

# 자동화 장치용 서보모터 선정절차 및 지원시스템 개발

## Development of a Process and a S/W System for Selecting a Servomotor of an Automatic Equipment

\*\*국금환<sup>1</sup>, 최대봉<sup>2</sup>, 정혜성<sup>3</sup>

\*\*K. H. Kuk(kkh@gnu.ac.kr)<sup>1</sup>, D. B. Coi<sup>2</sup>, H. S. Jong<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 경상대학 제어계측공학과, <sup>2</sup> 한국기계연구원 지능기계연구센터, <sup>3</sup> 경상대학 제어계측공학과

Key words : Servomotor, Selection Process, Selection S/W, Automatic Equipment

### 1. 서론

공장 자동화 장치(메카트로닉스 시스템) 설계의 경우, 자체 제작 비중이 큰 메커니즘부분을 제외하고는 시스템 구성요소 상호간의 인터페이스 용이성을 고려한 상용 표준 시스템 요소를 최적 선정하는 작업의 비중이 커지게 된다. 복잡한 자동화 장치 설계를 보다 효율적으로 추진하기 위해서는 체계적인 설계 방법론과 시스템 요소 선정을 위한 설계 지원시스템이 요구된다.

다양한 고기능 자동화 장치 설계과정에서 주어지는 메커니즘(구동부의 부하로 작용)에 적합한 서보모터를 최적 선정하는 작업은 자주 발생한다. 국내 자동화 전용기를 제작하는 중소 전문 업체들의 경우, 시간 부족으로 요구 사항에 근거하여 체계적으로 다양한 상황에서의 모터 소요토크를 계산하지 않고, 유사 자동화 전용기의 모터 사양을 그대로 이용하거나 경험에 의한 간단한 축약 계산으로 모터를 선정하기에 모터용량의 과부족에 의한 시행착오가 수반된다.

본 논문에서는 각종 공작기계와 조립 자동화 전용기, 산업용 로봇과 같은 공장 자동화용 메카트로닉스 시스템의 효율적 설계 작업을 위해, 이들 장치에 공통적으로 가장 많이 요구되는 서보모터용 구동시스템의 체계적인 설계절차<sup>(1)</sup>를 기술한 후, 하나의 일반적인 서보모터 선정 절차 및 선정 지원 S/W 시스템을 소개하고자 한다.

### 2. 서보모터용 구동시스템 설계절차

통상의 기계설계 절차<sup>(2)</sup>에 따라 정리한 공장 자동화 시스템의 메커니즘(구동 시스템의 부하로 작용) 구동을 위한 서보모터용 구동시스템의 체계적인 설계과정은 표 1 과 같다.

Table 1 Design process for driving system with servomotor

설계 과정	서보모터용 구동시스템 설계
과제규명: 과제정의 및 설계명세서작성	- 메커니즘 운동타입 - 메커니즘 요구 속도·토크선도 - 조작방법 및 운전환경
개념설계: 시스템의 기능구조 및 작용구조 개발	- 부분 시스템 선정: 작동부, 구동부, 모션 제어부, 사용자 인터페이스부 - 전체 시스템 구성 - 전원선정
구체설계: 작용구조 구체화를 통한 구성구조결정	- 모터용 구동시스템 요소들의 효율 결정 - 부분시스템의 용량 결정: 모터, 서보드라이버(서보앰프), 모션 제어기, 입출력 및 조작기기 등
상세설계: 상세도면 완성 및 생산·제작 문서 작성	- 모터용 구동시스템 상세 구성도 - 부품명세서(품명, 개수, 형식, 메이커) - 상세속도선도, 결선 및 설치도 - 조립 및 보수 지침

표 1 의 서보모터용 구동시스템 설계과정 중 그동안 상대적으로 약식으로 수행해온 과제규명, 개념설계 및 구체설계 내용은 다음과 같다.

### 2.1 과제규명

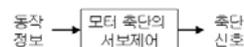
메커니즘 자체에 작용하는 부하(마찰, 가공)가 크거나 메커니즘 동작영역이 크며, 운전정지가 빈번한 경우, 서보모터용 구동시스템의 보다 합리적인 설계를 위해서는 과제규명단계에서 특정 한 순간의 최대소요토크뿐만 아니라 구동시킬 메커니즘의 대표적 운동 사이클(요구 가·감속 시간 및 속도) 전 시간에 걸친 예상 소요토크분포를 알아야 한다. 또한 메카트로닉스 시스템의 사이클 타입은 개발 시스템의 생산성 및 경제성 분석을 위한 핵심 데이터가 된다. 서보모터용 구동시스템설계를 위한 과제규명단계에서 요구되는 구체적 작업내용은 표 2 와 같다

Table 2 Problem definition

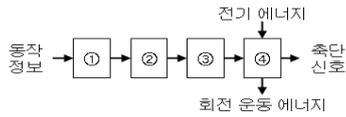
과제규명	서보모터용 구동시스템
메커니즘 운동타입	- 메커니즘의 운동을 직선운동(수평·수직)과 회전(요동)운동(수평·수직) 두 가지 기본 운동으로 구분
메커니즘 속도·토크 선도타입	- 메커니즘의 주요 반복운동(직선·회전) 사이클을 ‘정속이동(일단, 다단)과 정지’, 정속이동 없이 변속구간뿐인 ‘시동과 제동’ 두 종류로 나뉜 - 직선정속이송과 정지는 대표적인 ‘수평직선운동’ 과 ‘수직직선운동’ 두 종류의 속도·토크선도로 나뉜(원위치 복귀 경우는 시간(중)축 대칭 형상) - 수평(또는 수직) 직선운동과 정지 - 시동과 제동
조작방법 및 운전환경	- 조작패널 기능과 레이아웃 - 허용 전압 및 주파수 변동 - 허용 주위온도 및 진동, 청정도 요구, 부식성·폭발성 가스 유무 - 자체 진단 및 보호기능, 정전대책

### 2.2 개념설계

개념설계는 개발한 시스템의 전체기능을 부분기능으로 분할하여 기능구조를 결정하고, 각 부분기능에 대한 개별 기능수행자(function carrier)를 선정한 후 결합하여 작용구조(working structure)를 결정하는 작업이다. 서보모터용 구동시스템 중 비교적 복잡한 경우인 산업용 로봇에 대한 하나의 신호흐름 위주의 기능구조(functions structure)를 그림 1 로 결정하고, 각 부분기능에 대한 작용원리(working principle)를 표 3 과 같이 정리하였다.



(a) 전체 기능



- ①: 로봇 교시와 프로그램 생성
- ②: 궤적계획과 궤적생성
- ③: 제어신호 및 구동 전류 생성
- ④: 기계적 에너지 생성

(b) 기능구조

Fig. 1 Driving system for industrial robot

Table 3 Working principle for subfunction

부분기능	작용원리
로봇 교시와 프로그램 생성	티칭펜던트, PLC, PC
궤적계획과 궤적생성	전용 모션제어기, 다축 범용 모션제어기, DSP
제어신호 및 구동전류 생성	위치·속도·전류제어 드라이버(서보앰프), 속도·전류제어 드라이버, 전류제어 드라이버, 아날로그 입력형 드라이버, 디지털 입력형(펄스열, 데이터) 드라이버
기계적 에너지 생성	AC서보모터, DC서보모터

### 3. 서보모터 선정절차와 지원시스템

앞 절에서 결정한 하나의 최적 작용구조에 대한 구성구조를 결정하는 구체설계 작업은 표 3의 4개 부분기능을 수행할 개별 작용원리(기능수행자)의 용량을 구체적으로 결정하는 단계이다. 또한 이어지는 구성구조 상세화 단계인 상세설계의 핵심작업은 최신 관련 제품 카탈로그를 이용하여 결정된 구성구조의 개별 용량을 만족시킬 수 있는 상용 제품모델을 최종결정하는 것이다.

본 절에서는 표 3의 상위 3개 부분기능에 비해 상대적으로 작업량과 정량적 작업 비중이 큰 맨 하위 부분기능인 ‘기계적 에너지 생성’의 체계적 구체설계에 한정하여 기술한다. 일반적으로 메커니즘 구조가 비교적 단순하여 개별 모터에 의해 구동되는 메커니즘의 운동방식 간에 커플링이 심하지 않는 경우나, 메커니즘 구조가 복잡할지라도 단순화하여 구체설계를 수행하는 경우는 메커니즘 사이의 동적 커플링을 고려하지 않고 표 4와 같이 개별 메커니즘에 소요되는 정속, 가감속 및 실효토크를 계산한 후 모터 용량을 최종 결정한다<sup>(3)</sup>. 그러나 메커니즘의 수직운동에 의한 음(-)의 부하가 발생하거나 부하의 시동·정지 빈도가 높은 경우는 회생전력과 과부하 듀티 사이클을 추가로 검토해야 한다.

Table 4 Selection process for servomotor

단계	내용
동선도 해석과 관성 모멘트 계산	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 메커니즘의 운동타입과 속도·토크선도 타입 결정</li> <li>- 직선·회전운동 부하: 가·감속, 정속, 사이클 타임 및 정속속도 결정</li> <li>- 부하 마찰력·가공반력 결정, 부하축상 마찰·반력토크 결정, 언밸런스 힘 결정</li> <li>- 감속기(벨트, 체인)·볼·스크루(랙·피니언) 효율 결정, 감속비 결정</li> <li>- 직선·회전운동 부하: 모터축 환산 부하 관성 모멘트 결정</li> </ul>
정속 (부하) 토크 계산	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 메커니즘 운동타입(직선·회전, 수평·수직)에 대한 부하토크 계산식 결정</li> <li>- 메커니즘 정속 시 소요 토크, 즉 부하토크 계산</li> </ul>

모터 가선택	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 메커니즘 정속속도 이상의 모터 정격 회전수 결정</li> <li>- 메커니즘 소요 부하토크 이상의 모터 정격토크 결정</li> <li>- 결정된 모터 정격회전수·토크로부터 상용 모터 가선택</li> <li>- 모터 관성모멘트 결정</li> </ul>
가감속 토크와 시동 토크 계산	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 메커니즘 가·감속 시 소요 토크 계산</li> <li>- 메커니즘 가속 토크와 부하토크로부터 시동토크(소요 최대토크) 계산</li> <li>- 토크선도 결정과 실효토크 및 회생전력 계산</li> </ul>
모터 최종 선택	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 속도·토크선도타입을 고려한 설계 안전율 결정: 1~2</li> <li>- 제어 안정성 고려: (모터축 환산 부하 관성모멘트)/(모터 관성모멘트) &lt; 3~5</li> <li>- 서보 드라이버의 제한 최대출력전류 고려: 다음 세 식을 만족시키지 못하면 단계 3으로 점프하여 재작업                         <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시동 시 소요토크 ≤ 모터 최대토크</li> <li>• 실효토크 ≤ 모터 정격토크</li> <li>• 회생전력 ≤ 회생능력</li> </ul> </li> </ul>

표 4의 서보모터 선정 작업을 보다 신속히 수행하기 위해 개발한 서보모터 선정 지원 S/W 시스템의 사용자 화면은 그림 2와 같다. 표 4의 프로세스를 적용하여 개발 중인 복합가공기용 스피들 이송유닛용 서보 모터 2종(1.6kw, 3kw)을 결정하였다.

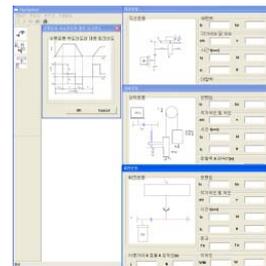


Fig. 2 S/W system for servomotor selection

### 4. 결론

본 논문에서는 공장 자동화 장치용 서보모터용 구동시스템의 체계적 설계 프로세스와 서보모터의 효율적 선정을 위한 하나의 절차 및 컴퓨터용 지원시스템을 소개하였다. 그리고 복합 가공기 개발을 위한 하나의 구체적인 서보모터 선정 사례를 보였다. 제한한 서보모터 선정절차는 개별 서보모터에 의해 구동되는 부하(메커니즘)들의 운동이 상호 간섭하지 않는(decoupling) 단순한 경우인 대부분의 공작기계, 조립 자동화 전용기, 직교형 로봇<sup>(4)</sup>에만 적용할 수 있다. 향후 다관절 로봇용 역동역학 식을 추가하여 메커니즘 운동이 상호 심하게 커플링되는 경우에도 적용할 수 있도록 그 기능을 개선할 계획이다.

### 후기

본 논문은 중소기업청지원으로 중소기업생산환경혁신기술 개발사업으로 추진 중인 ‘차동장치 케이스 가공시 위험요소 해소와 노동경감을 위한 복합 정밀 가공장비 개발’ 과제로부터 지원받아 수행한 연구결과이다.

### 참고문헌

1. 장민제, “공작기계설계지원시스템개발- 이송계 서보모터 선정에의 적용,” MS Thesis, 연세대, 2000.
2. G. Pahl, W. Beitz 저, 한동철 외 역, “공학설계론,” 동명사, 1997.
3. 이광만 역, “AC 서보 응용 매뉴얼,” 일진사, 1999.
4. 이종환 역, “자동기계설계법,” 기술, 1994.