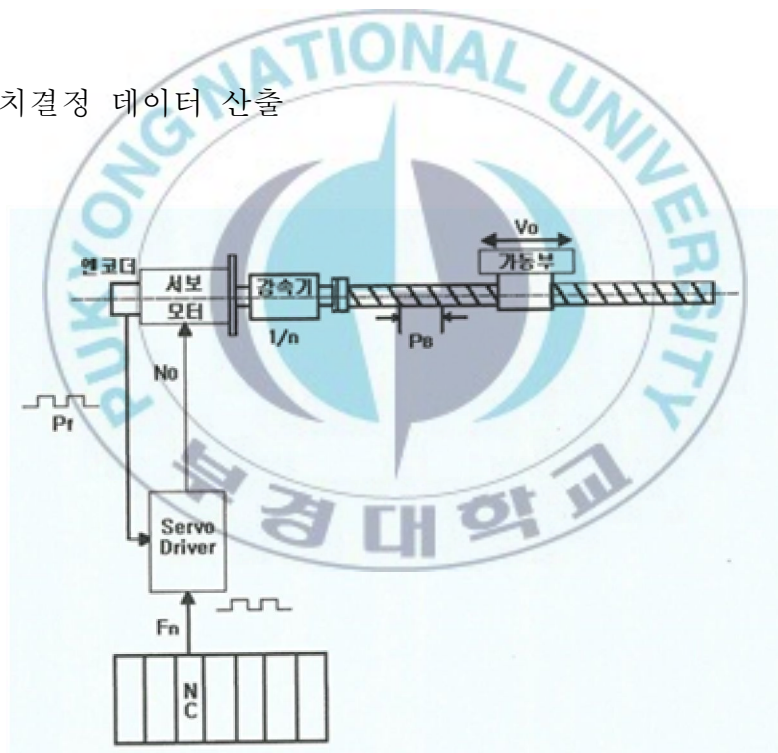
위치결정 유니트에서 발생한 펄스열을 서보 드라이버를 사용하여 서보 모터의 구동에 필요한 아날로그 신호로 변환하여 모터를 구동

시키며 서보 드라이버는 입력 펄스열의 주파수의 크기를 파악하여 출력신호의 크기를 조절한다.

### ③ 특성

- ㉓ 서보 드라이버와 서보 모터를 사용한 제어이다.
- ㉔ 중,소규모의 토크를 필요로 하는 부하 제어에 적합하다.
- ㉕ 스텝 모터에 비해서는 정지 정밀도가 다소 낮다.
- ㉖ 모터측에 기본적으로 엔코더가 장착되어 있으며 서보 드라이버 측에서 모터의 회전량을 귀환 펄스(Feedback pulse)를 입력 받음으로써 감시할 수 있다.

### (3) 위치결정 데이터 산출



<그림 2.15> 서보기구

1펄스당 이동량은 위치결정 모듈이 위치제어를 실행할 경우에 사용하는 기계계의 값이다. 사용하는 기계계의 모터 1 회전에 대한 펄스 수, 모터 1 회전에 대한 이동량, 1 펄스에 대한 이동량의 배율로 설정



한다. 1펄스당 이동량의 산출에 필요한 항목을 <표 2.2>와 같이 가정한다.

<표 2.2> 산출 항목별 단위

| 항 목              | 약 어             | 단 위         |
|------------------|-----------------|-------------|
| 1펄스당 이동량         | $\Delta\lambda$ | mm / Pulse  |
| Ball Screw Lead  | Pe              | mm / rev    |
| 감속비              | 1/n             |             |
| 가동부 목표 속도        | $V_o$           | mm / min    |
| 모터 회전수           | $N_o$           | rpm         |
| 엔코더의 펄스수         | Pf              | Pulse / rev |
| 위치결정 유니트의 출력 주파수 | $F_o$           | Pulse       |
| 모터1회전 당 이동량      | $\Delta S$      | mm / rev    |

▶ 모터 1회전수 당 이동량 :  $\Delta S$

$$\Delta S = PB \times 1 / n \text{ (mm / rev)}$$

▶ 모터 회전수 :  $N_o$

$$N_o = V_o / \Delta S \text{ (rpm)} \leq \text{서보모터의 정격회전 수}$$

▶ 1펄스당 이동량 :  $\Delta\lambda$

$$\Delta\lambda = V_o / Pf \text{ (mm/pulse)} \times \alpha$$

$\alpha$  : 전자기어비 또는 Pulse Rate 라는 계수이다.

▶ 위치결정모듈의 출력 주파수 :  $F_o$

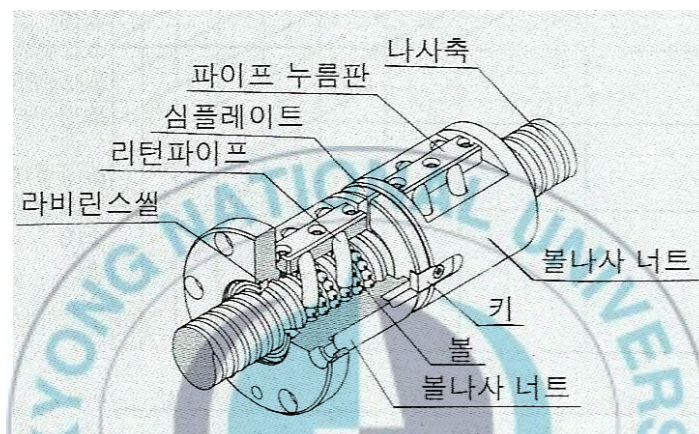
$$F_o = V_o / 60 \times \Delta\lambda = N_o \times \Delta S / 60 \times \Delta\lambda \text{ (pps)}$$

60 : 단위를 분(min)에서 초(sec)로 변환하기 위한 상수

## 2.4 Screw의 특성

### 2.4.1 구조

동력원(Motor)에서 회전력을 전달받은 나사축에 의해서 볼나사 Nut가 전·후, 상·하로 움직인다.



<그림 2.16> 볼스크류 구조

#### (1) Lead 정도(精度) 규격

위치결정 정도에 대응 하도록 Lead<sup>4)</sup>정도를 정하여 놓았다. 정밀 볼나사 (C5급 이상)의 Lead정도에 대하여 나타낸 것이고, 나사부 전 길이에 대하여 직선성 및 방향성으로 Lead정도를 나타내고 있다.

#### (2) 축방향 Clearance

축방향으로 Screw와 Nut의 축방향의 흔들림을 말하며, G0-(0mm 이하) ( Clearance는 Double Nut 및 Simple Nut이고 C7의 정도에서는 G1(0-0.001) Clearance는 제작하지 않는다. Clearance (예압상태)가 되는 경우가 있다.

4) 스톱사가 1회전시 너트가 나아가는 거리량

### (3) 허용 축방향 하중

볼나사의 사용 조건에 있어서 축방향 최대 압축 하중이 걸릴 때, 나사축에 좌굴이 생기지 않도록 폭지름을 검토할 필요가 있다. 특히 장착간의 거리가 짧은 경우는 장착방법에 관계없고, 나사축의 허용인장(압축) 하중이나 너트의 기본하중의 검토가 필요하다.

### (4) 허용 회전수

볼나사는 회전수가 높게 되면 나사축의 고유진동수에 가깝게 되어 공진이 발생하여 운동이 불가능하게 되는 수가 있으므로 공진점(共振点) 이하에서 사용하도록 검토할 필요가 있다. 위험속도는 안전을 위해 계산치의 80%로 한다.

### (5) 정밀 볼나사의 예압

볼나사의 Single 너트는 나사축과 너트의 사이에 약간의 Clearance 가 있으므로 축방향 Clearance가 생긴다. 또, 축방향 하중에 의해 볼과 볼홈의 접촉점에 탄성변위가 생기므로 Backlash<sup>5)</sup>가 된다. 축방향 clearance를 0로하고, 축방향에 대한 탄성 변위량을 최소로 하고 강성을 향상시키는 방법으로 예압을 건다.

### (6) 구동Motor의 검토

볼나사를 회전시키는 구동Motor는 통상 회전수, 회전 토크, 최소 이송량을 검토한다.

- ① 외부하중에 의한 마찰 토크
- ② 예압에 의한 마찰 토크
- ③ 가속에 의한 부하 토크
- ④ 구동모타에 걸리는 총 토크

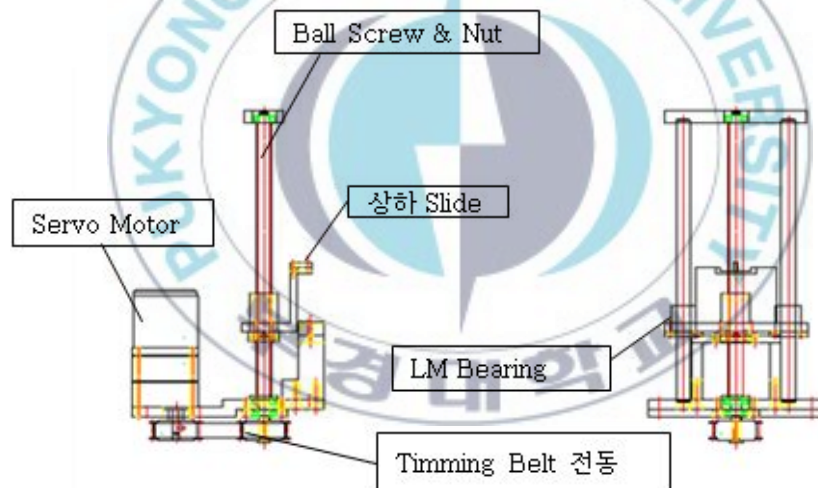
---

5) 슛나사와 암나사의 흔들림 량

### 3장. Lifter 급속 하강 장치의 설계

#### 3.1 기존 Lifter의 방식

기존 Lifter의 작동방식은 Motor 정방향 구동으로 상하 Slide를 상승시켜서 해당 부품을 조립위치까지 이동시켜 반복 공급해 주고, Motor 역방향 구동으로 상하Slide를 하강시켜서 다음 번 Magazine의 공급 작업을 위해서 하강 원위치시켜 대기한다. Cycle작업의 반복으로 Index 공급장치의 각 Magazine 작업부품을 조립공정에 안정적으로 공급한다. 일반적인 구성 요소는 <그림 3.1>과 같다.



<그림 3.1> 기존방식의 Lifter 구조

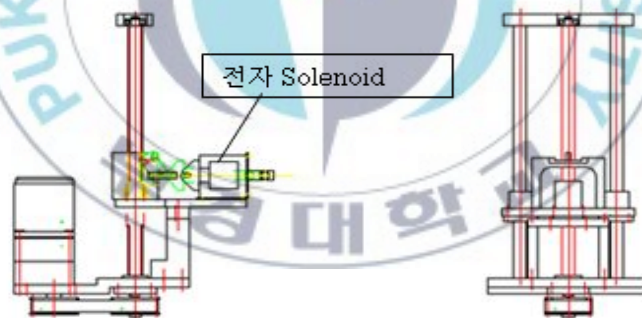
#### 3.2 개발 방향 설정

상하 Slide를 Up/Down시킴에 있어서 상승동작은 Motor 정방향 구동으로 동작시키고, 하강운동은 빠른 작동을 위해서 Nut를 개폐시키는

구조로 개선시킨다. 이때 예상되는 문제점을 해결하기 위해서는 다음과 같은 사항이 검토되어야 한다.

### 3.2.1 예측 예상 문제점 검토사항

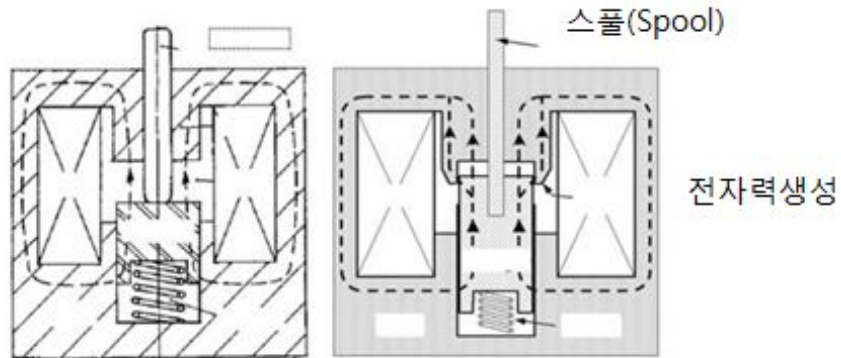
- (1) 개폐구조의 형식과 동작시 동력전달의 효율성을 검토한다.
- (2) 지점(Hinge)의 위치와 요동각 발생시 Screw부와의 간섭을 해소시킨다.
- (3) 개폐 작동원의 방식을 결정한다.(공간 축소를 위한 간단한 구조로 설계 한다.)
- (4) 실제 적용시를 고려한 설계가 되어야 한다.
- (5) 충격완화와 정확한 원위치 유지를 위한 방안을 검토한다.
- (6) 부품의 내구성을 가질 수 있게 설계하고 반드시 검증 과정을 거친다.



<그림 3.2> Nut 개폐형의 개선 구조

상기 검토 결과에 따라 <그림 3.3>과 같이 전자 Solenoid를 이용하여 Nut부를 개폐시키는 방식으로 확정하고, 실 설계 제작 및 시험을 하기로 한다. 전자 Solenoid의 작동원리는 Coil에 전류를 흘려 전자력이 생성되고 생성된 전자력에 의해 중간의 스톱을 밀어내는 동작을 한다. 내부구조는 <그림 3.3>과 같다.





<그림 3.3> 솔레노이드 작동원리

### 3.2.2 방식 선정 이유

Nut를 개폐시키는 방식은 여러 가지 방식이 있을 수 있다. 예를 들면, Air Cyl<sup>6)</sup>를 이용하거나, 기구적 Link방식을 이용할 수 있다. 이런 구조는 배관 등 주변 악세서리 등이 많이 필요하고 협소한 공간과 Lifter 상하 작동부에 설치하기에 부적합하다. 실제 적용시를 고려하여 최대한 간단하면서 주변의 불필요한 요소를 없애는 구조가 요구된다. 따라서 전자 Solenoid 방식은 동작지시 센서에 반응이 빠르고, 전원만 공급되면 동작이 이루어지므로 가장 적합하다고 판단되어서 시험 모델로 선정한다.

### 3.3 설계 개요

본 설계 조건은 일반적으로 많이 사용하는 조건을 기준으로 하여 지정했으며, Screw는 Lead량을 5mm, 10mm 두 가지로 시험하여 Screw Lead량에 따라 달라지는 효율성의 차이를 알아본다. 본 설계의 기본 구

6) Air Actuator라고도 하며, 공기원으로 동작을 전후진 또는 회전운동하는 기기.



조는 <표 3.1>과 같다.

<표 3.1> 기본 구조

| 구분              | 기준 조건                    |
|-----------------|--------------------------|
| 행정거리            | 500mm                    |
| Servo Motor 규격  | 200W x 1/15              |
| Ball Screw Lead | 5mm, 10mm                |
| 1 Step pitch    | 5mm                      |
| 생산품 Cycle time  | 5 sec/ea                 |
| 전원              | AC 200V-3상, 60Hz, PLC 제어 |

### 3.4 Motor 선정

구동 Motor는 통상 회전수<sup>7)</sup>, 회전토크<sup>8)</sup>, 최소 이송량<sup>9)</sup>을 가지고 선정 검토하고 여러 형식의 Motor중 이에 맞는 것을 선정한다. 본 연구는 상기 조건에 맞는 Servo Motor를 선정하여 연구에 적합한 시제품을 제작하였으며 주요특징은 다음과 같다.

- Maker : LS 메카피온
- 규 격 : 200W x 1/15

### 3.5 Screw 선정

Screw는 축방향의 클리어런스(틈새)<sup>10)</sup>/ Motor속도에 맞는 Lead/ 좌 굴을 고려한 나사축의 직경과 길이를 고려해서 선정해야 한다.

본 연구에서는 Lead를 5mm와 10mm 두 가지 형식을 선정 적용하여 Lead차이에서 오는 하강시간의 변화와 이에 따른 생산적 효율 예상치를

7) Motor자체의 회전수, 4극모타는 1750rpm, Servo Motor는 2000rpm기준 한다.

8) 부품의 중량과 리프터에 관계된 총 가반중량을 견딜수 있는 토크 만족 Motor.

9) 상승위치정도에 만족할 감속기 헤드 선정을 위한 기준이다.

10) Motor회전수와 이송 정도를 고려해서 선정한다.

알아보며 사용전 규격의 특징은 다음과 같다.

- Maker : THK
- 규격 : THK  $\Phi 20 \times$  Lead 5mm, Lead 10mm 2종으로 비교 조사 한다.

### 3.6 제어방식

Servo Motor를 구동시키는 Drive와 이 Drive를 통제하는 PLC로 구성되며, 수동 및 자동운전 Program을 입력하여 가동시키며, 각 역할은 다음과 같다.

- Servo Drive : Servo Motor 를 구동시킨다.
- PLC ( Programable Logic Controller ) : Servo Drive의 운영 및 자동제어를 위한 관련 기기, Sensor등을 통제하고 관리 한다.

### 3.7 특허동향 분석

#### 3.7.1 특허분석 목적

“Motor 구동형 Screw Lifter 장치”에 대하여 부품공급장치용 Lifter들의 종류와 본 연구와 관련된 Motor 구동 Screw 장치의 상하운동기구들을 알아보고 Nut개폐형과 유사한 특허동향, 개발방향과 특허침해여부 등을 검토하는 것을 목적으로 한다.

#### 3.7.2 특허분석 절차

특허정보 분석을 위해 [www.kipris.or.kr](http://www.kipris.or.kr)에서 유사 특허 사항 및 기존 유형을 2008년 6월부터 5년간에 걸쳐 관련 특허 동향을 조사했다. 조사 범위는 국내의 전체건수 및 등록건수를 알아보고 유형별 종류를 조사했다. 주요 색인어는 “모터 or Screw or 부품공급 or 수직공급장치 or Lifter and 부품공급장치 and 하강장치”로 검색했다.

(1)검색식:((모터+Screw+Solenoid)\*낙하)\*부품공급장치

- 검색내용 : 전체검색수-170건, 등록건-75건

IPC Code로 분류하면 “모터”, “카메라분야”, “비전 선별장치”, “일반 가정용대표 모터” 등이며, 공급장치는 검색 전체의 8%도 되지않았다. Code분류 내용을 요약하면 <표 3.2>와 같다.

<표 3.2> Code분류

| Code | 건수 | 내 용      | Code | 건수 | 내 용       |
|------|----|----------|------|----|-----------|
| H02K | 13 | 세탁기 모터외  | D06F | 8  | 세탁기 구동장치  |
| G21C | 8  | 구동장치부    | A47C | 7  | 진공청소기/로봇  |
| H01L | 7  | 반도체 이송장치 | B23Q | 5  | 공작기계 및 기계 |
| G03B | 5  | 카메라 분야   | A47J | 4  | 음용수 관련    |
| C08L | 4  | 광전자 분야   | F03B | 4  | 발전장치부     |
| F02M | 4  | 내연기관엔진관련 | B65G | 4  | 분체이송/실장장치 |
| A01C | 3  | 솔레노이드 구동 | B29C | 3  | 사출관련      |
| F25C | 3  | 식수공급관련   | G01N | 2  | 비전선별장치    |
| H01M | 2  | 연료전지관련   | B23P | 2  | 체결장치      |
| E02B | 2  | 낙뢰대비 권양기 | B60K | 2  | 자동차고전압냉각  |

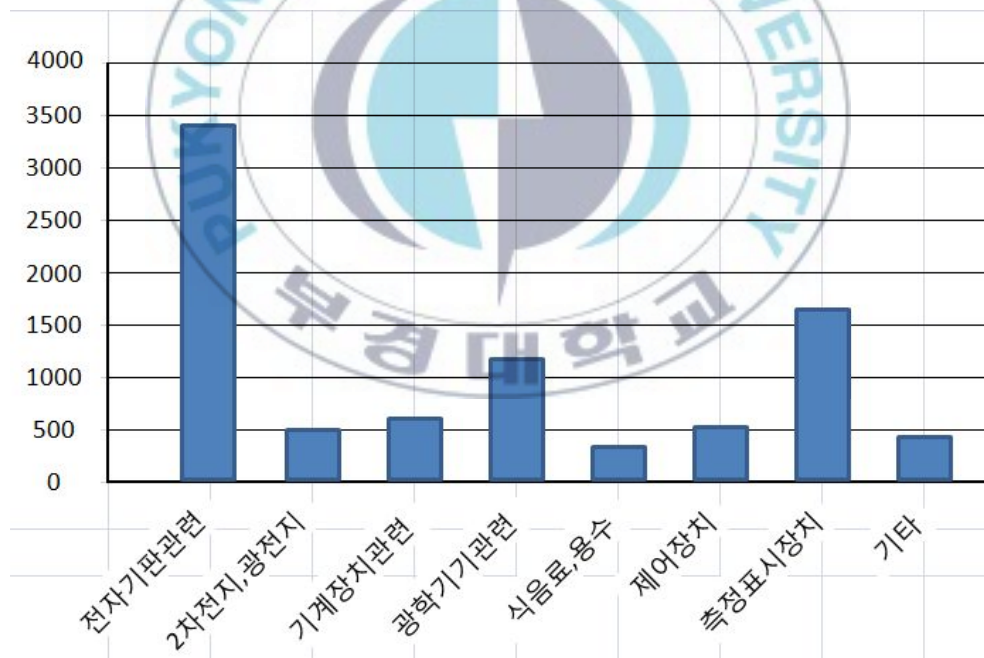
(2)검색식:((모터\*Screw\*부품공급\*자유낙하)+수직공급장치)+부품공급장치

- 검색내용 : 전체검색수 - 89,583건, 등록건 - 34,582건

IPC Code로 분류하면 “기관 식각방법”, “2차 전지부”, “영상장치류”, “광학기기” 등이며, 유사한 특허 내용을 조사하였으나, 검색되지 않았으며 구분된 Code분류 내용을 요약하면 <표 3.3>과 같다.

<표 3.3> Code분류

| Code | 건수   | 내 용      | Code | 건수  | 내 용      |
|------|------|----------|------|-----|----------|
| H01L | 3453 | 기관 식각방법  | F21V | 705 | 조명장치     |
| B01D | 722  | 정수장 장치   | G01N | 554 | 탈사장치     |
| G02F | 606  | 디스플레이 장치 | B29C | 537 | 사출장치     |
| H01M | 544  | 2차전지부    | G06F | 517 | 인터페이스제어  |
| G01R | 534  | 측정장치류    | H05K | 418 | 레진도포및솔더링 |
| H04N | 506  | 영상장치류    | G02B | 352 | 광학기기     |
| B23K | 353  | 용접장치 관련  | F24F | 348 | 공조기부분    |
| H02K | 328  | 리니어진동/모타 | A01G | 323 | 농업용(용수)  |
| H05B | 305  | 조명장치     | C23C | 295 | 기관 코팅 관련 |
| C02F | 743  | 하수처리관련   |      |     |          |



<그림 3.4> 분야별 적용 분석도

### 3.7.3 특허분석 결과

<그림 3.4>는 <표 3.3>을 분야별로 막대그래프로 표현한 것으로 전자 기관 관련한 분야의 특허가 월등히 많았으며, 본 연구와 관계된 기계관련분야는 상대적으로 적었다. 특히, 본 연구의 내용인 Nut 개폐형의 급속 하강시스템과 동일하거나 유사한 특허 사항은 검색되지 않았다. 기계분야의 대부분이 자동차라인용의 대형 Lifter 장비였으며 PCB 및 반도체 등에 관계된 부품 공급 장치가 검색결과의 대부분이었다. 따라서 본 연구가 추구하는 연구내용의 독창성과 차별성이 더욱 부각된다 하겠다.

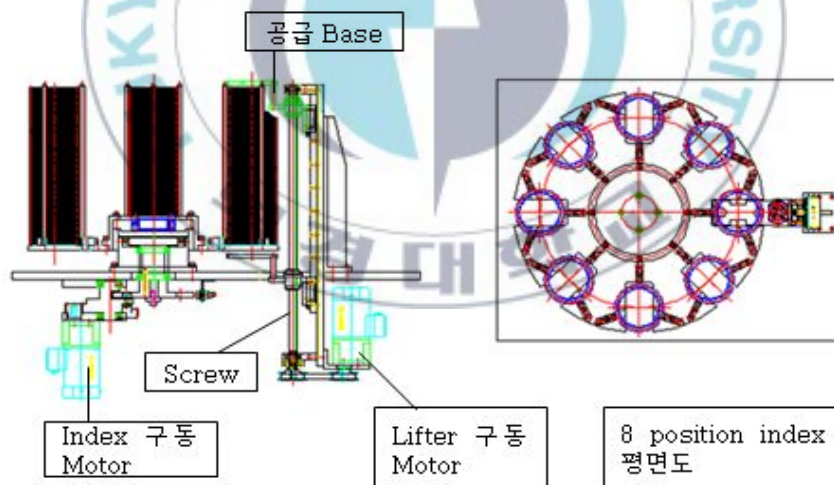


## 4장. Lifter 급속 하강 장치의 개발

### 4.1 기존방식

기존의 부품공급용 Lifter 동작방식에 있어서 하강동작을 보다 빠르게 개선하면 생산성 향상을 가져올 것 이라는 생산현장의 요구에 따라 목표를 설정하게 되었다.

일반적으로 Lifter 동작은 Motor 구동으로 Ball Screw를 정회전시켜 상승동작을 하고, 역회전시켜 하강동작을 하게된다. 본 논문에서는 하강동작을 짧은시간에 수행하는 방법을 제안하고, 시험 결과를 분석하여 효율성을 검증한다. 기존방식의 구조는<그림 4-1>과 같으며 원형 Index Table에 8등분 위치에 부품을 적재한 Magazine이 설치된다.



<그림 4.1> 기존 방식 구조

Lifter의 Motor 구동으로 공급 Base가 상승하고 상단부 부품 하나가 공급되어지면 공급 Base를 다시 상승하는 방식으로 반복상승시켜 부품을 공급하는 방식이다. 한 Magazine의 부품 소진시, Lifter의 공급 Base는



하강하고 Index 구동 Motor가 한 등분 회전하여 다음 Magazine의 공급 작업을 반복하게 된다.

#### 4.1.1 구성품 설명

구성품은 Motor, Ball Screw, LM Bearing으로 구성되고 각 역할을 요약하면 다음과 같다.

- Motor (Servo Motor) : 동력원으로서 전기에너지를 회전운동에너지로 변환시킨다.
- Ball Screw : Screw와 Nut로 구성되며, 회전운동을 직선운동을 바꾼다.
- LM Bearing : 상하 직선운동을 Guide한다.

#### 4.1.2 기존 Lifter방식의 표준 동작

<표 4.1> 기존 Lifter방식의 표준 동작 (1 사이클 기준)

| 순서 | 동 작           | 적용기기     | 동작설명      | 제 어  |
|----|---------------|----------|-----------|------|
| 1  | Index 회전(정위치) | Index    | 메가진 정위치   |      |
| 2  | 상승...1단       | Servo 모터 | 피치구동(정회전) | 감지센서 |
| 3  | 상승...2단       | Servo 모터 | 피치구동(정회전) | 감지센서 |
| 4  | 상승...n단       | Servo 모터 | 피치구동(정회전) | 감지센서 |
| 5  | 하강            | Servo 모터 | 역회전       | 하단센서 |

<표 4.1>의 기존 Lifter 방식의 표준동작을 설명하면 다음과 같다.

순서1 - 8포지션 Index를 구분동작으로 1등분 분할 회전하여 원위치하고 Lifter 상승지시 신호를 보낸다.

순서2 - Lifter 구동 Motor가 정회전하여 Timming Belt<sup>11)</sup>를 매개체로 Screw에 회전력을 전달하여 상승 동작을 한다. 상승 정지는 Magazine에 적재된 제품의 최상단을 광전식 Sensor에 의해 신호를 받아 Motor에 정지 신호를 준다.

순서3, 순서4 - 순서2의 동작을 n횟수 반복하여 마지막 제품이 없음을 확인하고 Motor에 역회전하여 하강 동작의 신호를 준다.

순서5 - 순서2의 역 동작으로 하강동작을 하여 공급 Base를 하강 원위 치시키고, Index를 1등분 동작 신호를 준다.

다시 요약해서 정리하면 Index가 회전하여 작업위치에 정위치하면 Lifter의 동작이 Motor에 의해서 상승하고, 상단 도착 확인후 Motor 역회전으로 하강시키는 방식으로 설명될 수 있다. 기존 Lifter의 실물구조는 <그림 4.2>와 같다.



<그림 4.2> 기존 Lifter의 실물구조

## 4.2 개선후 구조

### 4.2.1 Lifter의 구분 동작설명

11) 회전력 전달시 톱니 물림식으로 되어 있어서 정확한 동력전달을 한다.

<표 4.2> 개선 후 Lifter방식의 동작 (1 사이클 기준)

| 순<br>서 | 동 작           | 적용기기     | 동작설명      | 제 어          |
|--------|---------------|----------|-----------|--------------|
| 1      | Index 회전(정위치) | Index    | 메가진 정위치   |              |
| 2      | 상승...1단       | Servo 모터 | 피치구동(정회전) | 감지센서         |
| 3      | 상승...2단       | Servo 모터 | 피치구동(정회전) | 감지센서         |
| 4      | 상승...n단       | Servo 모터 | 피치구동(정회전) | 감지센서         |
| 5      | 하강            | 전자솔레노이드  | 역회전       | 하단센서<br>속압소바 |

<표 4.2>의 개선후 Lifter방식의 표준동작을 설명하면 다음과 같다.

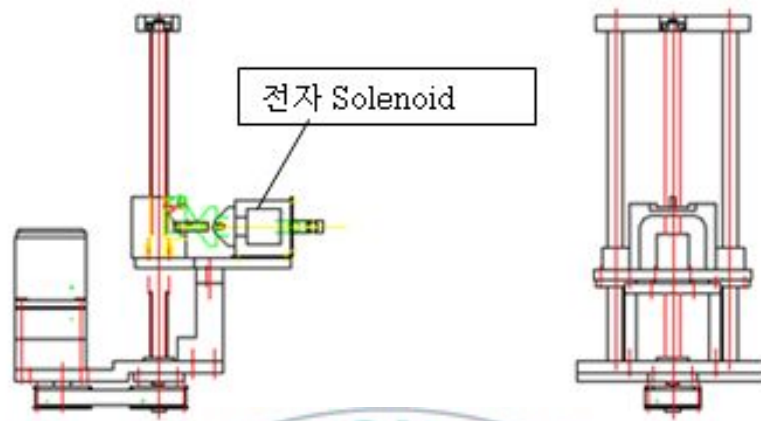
순서1 - 8포지션 Index를 구분동작으로 1등분 분할 회전하여 원위치하고 Lifter 상승지시 신호를 보낸다.

순서2 - Lifter구동 Motor가 정회전하여 Timming Belt를 매개체로 Screw에 회전력을 전달하여 상승 동작을 한다. 상승 정지는 Magazine에 적재된 제품의 최상단을 광전식 Sensor에 의해 신호를 받아 Motor에 정지 신호를 준다.

순서3, 순서4 - 순서2의 동작을 n횟수 반복하여 마지막 제품이 없음을 확인하고 Motor에 역회전하여 하강 동작의 신호를 준다.

순서5 - 하강 동작의 신호에 따라 <그림 4.3>의 전자 Solenoid를 작동시켜 공급Base를 중력낙하 하강 원위치 시키고, Index를 1등분 동작 신호를 준다.

다시 요약 정리하면 Index가 1등분 회전하여 작업위치에 정위치 되면 Lifter의 동작이 Motor에 의해서 상승하고, n번 반복 상승작업 완료후 전자 솔레노이드 작동으로 Nut 개방시켜 자유 낙하시키는 방식이다. 개선후의 실제 Lifter의 구조는 <그림 4.4>와 같다.



<그림 4.3> 전자솔레노이드의 설치 형태



전자 Solenoid 동작 전-Lock상태

전자 Solenoid 동작 후-Lock해제상태

<그림 4.4> 개선후 Lifter의 구조

#### 4.2.2 Lifter의 구조

##### (1) 구성

Servo Motor, Ball Screw, LM Bearing, 전자 Solenoid, Shock Absorber로 구성되고, 주요부품의 역할을 정리하면 다음과 같다.

- ① 전자 Solenoid : 전류의 양을 조절함으로써 전자석으로 사용할 수 있다. 솔레노이드는 전기에너지를 자기에너지로 변환하므로 에너지 변환장치라고도 할 수 있다. 내부자기장의 크기는 전류의 크기에 비례하고 단위 길이당 감은 수에 비례한다. 도선에 전류가 흐르면 그 주변에 시계반대방향으로 자기장이 형성되는 데(앙페르의 오른나사 법칙) 이 때 이 도선을 감아 솔레노이드를 만들 경우 도선이 일직선일 때 생성되었던 자기장들이 같은 방향으로 정렬되면서 솔레노이드의 자기장이 벡터합으로 구해진다. 전원의 공급과 차단만으로 가장 쉽게 제어가 된다. 본 설계에서는 Nut의 개폐역할을 한다.
- ② Shock Absorber : Lifter하강시 Base의 낙하 충격을 완화시키는 역할을 한다.

##### (2) 동작설명

개선된 Lifter의 동작원리를 설명하면 다음과 같다.

- ① Index 작업 원위치 상태의 확인후 Lifter Motor가 상승방향으로 작동한다.
- ② 상승시는 전자 솔레노이드가 전진하여 Nut부를 Lock상태로 유지시키고 Screw 회전력을 전달받아 상승 동작을 수행한다.
- ③ 각 단마다(5mm) 구분 상승 동작을 반복하고 최고 상승위치에 도달 확인되면 하강신호를 발생시킨다.
- ④ 하강 신호에 따라서 전자 솔레노이드에 의해 Nut가 개방되고 Base를 낙하시킨다.

- ⑤ 하강 도달 지점에서 Shock Absorber로 완충시켜 하강 원위치에서 대기 상태가 되고 Index에 Turn 명령을 내린다.

## 4.3 실험방법

### 4.3.1 Screw Lead별 Nut 개폐장치 한계성 분석

Nut의 개폐를 위해서는 스크나사의 회전력을 전달받지 못하게 해야 하므로 스크나사의 Pitch<sup>12)</sup>가 맞는 Nut의 일부분을 사용해야 한다. 많은 나사의 접촉각을 주면서 쉬운 개폐가 용이한 형태가 설계상 120도 방향의 나사 면적이 많은 접촉각 형성과 개폐에 용이한 구조로 판단되어서 본 연구에서는 원주의 120도 부분의 암나사를 사용했다. 개폐동작을 위해서는 고정 Hinge점의 위치결정이 매우 중요하고 요동 동작시 모서리 간섭부를 설계상 1차로 감안시키고, 실제 동작시 부분 수정 작업을 가했다. Nut 접촉시는 솔레노이드 외부의 Spring에 의해서 밀착시키고, Nut 개폐분리는 솔레노이드에 전원을 연결시켜 후진동작으로 분리시킨다. 본 설계는 제품의 부하 중량이 10 Kg 이내로 한정하여 설계하고 실험한다. 개폐형 Nut의 동작설계도를 도면으로 나타내면 <그림 4.5>와 같다.

### 4.3.2 Nut 개폐방식 종류 및 최적 모델 선정

Air Cyl' 등 여러 방식이 있으나, 작동부 악세서리 설치가 불합리하여 전자 Solenoid를 선정하여 시험하기로 결정한다.

### 4.3.3 시제품 설계 및 제작

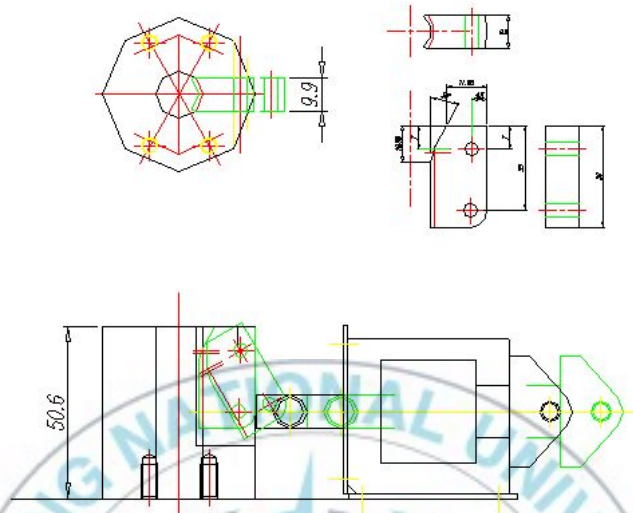
Screw의 Nut부는 Ball Screw Lead에 맞게 가공하여서 적용하고,

---

12) 스크나사의 나사산과 나사산간의 거리



Screw부는 Ball Screw를 적용한다.



<그림 4.5> 개폐형 Nut의 동작설계도

#### 4.3.4 개선전 및 개선후 모델의 작동 시험 및 분석

PLC제어장치로서 1일 2시간으로 10일간 반복 테스트하고, 시간 측정은 매회 스톱위치로 50회 연속 실측후 평균치를 산출한다.

#### 4.3.5 시제품 제작 기준 및 연구방법

일반적으로 현장에서 많이 사용되는 규격을 기초로 <표 4.3>과 같이 제작 기준을 정하였다. 시험방법은 시제품을 제작하여 전기제어시스템에 의해서 동작하는 방식을 사용하고 기존방식과 개선방식의 시험방법을 <표 4.4>와 같이 동작시킨다. 그리고 Lead량을 다르게 하여 Lead량이 클때와 작을때를 비교하고 차이점을 분석하였다.

<표 4.3> 시제품 제작기준

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 제 | * 행정거리(상하 작동부 거리) : 500mm       |
| 작 | * Servo Motor 규격 : 200W x 1/15  |
| 기 | * Ball Screw Lead : 5mm, 10mm   |
| 준 | * 1 Step pitch (제품의 높이) : 5mm   |
|   | * 생산품 Tact time : 5 sec/ea      |
|   | * 전원 : AC 200V-3상, 60Hz, PLC 제어 |

<표 4.4> 시험 방법

|                  | 기존 Motor 방식                                                                  | 개 선 방 식                                                                        |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 시<br>험<br>방<br>법 | <p>*상승 시 시간과 하강 후 원위치까지의 시간측정(계산치 및 실측치)한다.</p> <p>*하강 시 Motor 역회전 동작한다.</p> | <p>*상승 시 시간과 하강 후 원위치까지의 시간측정(실측)한다.</p> <p>*하강 시 전자 Solenoid 동작으로 낙하 시킨다.</p> |

#### 4.3.6 Servo Motor 적용에 따른 시간 분석

기존방식의 하강시간은 실측하여 측정했고 이 실측시간은 매 회차 50회 동작 시간의 실측값을 평균값으로 했으며, 이 실측값이 1사이클 기간이다. <표 4.5>에 실측값을 정리하여 나타낸다.

<표 4.5> 기존방식의 하강시간 실측값

| 회차 | Screw Lead 5mm |           | Screw Lead 10mm |           |
|----|----------------|-----------|-----------------|-----------|
|    | 계산상값           | 실측값       | 계산상값            | 실측값       |
| 1  | 29.9 sec       | 31.45 sec | 14.9 sec        | 15.07 sec |
| 2  |                | 30.20 sec |                 | 15.68 sec |
| 3  |                | 30.25 sec |                 | 15.24 sec |
| 4  |                | 30.78 sec |                 | 15.28 sec |
| 5  | 29.9 sec       | 30.32 sec | 14.9 sec        | 15.58 sec |
| 6  |                | 30.28 sec |                 | 15.49 sec |
| 7  |                | 30.05 sec |                 | 15.32 sec |
| 8  |                | 30.12 sec |                 | 15.45 sec |
| 9  |                | 30.23 sec |                 | 15.37 sec |
| 10 |                | 30.08 sec |                 | 15.22 sec |

개선방식의 하강시간도 실측하여 측정했고 이 실측시간 또한 매 회차 50회 동작 시간의 평균값을 실측값으로 했으며, 이 실측값이 1사이클 기간이다. <표 4,6>에 실측값을 정리하여 나타낸다.

<표 4.6> 개선방식의 하강시간 실측값

| 회차 | Screw Lead 5mm | Screw Lead 10mm |
|----|----------------|-----------------|
| 1  | 3.03 sec       | 3.05 sec        |
| 2  | 3.02 sec       | 3.06 sec        |
| 3  | 3.15 sec       | 3.04 sec        |
| 4  | 3.10 sec       | 3.08 sec        |
| 5  | 3.06 sec       | 3.05 sec        |
| 6  | 3.07 sec       | 3.05 sec        |
| 7  | 3.06 sec       | 3.03 sec        |
| 8  | 3.08 sec       | 3.07 sec        |
| 9  | 3.10 sec       | 3.04 sec        |
| 10 | 3.09 sec       | 3.06 sec        |

실험방법과 내용을 다시 요약하여 정리하면 다음과 같다.

- (1) 시험기간 : 2013년 1월10일 ~ 2013년 2월 28일
- (2) 측정자 : 정 병 철 외 1인
- (3) 시험방법 : 제어반 구성하여 자동 시운전을 50회 반복시켜서 스톱위치로 측정하는 방법을 사용하였다.
  - ① 기존방식 : 계산상 하강시간과 실제 측정 평균값을 비교하였다.
  - ② 개선방식 : 50회 측정값의 평균값을 산출했다.

Screw Lead 10mm는 반복동작시 위치 정도가 떨어지므로 본 시험 분석에서는 현장에서 많이 적용하는 Screw Lead 5mm에 대해서만 분석하기로 한다. 기존방식은 모터에 감속기 1/15을 장착하면 회전수가 200rpm(분당 200회전)이 된다. 즉, 1회전당 0.3 sec가 소요되므로 Screw Lead 5mm 적용시 1sec당 16.7mm 움직인다. 기준 조건에서 행정거리 500mm를 움직이는데 29.9sec가 소요됨을 알수있다. 본 내용을 요약하

여 정리하면 다음과 같다.

(1) 기존 방식 :  $3,000\text{rpm} \times 1/15 = 200\text{rpm}(\text{rev/분})$

$0.3 \text{ sec/rev} \Rightarrow 16.7 \text{ mm/sec}$

$29.9 \text{ sec/행정거리}500\text{mm}$  (계산상 값)

<표 4.5>의 실제측정치와 별 차이가 없으므로 계산상 값을 사용하기로 한다.

(2) 개선방식 (하강방식- 중력 낙하방식) :  $3 \text{ sec} / \text{행정거리}500\text{mm}$   
(복귀 및 준비 시간 포함)

개선방식은 <표 4.6>에서 보듯이 실제 측정한 값이 3sec에 행정거리500mm를 움직이는 것을 알 수 있다.

(3) 행정거리 500mm를 움직일 때 26.9sec의 시간을 줄일 수 있으므로 생산성 향상에 기여할 수 있다.

#### 4.3.7 생산성 향상 효과분석 (생산량 비교)

개선된 Lifter 방식의 하강시간(비 생산시간)은 29.9 sec에서 3 sec로 감소 되었다. 1 등분(Magazine) 작업시 26.9 sec의 여유시간이 발생 하고 제품하나의 생산 Tact time을 5 sec로 가정하면 5.4ea를 추가 생산 가능함을 알 수 있다(생산효율 10.8% 상승).

장치비는 기능의 단순화로 복잡한 제어가 필요없기 때문에 단순 기능품 적용이 가능하므로 제작 원가대비 80%정도의 자재비<sup>13)</sup>로 구성이 가능할 것으로 판단되어 혁신적 원가절감이 예상된다. 기존방식과 개선방식의 구조를 분석해 보면 아래 내용으로 요약할 수 있다.

(1) 기존방식은 Servo Motor를 적용하여 하강시 급속 가변장치를 별도로 부착해야 하고 잦은 정·역 회전으로 마모가 높아 잦은 정비가 요구된다.

(2) 개선방식은 고정된 일정속도의 일반 Motor로 한 방향 구동만 시

13) <표4.10> 비용분석 참조

키면 되고, 하강시는 중력 낙하 방식임으로 속도 가변장치가 필요 없게 된다.

본 실험의 결과를 소개하기 위해 우선 <표 4.7>과 <표 4.8>내에서 사용되는 항목을 설명하면 다음과 같다.

- (1) Magazine등분 수 : Index의 원주방향으로 공급 부품이 장착될 수 있는 포지션 수를 나타낸다.
- (2) Screw Lead량 : Screw가 1회전시 Nut가 진행할 수 있는 거리를 나타낸다.
- (3) 하강시간 / 500mm : 행정거리(상사점에서 하사점까지의 거리) 500mm를 움직일 때 걸리는 시간이다.
- (4) 생산효율 : 개선전 하강 시간에서 중력낙하시의 시간을 뺀 값을 제품 하나의 생산 Tact time을 5sec로 가정하고 수량으로 환산한다.
- (5) 생산효율 / 1 Turn : Index 1회전시 장착 Magazine수를 감안한 값을 생산 수량으로 환산한다.

<표 4.7> Ball Screw Lead량 : 5mm 적용시

| Magazine<br>등분 수                                   | 적용 Motor                                               | Screw<br>Lead<br>량 (mm)             | 하강시간/<br>500mm<br>(기존방식) | 생산효율<br>/<br>1 Cycle | 생산효율/<br>1 TURN |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|
| 4 등분                                               | Servo Motor<br><br>3000 rpm<br>X 1/15<br><br>= 200 rpm | 5mm<br>/rev<br><br>(16.7mm<br>/sec) | 29.9 sec                 | 5.4 ea<br>(10.8%)    | 21.6 ea         |
| 6 등분                                               |                                                        |                                     |                          |                      | 32.4 ea         |
| 8 등분                                               |                                                        |                                     |                          |                      | 43.2 ea         |
| 비 고: 생산 효율은 개선전 하강 시간에서 중력낙하시의 시간을 뺀 값을 생산 수량으로 환산 |                                                        |                                     |                          |                      |                 |



<표 4.8> Ball Screw Lead량 : 10mm 적용시

| Magazine<br>등분 수                                   | 적용 Motor                                               | Screw<br>Lead<br>량 (mm)              | 하강시간/<br>500mm<br>(기존방식) | 생산효율<br>/<br>1 Cycle | 생산효율/<br>1 TURN |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|
| 4 등분                                               | Servo Motor<br><br>3000 rpm<br>X 1/15<br><br>= 200 rpm | 10mm<br>/rev<br><br>(33.4mm<br>/sec) | 14.9 sec                 | 2.4 ea<br>(4.8%)     | 9.5 ea          |
| 6 등분                                               |                                                        |                                      |                          |                      | 14.4 ea         |
| 8 등분                                               |                                                        |                                      |                          |                      | 19.2 ea         |
| 비 고: 생산 효율은 개선전 하강 시간에서 중력낙하시의 시간을 뺀 값을 생산 수량으로 환산 |                                                        |                                      |                          |                      |                 |

Magazine 등분 수는 제품의 크기와 설치공간에 따라 결정되지만 표에 예시한 등분은 일반적으로 많이 적용하고 있는 형태이며, 1 Cycle당 생산효율은 같으나 1 Turn시 생산효율(생산량)은 8 등분의 경우가 효과적이다. 등분 수가 많은 것은 작업자의 소재투입의 횟수를 줄이므로 많이 적용되는 등분이다. <표 4.7>과 <표 4.8>에서 Ball Screw Lead량에 대해 5mm 적용시 Ball Screw Lead량이 적을수록 위치 정도도 좋고, 효율이 높아짐을 알 수 있다.

#### 4.4 비용분석

공통된 가공부품을 제외하고 Lifter 제작을 위해 구성되는 구매자재를 개선전과 개선후의 내역을 비교하여 비용을 <표 4.9>와 같이 분석하였다.

<표 4.9> 비용분석

(원)

|              | 개 선 전 비 용 | 개 선 후     |        |
|--------------|-----------|-----------|--------|
|              |           | 비 용       | 제 조 처  |
| 구동용 Motor    | 1,500,000 | 1,500,000 | LS메카피온 |
| 동력 전달부       | 320,000   | 320,000   | MISUMI |
| LM Guide     | 200,000   | 200,000   | THK    |
| Screw        | 180,000   | 180,000   | THK    |
| Nut          | 120,000   | 48,000    | 자체설계   |
| 전자 Solenoid외 | -         | 38,000    | KCC정공  |
| 전기제어 장치 부    | 2,300,000 | 1,400,000 | 자체제작   |
| 계            | 4,620,000 | 3,686,000 | -      |

절감 비용이 많이 발생하는 “전기제어 장치 부”는 Motor 구동의 단순화와 각종 센서 등의 절감에 따른 프로그램 설계와 제어반의 단순화를 가져옴으로써 발생되며, 전체 비용분석은 <표 4.9>와 같이 개선 후 약 20%의 원가 절감의 효과를 가져올 것으로 예상된다.

## 5장. 결론 및 향후 연구방향

생산현장에서는 공정 개선과 생산성 향상을 위한 공정자동화가 필수적이기 때문에 고가의 기능품을 적용하고 정밀도를 높이기 위해서 모든 설계가 이루어지고 있다. 특히 기계요소적인 부분의 해결보다도 고가 부품의 적용으로 기능을 만족시키려는 방향으로 설계가 이루어져 장비의 트러블요소가 많아지고, 장비의 투자비가 증가되는 요소가 발생된다.

본 연구의 목적은 기구학적 기능과 물리적 운동을 적절히 조화시켜서 트러블 요소를 줄이고, 일반적인 Lifter 구조를 개폐형 Nut를 사용하여 개발하고 적용함으로써 불필요한 하강시간을 줄여 생산가능 시간으로 전환시킴으로써 생산성 효율을 높이는데 있다. Nut개폐 방식도 복잡한 Air 기기사용을 배제하고 전자 Solenoid를 채택 적용함으로써 간단하고 빠른동작을 구현했고, 적은 예산으로도 적용이 가능한 단순구조들로 설계하여 현장에서 쉽게 사용할 수 있도록 하였다.

본 논문에서의 연구 내용을 실제기기를 제작하여 실험을 통해 검증한 결과, 생산성 향상이 10.8% 증가할 수있음을 알 수 있었다. 생산현장에서 10.8%의 생산성 향상은 상당히 고무적인 결과이다. 본 실험을 통해서 나타난 몇 가지 개선사항들이 나타났다. 이 문제점의 내용을 정리해보면 다음과 같다.

- 하강시 충격에 따르는 장비의 진동을 없앨 수 있도록 부드러운 동작이 요구된다.
- 하강지점 직전에서 속도를 줄일 수 있는 구조로 개선이 필요하다.
- 상승직전의 Screw Lock 작동시 나사간 부딪히는 현상의 개선이 필요하다.

상기 정리된 내용에서와 같이 상용화를 위해서는 반드시 해결해야 할 과제이다. 향후 연구방향을 이러한 문제점을 해결하기 위한 원인분석,

대책, 그리고 처리방안을 세밀히 연구하여 제안된 Lifter 장치의 상용화를 앞당기는데 있다.



## 참 고 문 헌

1. 김기선, 강용주, 고희근(2011), “스풀형 솔레노이드 밸브의 유동-구조 연성해석”, 한국기계가공학회 2011년도 추계학술대회 논문집, 107-107.
2. 김성식, 김경석, 양승필, 정현철, 김상복(1997), “불나사를 이용한 고속 TOOL 이송장치 개발에 관한 연구”, 한국공작기계학회 97년도 춘계학술대회 논문집, 76-81.
3. 정기철, 양해원(1989), “자기 동조 PID 알고리즘을 이용한 다중 processor 방식의 DC 서보모터 속도제어기의구현”, 1989년도 추계종합학술대회 논문집, 125-128.
4. 정찬세, 이형욱, 김학선, 양해림, 양순용(2011), “솔레노이드의 유지력과 흡입력 시험에 관한 연구”, 2011년도 춘계 학술대회 논문집, 1-4.
5. 한국발명진흥회, “지식재산의 정석”, 148-152 (2012)
6. (주) 콘트롤, “Omron Servo Motor 기술자료집”, 2-26 (2008)
7. LS Mecapion Co., Ltd, “LS 메카피온 Servo Motor 카다록” (2012)
8. LS Mecapion Co., Ltd, “LS 메카피온 Servo Motor 기술자료집” (2012)
9. 한국 미쓰비시 오토메이션(주), “Mitsubishi Servo Motor 기술자료

집”, 1-1~1-8, 2-8~2-11, 4-7~4-12 (2007)

10. 小要富士雄, 小要達男 , “표준기계설계도표편람”, 개신증보2판 (1990)

