산업자동화를 위한 Servo Motor의 기술과 시장 동향

반기종
부천대학교

김상용
한국폴리텍대학 청주캠퍼스

Ⅰ. 서 론

Servo motor는 자동화 분야에서 사용되는 motor의 일반화된 개념처럼 사용되고 있다. servo의 의미는 '추종한다.' 라는 의미로 명령에 충실히 따르는 특성을 가지고 있기 때문에 자동화 분야에서 많이 사용되고 있다. 처음 servo라는 용어가 사용된 것은 1934년에 H.L. Hazen 교수에 의해 사용되었다. 그 후 1970년대 들어와서 유압에 의한 servo 장치들이 쇠퇴하고 전기에 의해 구동되는 motor가 발달하게 되었다. Motor의 발달에는 반도체 소자들의 성능향상과 밀접한 관계가 있다. Motor 구동을 위한 회로에 반도체 소자가 사용되면서 반도체 소자의 발달은 motor 구동회로의 변화를 가져오게 되었다. Servo motor는 AC servo와 DC servo로 크게 구분하여 사용한다. 초기의 servo motor는 DC servo motor를 사용하였다. DC servo motor의 구성은 정류자, brush, communicator 등으로 구성된다. 그러나 DC servo motor의 brush는 마찰에 의한 분진과 불꽃 방전현상 등의 단점을 가지고 있다. 이에 반해 AC motor들은 정류자를 포함하고 있지 않기 때문에 brush로 인한 단점을 보완할 수 있다. 그러나 AC servo motor를 구동하기 위한 driver는 주파수를 변화시켜서 motor의 속도를 제어할 수 있다. 이 주파수 가변을 위해서 inverter 회로가 사용되고 inverter 회로에는 반도체 소자들로 구현한다. 또한 microprocessor의 성능 향상은 AC servo controller의 성능 향상을 가져왔다. Servo motor는 기계적인 hardware 부분과 제어를 위한 software로 크게 구성된다. 기계적인 요소는 motor 본체와 motor 구동을 위한 제어 프로그램이 결합되어 있으며 제어 program을 이용하여 위치 또는 속도를 제어하는 것으로 motor만 가지고 위치나 속도를 제어하지는 못한다. servo motor는 우리 주변에서 쉽게 접할 수 있으며 일상생활에서 사용하는

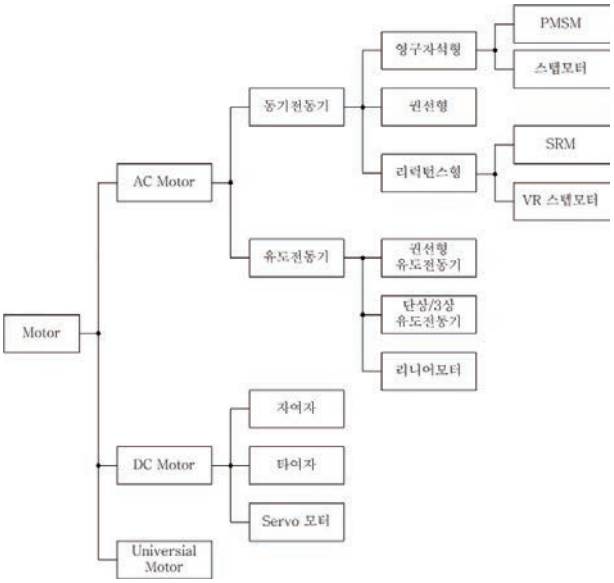
대부분의 정밀 전자 제품에 사용되고 있다. 특히, 반도체 장비, robot, camcorder, digital camera, printer 등의 정밀 산업 분야에서 대부분이 servo motor를 이용한다고 보면 될 것이다.

본 연구에서는 자동화분야에서 활용되는 servo motor의 종류와 특성 , 제어방법 및 최신 기술 동향에 대해 알아보고자 한다.

Ⅱ. 자동화를 위한 motor 종류 및 특성

Motor는 전기적인 에너지를 회전운동을 하는 기계적 에너지로 변환하는 system으로써 motor를 구동하는 전원의 종류, 회전방식, 계자, torque 발생원리 및 형태에 따라 다양한 motor가 있다. 전원의 종류에 따른 분류는 직류 motor와 교류 motor로 구분하며 회전방식에 따라 동기방식과 비동기방식, 여자 방식에 따라 자여자 방식과 타여자 방식으로 분류한다. 또한 계자의 형태에 따라 영구자석 형과 권선형등으로 구분하며 형태에 따라 표면 자석형, 매입 자석형 등으로 구분하기도 한다. 〈그림 1〉은 motor의 종류를 나타낸 것이다[1].

모터의 종류는 크게 직류와 교류모터로 구분하며 자동화를 위한 모터로는 서보 모터와 스텝모터 및 리니어 모터등을 활용한다.



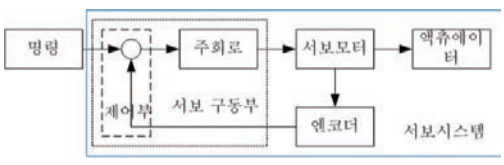
〈그림 1〉 Motor의 종류

(1) Servo motor의 종류 및 특성

servo motor는 AC servo와 DC servo로 크게 구분한다. 초기에는 DC servo가 많이 쓰였지만 motor 제어를 위한 전력소자의 개발이 활발하게 이루어짐으로 인해 AC servo가 대부분 사용되고 있다.

DC servo motor의 경우 정류자와 brush를 포함하고 있기 때문에 brush로 인해 생기는 여러 가지 단점이 있다. 즉 brush와 communicator 사이의 마찰에 의해서 분진이 발생하고 불꽃 방전현상 등을 유발한다. 따라서 반도체 공정과 같이 미세 먼지 등에도 민감한 부분에서는 DC servo를 거의 사용하지 않게 되었다. 그러나 수명과 가격적인 면에서 DC servo를 사용하는 곳도 있다. 반면 AC servo는 DC servo와 다르게 brush가 없으며 큰 힘을 필요로 하거나 긴 수명을 요구하는 분야에서 자주 사용되고 있다.

Servo motor에는 DC servo motor와 AC servo motor가 있다. AC servo motor는 다시 구조에 따라 동기기와 유도기로 나눌 수 있다. 직류 전류에서 구동하는 DC servo motor는 초기 개발된 제품으로 1980년대 까지는 servo motor는 DC servo motor를 지칭하는 용어였다. 그러나 microprocessor 등의 발달에 의해 1984년부터 교류 전류로 구동하는 AC servo motor가 등장했고 현재에는 제어의 용이성과 다양한 장점으로 AC servo가 대부분 사용되고 있다. 동기형 AC servo motor를 SM형(synchronous type AC servo motor)혹은 brushless DC servo motor 혹은 영구자석형 AC servo motor(permanent magnet type AC servo motor)라고 한다. 유도기형 AC servo motor는 IM형 servo motor(induction type AC servo motor)라고도 한다[2].



〈그림 2〉 Servo system의 기본 구성

〈그림 2〉는 servo system의 기본 구성을 나타낸 것으로 명령 unit과 제어 구동부 및 motor와 encoder로 구성된다[2].

DC servo motor의 구성은 영구자석, 전기자 coil, brush등으로 구성된다.

(2) Encoder[3]

〈그림 2〉에서 Encoder는 motor shaft 또는 액츄에이터의 위치와 속도 그리고 방향을 결정하기 위해 사용된다. Encoder는 다양한 서보시스템의 사례에서 정밀 제어를 구현하기 위해 필요한 정보를 제공한다. 또한, 위치 제어를 위한 기준 지점을 사용하는 방향 검출(orientation detection) 기능의 특징을 가지고 있다.

엔코더는 모터의 속도 또는 위치를 검출하기 위해 사용하며 광학식, 자기식, 및 용량성식으로 구분할 수 있고 리니어 방식과 회전 방식으로 구분하기도 한다.

산업용 제어에 사용되는 encoder는 sensor의 기능을 하는 것으로 위치 정보를 수집하고, 수집된 정보를 다른 장치에 전달하는 특수 sensor로 볼 수 있다. 엔코더는 광학식, 자기식, 용량성 등 세 가지로 구분할 수 있다.

광학식은 표준형 encoder 중 가장 정밀한 기능을 가지고 있다. 광학식 encoder는 먼지나 진동 등 산업 환경에서 흔히 발생하는 요인에 의해 영향을 받을 수 있으므로 이를 방지하기 위한 추가적인 대책이 필요하다.

자기식 encoder는 광학식 encoder보다 견고하고 먼지 등 환경적인 요인에 대한 내성을 가지므로 오염원등이 있는 환경에서도 적용이 가능하다. 그러나 자기식 encoder는 광학식 encoder 수준의 해상도 혹은 정확성을 달성할 수 없는 단점을 가지고 있다.

용량성 encoder는 산업용 검출 시스템에서 가장 최근에 개발된 기술로 자기식 엔코더와 비슷한 수준의 견고성을 가지는 반면에 해상도는 광학식에 비해 떨어진다.

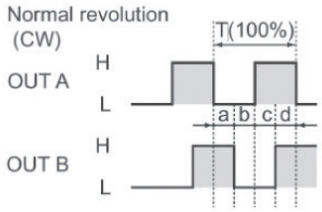
또한 부하양에 따라 Encoder가 감당할 수 있는 부하를 구분하는 용어로, 경량형(light duty)과 중형(medium duty) 그리고 대형(heavy duty)이 있다. 이는 shaft에 적용할 수 있는 부하의 양을 나타낸다. 경량형 encoder는 shaft에 가해지는 힘 중 최대 10N(2.25 lbf)에 달하는 반경 방향 힘만을 지지할 수 있다. 반면 대형 encoder는 shaft에 최대 100N(22.5 lbf)까지의 반경 방향 힘을 지탱할 수 있다. 힘이 증가하면 환경 평가(environmental rating) 역시 향상된다. 경량 encoder는 일반적으로 IP 40 및 IP 50(방진) 등급을 보유하고 있다. 반면 중형 및 대형 encoder들은 대부분 IP 65(방말) 등급만을 가지고 있다.

다음으로 운동(motion) 형태에 따라서 encoder는 linear 및 rotary라는 두 가지 기본 형태가 존재한다. Linear encoder는 특정 경로에 따라 직선 운동의 움직임을 측정하고 rotary encoder는 회전 운동을 하는 물체에 대해 신호를 검출하는 방식이다.

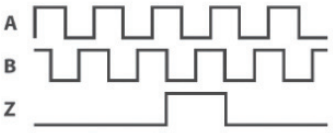
Linear encoder는 일반적으로 scale과, 각 scale 사이의 coding 간격을 읽어 위치를 판독하는 sensor로 구성되며, linear encoder의 해상도는 pulse/거리(pulse/in.: ppi 혹은 pulse/㎜)로 표시한다. Scale엔 sensor부에서 읽어 들이는 읽는 mark가 내장된 일정한 해상도를 갖는다.

Rotary encoder의 해상도는 pulse/회전 (ppr)로 측정된다. Rotary encoder는 일반적으로 내부 code disk 및 rotary 위치를 읽는 데 사용되는 sensor부로 구성되어 있다. Linear encoder가 직선형태인 반면 rotary encoder는 원형의 형태를 띤다.

마지막으로 증분형과 절대형으로 구분하기도 하며 encoder내의 전자장치는 encoder에 적용된 감지기술과 관계없이 움직임을 감지하여 전기 신호로 출력한다. Encoder는 신호 측정 방식에 따라 증분형과 절대형의 두 가지 형태로 구분할 수 있다. 증분형 encoder는 shaft의 상대적인 움직임에 관한 정보를 제공하기 위해 pulse를 판독한다. 증분형 encoder는 전원을 on 될 때의 위치 정보를 갖고 있지 않다. encoder에 전원이 on 되고 shaft가 이동한 거리를 나타낸다. 위치의 변화는 전기 pulse 형태로 전달된다. 증분형 encoder는 숫자 대신에 작은 표시가 되어 있는 직선 자의 형태를 띤다. 따라서, 개체의 이동 거리를 알 수 있는 반면에 기준점이 불명확한 경우 현



〈그림 3〉 출력 timing에 대한 도표



〈그림 4〉 Z plus가 나타내는 timing에 대한 도표

재 어느 지점에 있는지를 판단하기 어렵다. Pulse 흐름은 single channel으로 출력하거나 dual channel으로 출력한다. 〈그림 3〉과 〈그림 4〉는 두 종류의 출력은 on · off 여부에 따라 각 부분마다 네 가지의 서로 다른 상태로 나타난다. 〈그림 4〉는 직각 위상 출력 출력은 90°의 위상 변이로 분리된 encoder 내부에서 광 disk 상의 두 set의 slot 또는 A · B channel을 활용한다. 시계방향으로 회전하는 경우 A가 on 상태로 변화한 후 B가 on 상태로 변화함을 알 수 있다. 〈그림 3〉은 직각 위상 출력에 따른 4가지 상태를 보여준다. 〈그림 4〉에서는 Z plus가 보여주는 timing diagram으로 5 ppr encoder를 예시한 설정값으로 출력 B의 전체 주기 동안 Z plus가 유지 된다. a구획은 A가 off이고 B가 on, b구획은 A가 off이고 B가 off, c구획은 A가 on이고 B가 off, d구획은 A가 on이고 B가 on이다. 따라서, 100 ppr의 해상도를 지닌 직각 위상 encoder는 실제로 encoder가 회전할 때마다 400개의 서로 다른 상태를 생성할 수 있다.

A와 B가 켜지고 꺼지는 pattern은 encoder가 회전하는 방향을 알려주는 기능을 한다. 〈그림 3〉에서, A가 on인 상태에서 시계 방향으로 회전하면 B가 on이 된다. 또, encoder가 반시계방향으로 회전하면, B가 먼저 on으로 켜진 뒤 A가 on이 된다. Encoder는 직각 위상 pattern을 기반으로 방향에 따른 정의를 변경할 수 있다. 특수한 증분형 encoder는 index channel 혹은 Z pulse라 불리는 또 다른 channel을 가지고 있다. 이 channel은 encoder의 회전 당 pulse를 출력한다. 이 channel은 encoder disk가 encoder 내부의 기준 위치를 지나치는 횟수와 timing을 표현할 때 사용하는 channel이다. Z pulse는 counter를 reset할 경우 혹은 매우 정밀한 원점 복귀가 필요한 경우에 사용된다.

증분형 encoder를 feedback 장치로 사용하는 servo drive의 경우 servo drive는 외부 신호에 의해 원점으로 복귀한다. 이 경우 Z pulse를 생성하여 정확한 위치결정을 할 수 있다.

Single turn rotary 절대형 encoder를 사용하는 경우 처음 전원이 on 되면 encoder의 정확한 각(위치)을 알 수 있다. 이 방식은 빠른 속도 또는 간단히 원점복귀 동작을 수행할 수 없는 경우와 같은 산업용 제어 또는 robot 분야에 적용한다. 절대형 encoder는 정확한 위치를 표시할 수 있다. 표준 절대형 encoder는 증분형 encoder의 해상도와 비슷한 정도를 가진다.

단, 고속 pulse steam의 출력과 달리, 절대형 encoder의 출력 값은 2진법 형태를 띤다. 최대 encoder 해상도는 출력선의 2배를 가진다.

절대형 encoder는 disk의 각 위치마다 고유한 2진 값을 가지고 있다. 따라서 전원이 on/off 되는 경우에도 정확한 위치를 파악할 수 있다.

Single turn 절대형 encoder는 전원이 on 된 경우에는 위치를 정확히 알 수 있으나 전원 on 이전의 위치는 알 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 multi turn 절대형 encoder를 사용한다.

Multi turn 절대형 encoder는 대부분 전원이 off된 경우에도 encoder가 얼마나 회전했는지 측정할 수 있다. Multi turn 절대형 encoder는 한 바퀴 회전할 때 마다 증가하는 회전계와 유사하다. 이 방식은 일반적으로 직렬 통신 방식을 활용하며, 해당 위치 정보를 decoding 하는 과정에서 특수한 수신 장치를 필요로 한다. 증분형 encoder는 고속 입력을 필요로 하는 경우가 대부분이며 고속 pulse train을 생성하지 않는 ppr encoder들이 존재 한다. 이와 달리 절대형 encoder는 범용 I/O에 연결되도록 설계된다[3].

Rotary encoder에는 기계적 속도 및 전기적 속도 제한 요소가 있다.

기계적 속도 제한은 encoder에 손상을 초래하지 않고 작동할 수 있는 최대 속도, 즉 각 제품의 고정 rpm을 의미한다. 각 제품군의 encoder가 지닌 전기적 속도 제한은 encoder 내 전자장치의 최대 개폐 속도인 주파수 응답에 의해 정해진다.

전기적 속도 제한은 최대 전기 속도=(최대 주파수 응답/회전당 pulse)×(60초/분)으로 구할 수 있다. 최대 주파수 응답은 각각의 encoder 제품군이 가진 고정 주파수이다. 따라서 최대 주파수 응답은 물리적으로 Off에서 On으로 전환할 수 있는지를 의미한다. 최대 전기 속도가 ppr에 의해 결정되므로 각 encoder마다 서로 다른 최대 전기 속도를 갖는다. 예를 들어, 5000 rpm으로 회전중인 3 ppr encoder는 250 ㎐의 pulse를 생성한다.

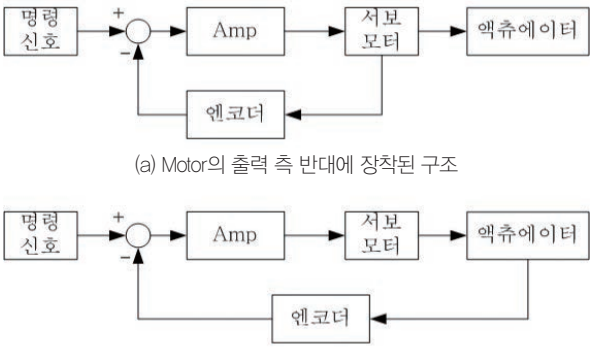
높은 속도 혹은 해상도를 요구하는 경우 encoder의 기계적 및 전기적 속도 제한을 모두 고려해야 한다. 두 속도 중 낮은 것이 encoder가 허용할 수 있는 최대 속도이다. Encoder가 3000 rpm의 최대 기계 속도를 낼 수 있다면 이 encoder가 낼 수 있는 최대 주파수 응답은 약 100 ㎑가 된다. 따라서 전자장치의 속도에 의해encoder가 회전할 수 있는 최대 속도는(100 ㎑/100 ppr)×60 seconds/min = 60000 rpm이다. 이는 encoder의 기계적 제한인 3000 rpm 보다 훨씬 높게 나타난다. 따라서 encoder의 기계적 제한값인 3000 rpm 이상으로 회전해선 안 된다. 범용 DC 입력 카드의 off-on 및 on-off 응답시간은 절대형 encoder의 속도를 encoder의 switch 주파수 이상으로 제한할 수 있다.

(3) Servo motor 제어방법

서보모터의 제어방식은 open loop제어 방식과 closed loop 제어 방식으로 구분할 수 있다[4].

Open loop 방식의 servo motor 시스템은 step motor에 사용하며 구조가 간단하고 안정되어 있으므로 정밀도를 요구하는 motor, 감속기, ball screw 등의 기계정밀도에 영향을 준다. 〈그림 5〉는 open loop 방식의 구조를 나타낸 것이다.

〈그림 5〉 Open loop 방식의 구조



(a) Motor의 출력 측 반대에 장착된 구조

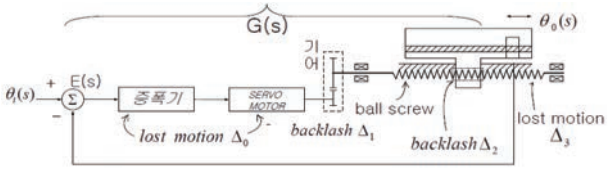
(b) 액츄에이터의 출력 단에 장착된 구조

(c) Ball screw의 끝에 붙어 있는 구조

〈그림 6〉 Semi-closed loop 방식

Semi closed loop 제어 방식은 저가 sensor로 경제성을 고려하여 사용되며 우수한 적용성을 갖는다. 정밀기계에서 대부분이 이 방식을 사용한다. 이 시스템은 기계 system의 특성이 제어 system에 직접 영향을 주지 않으므로 쉽게 안정시킬 수 있는 것이다. 반면에 이송나사의 pitch 오차, backlash가 정밀도에 영향을 주므로 고정도 ball screw, pitch 오차, backlash를 이용하여 해결한다. 〈그림 6〉은 semi-closed loop 방식의 세 가지 예로 엔코더가 장착된 위치를 보여준다.

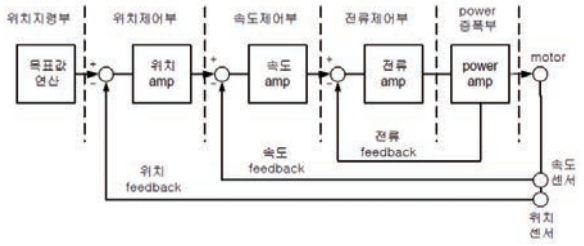
Closed loop 제어 방식은 가장 이상적인 방식이며 초정밀 기계에 적용한다. 이 방식은 기구 끝에 sensor 부착이 어렵고 제어 system 설계가 어렵다. 그리고 servo loop 속에 기계의 본체가 들어가므로 불안정할 수 있다. 따라서 고강성 설계가 필요하다. 〈그림 7〉은 직선 검출기를 table에 붙인 full closed loop 방식이다[5].



〈그림 7〉 Full closed loop 방식의 구조

〈표 1〉 Inverter와 Servo의 차이점[2]

기종 / 항목	범용 inverter	vector inverter	AC servo
출력	100W~280kW	1.5W~250kW	10W~55kW
변속비	1:10~1:20 (~120)	1:1000~1:1500	1:1000~1:5000
속도변동율(%)	3%~4% (Advanced 자속 vector 제어의 경우는 1% 이하)	0.03% (부하변동 0~100%에 대해)	0.03% (부하변동 0~100%에 대해)
주파수 응답	낮음(1~5Hz)	3~50Hz	높은(200~550Hz)
시동정지빈도	약 15회/분	약 100회/분	약 150회/분
위치결정 정밀도	약1~5㎜	약10㎛~100㎛	약1㎛~10㎛
Torque 특성	Torque 일정 (기저 주파수 이상은 torque가 저감)	Torque 일정 (0~정격 회전속도)	Torque 일정 (0~정격 회전속도)
적용 motor	범용 motor (유도전동기)	전용 motor (PLC 부착 motor)	전용 motor



〈그림 8〉 Servo 구동 제어부의 구성

(4) Servo motor 구동 제어

Servo 구동기는 속도/전류 제어부와 power 증폭부를 포함하고 있다. 또한 위치 제어부는 적용기계에 따라 형태가 다르다. 그리고 전류 제어부 이하만 상용화하고 나머지는 모두 컴퓨터 제어회 되고 있다.

서보모터 제어를 위한 구동부는 위치 지령부, 위치 지령부, 속도 제어부 및 전류제어보와 증폭부로 구성된다.

〈그림 8〉은 서보 구동제어부의 구성을 나타낸 것이다.

1) 위치 지령부

Sampling 주기마다 위치지령(이동량) 신호를 출력하는 부분이다.

2) 위치 제어부

정확한 위치 추종, 위치 목표값과 현재값의 편차량을 속도 제어부의 속도지령으로 출력하며 비례제어 algorithm으로 편차량과 속도지령의 관계식에 의해 제어한다.

3) 속도 제어부

속도제어부는 정확한 속도 추종, 속도 목표값과 현재값의 편차량을 전류 제어부에 전류 지령으로 출력, 속도제어 loop의 안전성을 높이고, 고주파 영역의 응답성을 향상시키기 위해 위상 보상을 수행한다. 속도값은 encoder 신호를 미분해서 사용한다.

4) 전류 제어부

정확한 torque 추종, torque 부하 변동의 검출 및 제어 그리고 과전류와 과부하의 검출로 power 증폭부를 보호하고 motor 고주파 응답성이 향상시킨다.

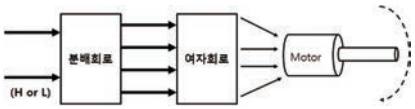
5) Power 증폭부

Motor에 제어부의 출력에 비례하는 전류를 공급하고 전력제어 부품을 이용하여 PWM 회로를 구성한다.

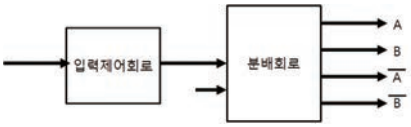
(5) Step motor

Step motor는 서보 모터와 마찬가지로 전력용 반도체의 발전과 더불어 발전하였다. 초기의 스텝모터는 초기에는 스위칭 방식을 이용하였고 집적회로의 실용화와 microprocessor의 개발에 따라 사용이 증가되었으며 또한 유한 요소법과 희토류 자석의 출현으로 step motor의 소형화, 높은 토크화가 이루어지게 되었다.

스텝모터는 PM형과 VR형 및 HB형으로 구분할 수 있으며 산업용으로는 하이브리드형이 유리하다. hybrid형은 VR형과 PM형의 동작원리를 조합한 형태로 2상, 3상, 5상이 있으며 주로 2상을 많이 사용한다. 또한, 높은 성능을 요구할 경우에는 5상을 이용한다[6].



〈그림 9〉 Step motor의 구동 구성도



〈그림10〉 Step motor의 입력제어 회로

(6) Step motor 제어방법

1) Step motor가 구동 system

Step motor의 구동 system에는 open loop 방식과 closed loop 방식이 있다[4].

〈그림 9〉는 4상 step motor의 가장 간단한 구동 system 구성도이다. Step 지령이 high, low로 분배회로에 인가되면 명령 방향에 따라 motor가 회전하도록 여자회로를 제어한다.

〈그림 10〉은 입력제어회로로서 microprocessor를 이용한 motor를 가속, 정속, 감속하는 회로이다. 입력제어회로에서는 plus 열을 발생한다.

2) Step motor의 여자 방식

Motor와 분배회로를 결합하는 여자회로 방식에는 1상 여자, 2상 여자, 1-2상 여자로 구분한다. 각각의 특성은 다음과 같다.

① 1상 여자

1상 여자방식은 항상 1개의 상이 여자 되면서 운전되는 방식으로 VR형의 3상과 4상 motor 및 2상 hybrid step motor에서 여자 sequence는 〈그림 11〉 같이 나타낼 수 있다.

Clock	R	1	2	3	4	5	6	7	8
1상	■			■			■		
2상		■			■			■	
3상			■			■			■

(a) VR형 3상 step motor

Clock	R	1	2	3	4	5	6	7	8
1상	■				■				■
2상		■				■			
3상			■				■		
4상				■				■	

(b) VR형 4상 hybrid 2상 step motor

〈그림11〉 1상 여자 sequence

스텝모터의 제어방식은 1상여자방식과 2상 여자방식 및 1-2상 여자방식을 사용한다.

② 2상 여자

항상 2개의 상이 여자 되면서 운전하는 방식을 2상 여자 방식이라 한다. 이 여자 방식은 〈그림 12〉와 같다. Rotor 치와 stater 치가 1상 여자의 경우와 같이 일치하기 않고 출력 torque가 크며 진동을 감쇠시킨다. 그리고 넓은 주파수 범위에서 step motor를 구동시킬 수 있다.

Clock	R	1	2	3	4	5	6	7	8
1상	■			■			■		
2상		■			■			■	
3상			■			■			■

(a) VR형 3상 step motor

Clock	R	1	2	3	4	5	6	7	8
1상	■				■				■
2상		■				■			
3상			■				■		
4상				■				■	

(b) VR형 4상 hybrid 2상 step motor

〈그림 12〉 2상 여자 sequence

Clock	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1상	■	■					■	■			
2상		■	■	■				■	■	■	
3상				■	■	■				■	■

(a) VR형 3상 step motor

Clock	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1상	■	■						■	■	■				
2상		■	■	■						■	■	■		
3상				■	■	■	■					■	■	■
4상						■	■	■						■

(b) VR형 4상 hybrid 2상 step motor

〈그림 13〉 Step motor에서 1-2상 여자 sequence

1상 여자와 2상 여자 운전의 특성상의 가장 큰 차이점은 단위 step 응답의 과도 현상에 있으며 2상 여자 운전에서는 1상 여자 운전보다 진동의 감쇠가 빠르며 2상의 전자 유도에 의하여 형성되는 폐회로에 의하여 진동이 감쇠된다.

③ 1-2상 여자

1상 여자와 2상 여자의 조합에 의한 여자 방식을 1-2상 여자 혹은 half-step 여자 방식이라고 하며 logic sequence는 〈그림 13〉과 같다. 이 방식은 step motor의

각을 1/2로 줄이며 이에 따른 step motor의 부드러운 운전이 가능하다.

Ⅲ. 해외 기술 및 시장동향

(1) Servo motor용 감속기 기술 동향

Servo motor용 감속기는 산업용 robot이나 반도체 제조 장치, 공작기계 등에 사용되고 있다. 일본 경제 산업성의 생산 동태 통계에 따르면 servo motor의 2008년도 생산 대수는 약 355만대, 2009년에는 침체기였으며 2010년도에 410만대가 생산되었다. 2011년에는 2010년과 비슷한 수준을 유지하였다[7].

servo motor용 감속기는 기계의 시동 정지나 가속 감속을 실시하는 기술이다. Linear motor 등도 있는 한편 감속기 제조사는 backlash가 없는 고속, 고정밀도, 고효율, 정확한 위치 결정을 위한 새로운 기술개발을 진행시키고 있다.

Servo motor용 감속기는 robot 주변기기나 액정, 반도체 제조 장치, 물류 반송 system, FA 관련 기기, 인쇄기계, 공작기계 주변기기, 금속 가공기기 등에 사용되고 있다. 큰 장치를 운전하거나 정지할 때 매우 큰 관성이 발생하고 움직임이 빨라지면 관성의 힘도 증가하므로 servo motor에 감속기를 장착함으로써 servo motor에 걸리는 관성력을 작게 할 수 있어 작은 servo motor로도 큰 장치의 빠른 움직임에 대응할 수 있다. 그리고 무거운 물건을 운반하는 경우 servo motor의 출력 토크에 의지하면 큰 size가 필요하게 되지만 감속기를 장착함으로써 servo motor의 size를 축소할 수 있다.

Servo motor는 저속이 되면 회전 낭비에 의한 진동이 발생하지만 감속기를 장착함으로써 motor 회전수에 대한 감속비를 높게 설정할 수 있다. 따라서 servo motor의 회전 낭비에 의한 진동이 가장 낮은 회전 영역을 사용하여 저속에서도 원활한 운전을 얻을 수 있다.

〈표 2〉 주요국가의 로봇 가동대수

국가	중국 (2014년)	일본 (2015년)	한국 (2015년)
대수(만대)	15	30	20

최근 서보모터는 저소음화, 고효율화, 경량화 및 compact화, 저가격화가 요구되고 있다. Servo motor용 감속기의 경우 중국에서는 servo motor용 감속기의 수요가 섬유 기계나 인쇄 기계 제조사 전용 판매도 성장하고 있다.

Servo motor용 감속기의 조합으로서 대표적인 제품에 robot을 들 수 있다. Robot 산업에 있어서의 일본의 기술력은 세계적인 수준을 가지고 있으나 최근 중국과 국내의 기술 수준도 매우 높은 수준까지 도달해 있다. 〈표 2〉는 중국과 일본 및 한국의 로봇 가동수를 나타낸 것이다[8].

또한 감속기도 향후 존재감을 높일 것으로 예상된다. 감속기는 robot의 간접부에 사용되는 필수 기술이다. 이 분야에서는 일본의 제조사가 압도적인 시장점유율을 가지고 있고 세계 시장에서 활약하고 있다. 최근 생활 지원이나 재활 지원이라는 복지 분야에 대기업, 중소기업, 벤처 등이 잇달아 사업 참여를 하고 있다.

향후 산업용 robot에 한정되지 않고 재활, 사회 복귀 요법, 그리고 빌딩의 청소나 유지보수 등의 분야에서도 robot의 필요성이 급속히 높아질 것이다. 이러한 로봇의 경향에서 중요한 것은 저소음, 고효율, 경량 compact, 저가격화등이다. 이것에 대응하기 위해서 servo motor용 감속기의 수요가 더욱 증가할 것이다.

기계에 이용되는 나사, 톱니바퀴 등 서로 맞물려 운동하는 기계요소에 있어서 어느 방향으로 회전하고 있던 것을 반대 방향으로 회전시켰을 때 치수 차이나 충격이 생길 수 있다. 소형 밀링머신등 공작기계의 경우 공작기계가 가지는 backlash를 고려하여 치수 조정을 하며 backlash는 진동이나 소음 발생 및 기계 수명을 저하시키는 원인이 된다[8].

(2) Mechatronics 부품의 기술과 세계 시장 현황

일본의 경우 메카트로닉스 부품시장동향을 살펴보면 2013년 mechatronics 부품 시장은 2012년 대비 8.4% 증가한 1조 2,674억 엔을 기록하였으며 이는 일본 엔화 약세와 아시아 국가들의 제조 설비 투자 확대에 따른 결과이다[9].

2014년에는 2013년 대비 12.6% 증가할 것으로 전망

하였다.

AC servo motor driver 분야를 보면 2013년 AC servo motor 시장은 2013년 하반기 이후 smart phone 관련 생산 설비 투자가 급속히 증가됨으로 인해, 주력 용도인 공작 기계, 산업용 robot, 반도체 및 액정 제조 장치용을 중심으로 확대되고, 전년 대비 13.2% 증가한 1,443억 엔을 기록하였다.

2014년 자동차 관련 생산 라인용 robot, 공작 기계의 수요는 계속 증가 추세였으며 중국을 중심으로 한 smart phone관련 중국 로컬 set 장비 제조업체의 수요 확대 등으로 전년 대비 31.1% 증가한 1,892억 엔이 전망된다. 그러나 smart phone, tablet PC 등의 시장 전망을 불안정하게 파악한 제조사가 많은 식품 포장 기계, 위생 생산 라인, 의료 기기 등 응용 프로그램 확대에 대한 열기가 점차 강화되고 있다.

2015년 산업용 모터 시장에서 서보 모터는 469만대(전년대비 105.0%)의 시장으로 예측하고 있다.[10]

자동화를 위한 모터의 시장동향은 자동차 산업과 공작기계용을 중심으로 증가하고 있으며 소형 모터 시장은 스마트폰등의 스마트 기기의 보급에 따라 증가추세에 있다.

앞으로도 고객 단가 상승, servo 제품의 부가가치 향상 및 차별화를 도모하기 위해 일부 업체에서는 제품 라인업 확충이 진행된다. 한편 부품의 현지 조달을 도모하고 중국 시장에서 요구 가격대에 맞춘 보급형 제품이 출시되는 등, AC servo motor뿐만 아니라 중국을 중심으로 한 해외 판매 구성비가 높아질 것으로 예측된다.

범용 inverter의 경우 Fan, pump, 압축기 등의 공조 및 위생 관련 elevator, conveyer 등의 반송 장치 관련, 섬유 기계, 금속 가공 기계 등을 비롯한 일반 산업 기계용이 주체가 되고 있다.

2013년은 엔화 약세의 영향을 받아 해외 시장이 크게 확대되어 전년 대비 17.6% 증가한 1,785억 엔을 기록하였다. 일본 국내 업체의 해외 생산 이전도 진행되고 있어 국내 판매 비율은 감소하고 있다.

2014년에는 증세 이전 갑작스런 수요가 컸던 전년 대비 10.7 % 증가한 1,976 억 엔이 전망된다. 또한 2015년 4월부터 일본 의 경우 고효율 motor 규제의 실시에 따라 inverter 단체가 아닌 IE3과 PM motor와 set 제안이 본격화하고 있으며, PM motor를 포함한 고효율 motor로의 전환이 진행되는 것 외에 고조파 대책으로 inverter 수요도 국내외를 불문하고 해마다 높아질 것으로 예상된다[11].

Ⅳ. 결 론

최근 글로벌 산업 생산라인은 점차 생산성 증대와 효율 향상을 목표로 꾸준히 더욱 고기능성의 자동화를 요구하고 있다. 특히 공작기계 등에서는 고 정밀, 고속 응답 및 고속의 가변속 전동 제어 system을 요구하고 있다. 이에 따라 자동화 업계에는 고성능 servo motor/drive가 필수 사항이 되고 있다.

이러한 경향에 대응하기 위하여 관련업계는 encoder의 기술개발에 적극적인 투자를 진행하고 있으며, 고정밀화 및 고분해능의 추세를 따르고 있다.

과거 servo system이 motor, drive, encoder를 생산하는 업체가 각각의 특성을 가진 제품을 개발하여 조합하는 것이었다면 최근에는 이들 제품군을 하나로 묶어 solution으로 제작하는 것이 추세이다. 이는 업계에 진행되고 있는 치열한 가격 경쟁력에서 우위를 확보하기 위한 원가절감의 차원이기도 하며, 다른 분야와 마찬가지로 '통합화'가 추세이다.

또한, 현재 servo system 분야에서도 타 분야와 마찬가지로 생산성 향상을 위한 network의 도입이다. 업계는 통신형 servo의 점유율 변화가 뚜렷해지고 있으며 EtherCAT 기반의 rotary 및 linear servo 개발이 관련업계의 경향이다. 기존 pulse 방식에서 network로의 전환이 이루어지고 있으며 따라서 제어기가 필요없는 servo system의 보급으로 이어지고 있다.[12]

network가 급부상함에 따라 업계는 무선 network의 적용도 고려하고 있으며, 통신의 여부에 따라 제품의 성능 평가도 달라지는 정도로 network 통신의 중요성이 강조되고 있다.

또다른 경향으로는 정밀 제어, network화, 고속응답, 고출력화 등을 들 수 있다.[13]

서보 드라이버 관점에서는 저 노이즈와 낮은 유해물질 및 사용자 편의를 도모하는 튜닝기능과 EMI 억제 기능 자동인식 기술 확대를 통한 기술 개발이 이루어질 것이다.

또한 국내 서보시장은 일본과 유럽등의 수입시장에 선도하고 있으며 국내 기업들의 경쟁력 강화를 위한 R&D에 많은 투자가 이러어져야 하며 대기업 중심에서 다양한 기업들의 개발과 지원이 필요하며 이를 통해서 서보산업의 발전에 기여할 것이다.

참고문헌

[1] 최철, 산업용 servo motor의 기술동향 및 설계 요소, 한국생산제조system학회지 19(2), 2010.4, 147-156

[2] 미쯔비시코리아, 서보모터 자료집 (kr.mitsubishielectric.com)

[3] Joe Kimbrell, Automation Direct motor 및 동작(www.msdkr.com)

[5] 반송장치 등의 횡방향 이동에 사용되는 평형축 감속기, 치차 감속기 , mirian.kisti.re.kr

[6] 하근수, Step motor의 구동 및 제어회로, 전자부품 연구원 정밀기계연구센터

[7] 일본 서보 모터용 감속기 기술동향, 경기과학기술진흥원(www.gstep.re.kr)

[8] 일본 산업용 로봇 차별화 전략 사례가 미치는 세계 로봇 시장의 변화, (motioncontrol.co.kr), 2015.9

[9] 富士経済, 메카트로닉스 부품 세계 시장 현황, KISTI 미리안 ' 글로벌 동향 브리핑', 2015.1

[10] 야노경제연구소, 산업용 모터 시장에 관한 조사 결과, 2014

[11] 세계모터 시장의 현황과 전망, (motioncontrol.co.kr)

[12] 이서윤, servo system, network 적용으로 생산성 향상, FA Journal, 2015, 2, 6

[13] 하이젠모터 'servo system 구성요소에 따른 기술 동향' 보고서

반기종

- 2006년 8월 건국대학교 전기공학과 박사 졸업
- 2006년 7월~2007년 6월 고성산업(주) 전기설계팀 팀장
- 2007년 7월~2008년 2월 PSD Tech.(주) 부설연구소 책임연구원
- 2008년 3월~현재 부천대학교 전자과

김상용

- 1999년 2월 중앙대학교 공과 대학 대학원 (공학박사)
- 2008년 2월~현재 한국폴리텍대학 청주캠퍼스 반도체 시스템과 교수
- 1997년 11월~2007년 12월 동부하이텍 반도체 공정기술팀
- 1990년 1월~1997년 10월 SK하이닉스 반도체 연구소