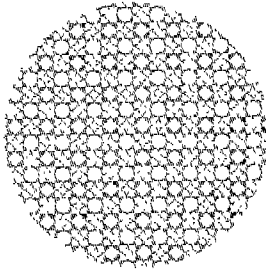


制御系統 駆動用 小型電動機の活用技術

(上)

Application Technology for Small Electric Motors in Control System



李 承 院

서울대학교 工科大学 教授

I. 序 論

1. 情報産業時代の 到來

석탄과 증기기관 즉 화석연료의 화학에너지를 열 에너지로 변환하고 이것을 또 다시 기계 에너지로 변환하는 변환기술과 그 이용 기술은 생산 수단에 큰 변화를 초래하여 산업 형태를 생산성이 낮은 수공업으로부터 기계공업으로 인류 역사를 농업시대로부터 공업시대로 바꾸는 원동력이 되었다. 그 후 공업사회가 오늘날과 같은 고도의 과학 기술사회로 발달된 것은 9세기 초부터 현재까지 발달한 전기 에너지 관련 기술의 발달에 기인된 것이라고 해도 과언이 아니다. 열 에너지라든가 기계에너지의 이용은 원래 인류가 자연 중에서 경험에 의해서 터득한 소위 경험 기술에 의해서 이룩된 것이나 전기에너지의 이용은 경험에 의해서 터득한 것이 아니라 “트레상스” 이래 발달한 근대 과학에 의해서 탐구된 학문 발전에 기인된 것이다. 즉 전기에 관련된 일련의 과학적 제법칙을 기반으로 해서 발달된 전기 기술을 개발전기를 광범위하게 이용할 수 있게 함으로써 고도 공업사회화된 것이다.

그러던 중 전기 에너지의 특징의 하나인 제어의 용이성, 정밀성, 신속성은 전기에너지를 신호화해서 사용할 수 있는 분야를 탄생시키기에 이르러 통신기술, 전자기술, 전자계산기 기술등 소위 첨단기술분야를 탄생 시키기에 이르렀다. 즉 전기 기술은 에너지의 양적 이용에 의한 생산활동에서부터 정보처리등 인간의 지적활동을 확대 또는 대신하는 범위에까지 넓혀 그들의 목적달성을 위해 취해야 할 최적행동 기준을 제공해 주는 소위 정보산업 시대를 도래케하고 있다.

상술한 정보산업 시대에서는 인간은 능률적 생산활동으로 말미암아 경제적으로 크게 발전해 현공업사회보다 비약적으로 많은 물자를 소비하게 될 것이다. 따라서 그 생산시스템은 거대화, 복잡화 되어 갈 것이다. 또 인간은 생산활동에 있어서 지적으로나 육체적으로 해방되기를 원할 것이다. 이 경우에 필요한 것이 제어 기술인 것이다. 정보산업이 인간의 지적활동의 최적치를 제공하는데 비해 제어기술은 생산시스템의 최적수단을 뒷받침한다.

따라서 제어기술은 크게 발전할 것이고 이 시스

템의 구동장치로서 많은 가지각색의 소형 전동기가 이용될 것이다.

2. 制御系統에 있어서의 小型電動機의 役割

전기화 바와 같이 현재도 그렇지만 앞으로 다가 올 정보 산업시대에 있어서는 모든 생산 시스템은 완전히 자동화 될 것이 틀림없다. 따라서 정보화시대에 돌입하고 있는 현 시점에 있어서의 자동 제어 시스템의 구동장치로 전동기의 활동상황을 살펴보는 것은 큰 의의가 있다고 보겠다.

공장자동화에 있어서 제어용 전동기는 산업용 로보트, 공장기계, 자동운반장치등에 사용되기 시작하고 있으며 이는 앞으로 크게 신장할 것이 예견된다. 생산시설이 계통화되고 복잡화되면 될수록 구동장치는 신속 정밀하게 동작해야 하는데 이에 는 전동기가 최적구동 장치인 것이다.

제어용 전동기로서 현재 개발되고 있는 것은 A.C 서어보 모터, D.C 서어보 모터, 스텝모터, 동기모터, 토오크 모터등 그 종류가 대단히 많다. 이들은 다 그 특징이 상이하므로 이를 적재 적소에 선별 사용해야함은 물론이다.

즉 출력, 과부하 내력, 고속운전, 제어범위, 과도응답속도, 제어정도, 토오크 발생의 원활성, 신뢰도, 효율, 부수의 난이도, 진동, 잡음 가격, 형상등을 검토해서 적절하게 사용해야 한다.

제어방법에 있어서도 마이크로 컴퓨터, 사이리스터 컨버터가 사용되기 시작했으며 특히 마이크로 컴퓨터와 P.W.M 인버터의 등장은 전류 주파수를 정확하게 제어할 수 있어 구동장치의 동작을 더욱 정확, 신속, 용이하게 할 수 있게 되었다. 이와같이 새로운 제어기술을 잘 아는 것도 이 부문 기술의 중요 부분인 것이다.

본 고에서는 이런 부문에 초점을 맞추어 제어용 모터의 이용기술, 주변장치, 마이크로 컴퓨터에 의한 제어기술등을 중심으로 제어용 전동기의 활용에 대해서 검토해 보았다.

II. 小型制御用모터

산업용 로보트, NC공작기계등의 위치 제어에 사

용되는 서어보 모터는 주로 영구자석 고정자의 직류 서어보 모터가 주류를 이루고 있다. 그외에 유도 서어보 모터 및 브러쉬레스 서어보 모터가 증가해 가는 추세에 있다. 즉 영구자석 고정자의 직류 서어보 모터중 코어레스 모터는 효율이 높기 때문에 동일 출력의 경우 소형 경량으로 할 수가 있어 안정성, 속응성, 직선성, 제동성, 민감성, 활동성, 구동성이 우수해진다. 그러나 효율, 속응성은 조금 떨어진다. 효율면에서 이들 모터를 비교해 볼 것 같으면 같은 공극자속밀도 동일 고정자의 경우 유도모터보다 브러쉬레스 모터가 효율이 높다. 그리고 이 경우의 브러쉬레스 모터와 공극자속밀도가 같은 영구자석고정자의 직류 모터와를 비교하면 보면 직류 서어보모터가 효율이 높다. 단 직류 모터의 회전자 권선의 총 단면적이 브러쉬레스 모터의 반 이상인 경우에 한한다. 그 이유는 브러쉬레스 전동기는 회전자계를 고정자 권선에 의해서 발생시키는데 비해서 직류 모터에서는 회전자권선에서 브러쉬와 전류자에 의해서 정지 자계를 발생시킨다. 그래서 브러쉬레스 모터의 고정자 권선의 반단면적을 호르는 전류로써 같은 회전력을 발생시키기 때문이다. 따라서 동일 속도의 경우 직류 모터는 브러쉬레스 전동기의 도체 단면적의 절반으로써 같은 출력을 낼 수 있고손실뿐만 아니라 효율도 같다.

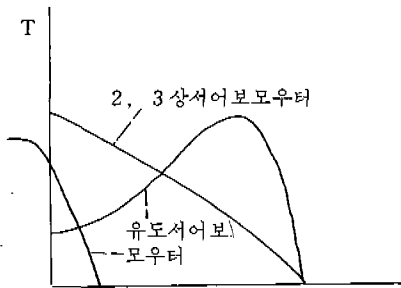
이것은 물론 브러쉬에 따른 마찰손, 철손, 트랜지스터 손을 무시한 경우이다. 다음에 속응성에 관해서는 양모터가 다 회전자를 가늘고 길게 만들고 있기 때문에 공극 자속 밀도가 같은 경우 전류를 크게할 수 있는 쪽이 유리하다. (물론 동손이 같아야 한다)

따라서 회전자 외경에 비해서 고정자 외경이 비교적 작은 경우 즉 회전자계형 모터는 고정자권선 도체의 단면적을 크게할 수가 없다. 따라서 회전자 권선이 작은 코어레스 모터가 유리하다. 그 다음이 브러쉬레스 모터, 유도모터의 순이 된다. 그러나 회전자 외경에 비해서 고정자 외경이 큰 모터에 있어서 토오크를 크게 하려면 전류를 크게해야 하는데 유도모터나 직류모터는 회전자가 적기 때문에 동량을 많게할 수가 없어 불리하다. 그래서 브러쉬레스 모터가 가장 유리하고 그 다음이 직류모터 다음이 유도 모터 순이 된다.

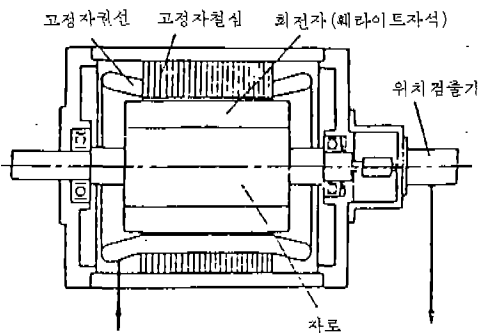
다음에 영구 자석 스텝 모터는 브러쉬레스 모터와 구조는 비슷하나 토오크 각이 최적치인 $\frac{\pi}{2}$ 가 안될뿐 아니라 구동력도 고조파를 포함하기 때문에 브러쉬레스 모터보다 조금 떨어진다.

다음에 브러쉬레스 모터와 유도 모터를 비교해 보기로 한다.

공극 자속 밀도가 같을 경우에는 물론 효율과 속응성 면에서 브러쉬레스 모터 쪽이 우수하다. 그러나 영구자석이 비싸기 때문에 가격면에서도 유도 모터쪽이 유리하다. 그러나 영구자석이 많이 개발되어 가격이 낮아지는 추세에 있으므로 앞으로는 이 면에서도 그리 차이가 나지 않을 것으로 추정된다.



〈그림-1〉 유도서어보 모터의 특성



〈그림-2〉 브러쉬리스 서어보 모터

현재의 상황에서 Ba 또는 Sr 체라이트 코어를 사용한 브러쉬레스 모터와 유도모터를 비교해 보면 이 코어의 자속 밀도의 한계치가 4kg 정도이기 때문에 토오크도 이에 의해서 한계치가 있을 것이다. 이에 비해 유도모터에서는 8kg까지 할 수 있으나 동손을 같게할 경우, 여자전류 때문에 유효전류는 브러쉬레스 모터의 $1/\sqrt{2}$ 로 해야함과 회전

력각의 감소분 $1/\sqrt{2}$ 을 곱한 값인 $1/2$ 을 곱해보면 회전력은 8/2kg에 비해하게 되어 결국 4kg의 브러쉬레스 모터의 경우와 같게 된다. 그리고 속응성에 있어서는 체라이트 자석의 비중이 작기 때문에 브러쉬레스 모터 쪽이 유리하다.

즉 브러쉬레스 모터는 유도 모터보다 철손구동회로손을 무시할 경우 효율과 속응성 면에서 우세함을 알 수 있다.

Ⅲ. 小型電動機의 制御方式

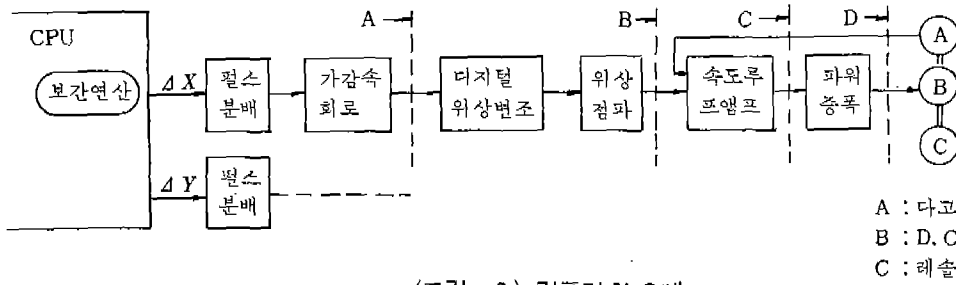
마이크로 컴퓨터의 개발에 의하여 N.C 공장 기계의 제어에 마이크로 컴퓨터가 가장 먼저 적용되었다. 이는 N.C 기계가 고가이기 때문에 마이크로 가격이 기계전체에 미치는 영향이 적고 그에 의한 제어의 고성능화가 그 가격 상승을 보충하고도 남기 때문이라고 생각된다.

이 마이크로 컴퓨터의 도입은 초기에는 그림 3의 좌측과 같이 外側에만 적용 즉 보간 연산, 시이퀀스 제어, 표시등에만 적용 되었는데 현재는 마이크로 컴퓨터의 연산속도의 상승에 의해 서브 루우프내의 연산처리까지 할 수 있게 되었다.

그림 3의 파선B의 좌측이 이것으로 위치 제어부의 비교 연산부이며 파선D의 C의 좌측이 속도, D의 좌측이 구동부의 연산부이다. 이와같이 서브 루우프에까지 마이크로 컴퓨터에 의해 처리가 되고 있다.

이와 같이 조절부에 있어서의 비례(P), 적분(I) 미분(D)의 계산, 캠핑 루우프의 속도 비례 연산, 전류 루우프의 전류 비례 연산, 직류 서어보 모터에 있어서의 SCR 구동부의 직류 전압 대도통 개시 위상각 특성의 비선 형성을 선형화하기 위한 보상 연산, 직류단자전압 대직류 전류의 비선형성을 선형화 하기 위한 보상연산, 그리고 브러쉬레스 모터의 경우에 있어서의 2상 또는 3상 정현파의 작성 펄스 진폭화 정현파 또는 펄스 정현파의 진폭 및 폭의 작성 유도 서어보 모터에 있어서는 인버터의 출력 전류 및 주파수의 연산, 1차치 기능을 보상하기 위한 보상 연상등을 행하게 하고 있다.

그리고 이상과 같이 마이크로 컴퓨터를 사용함에 의해서 하드웨어가 간결화, 저렴화, 안정화가 되고 신뢰도가 향상된다. 이상과 같이 많은 이점이



〈그림-3〉 컴퓨터 N.C 계

있기 때문에 전자루우프에의 의존도가 높아지고 있다.

일례로 전류원 구동의 경우를 생각해 볼 것 같으면 직류 모터의 토오크대 속도 특성이 수하성인 경우의 제동정수는 내부 저항이 0인 전원 쉬위 전압원에 의한 구동에 의해서 얻어진다. 이 제동정수는 모터전체의 안정성의 판정기준 또는 위치 써어보끼에에 있어서의 제동 기능을 발휘하는 전으로서 평가되고 있다. 이 값을 정의 큰 값으로 하기 위해서 2상 또는 3상 써어보 모터에서는 효율을 희생시키더라도 회전자 저항을 크게 한다.

그러나 고속응성이 요구될 경우에는 직류 써어보 모터의 전자자력선의 시정수가 문제시 되기 때문에 전류원에 의한 구동방식을 채택하여 시정수의 영향을 없애고 있다. 이 경우 제동 정수의 저하는 속도를 검출, 부귀환 시키는 전자루우프를 사용하여 얻어지는 등가적 제동 정수에 의존한다.

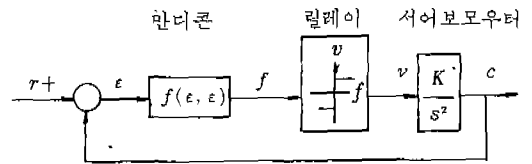
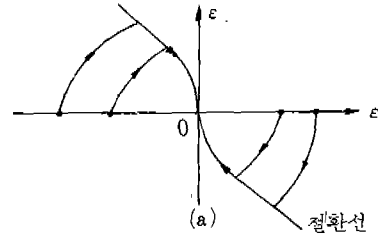
이 루우프가 뎀핑 루우프이며 전류원 구동을 위한 루우프가 전류 루우프인 것이다. 실제로는 증폭기 출력전압이 포화되기 때문에 등가 내부저항이 무한대인 이상 전류원은 못된다. 이 점 주의를 요한다.

즉 전류지령을 스텝적으로 주었을 때 권선에 인덕턴스가 있기 때문에 스텝전류가 되게 하기 위해서는 초기전압을 무한대로 해야한다.

그런데 이는 불가능하기 때문에 전류를 완전히 수직적으로 증가시키지는 못한다. 마이크로 컴퓨터에 의한 제어에 있어 상기한 바와 같은 특징외에서 써어보계의 제어 성능을 크게 향상시킬 수가 있다. 즉 비선형성을 보상해서 선형화 함에 의해 전동장 범위에 있어 최적상태를 유지시킬 수가 있다. 또 부하 기타외부조건이 변화하더라도 그 변화를 감지적응제어가 가능하다. 그리고 선형 제어계에 있어서

는 응답에 한계가 있는데 이를 비선형성을 이용, 응답을 최적시간에 종식시키도록 할 수가 있다.

즉 비선형 최적제어가 가능하다.



〈그림-4〉 비선형 최적제어계

이상과 같이 급후는 직용 제어, 비선형 최적제어 또는 하는 경우가 많아져 가고 있다.

IV. 小型電動機의 利用分野

(1) OA 機器

컴퓨터의 발달 보급에 따라 사무 자동화기기의 수요가 크게 증가하고 있다. 즉 라인 프린터, 자기카세트 테이프장치, 자기 디스크장치, 자기드럼, 풀로피 디스크장치, 디지털플로터, 팩시밀리, 복사기텔레 타입프 장치, 테이프 리더, 편차들이다.

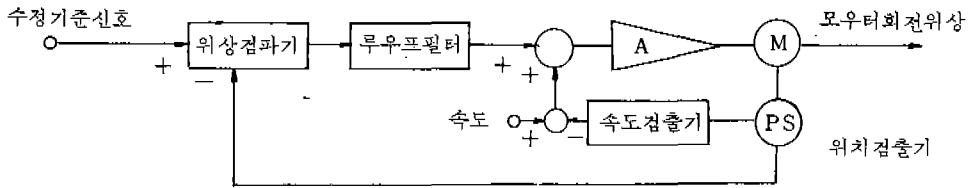
이들중 고속 써어보용으로는 직류써어보 모터가 간이 써어보용으로는 스텝모터가 사용되고 있다. 또 프린터나 팩시밀리등 일정 송지용으로서는 스텝모터가 사용된다. 그러나 비교적 고속

으로서 정속 정스트로우크의 경우에는 직류 서어보
모우터로 위치 제어제를 구성해 놓고 그 지령치를
일정 속도로 변화시킴으로써 정속도를 얻는 방법이
채택되고 있다. 그리고 스트로우크가 진 위치 결정
서어보계에서는 디지털제어가 유리하고 짧은 스트
로크의 위치 결정에 있어서는 아날로그 제어가, 유
리하다. 그래서 최저에는 디지털제어를 하며 대체
적인 위치가 결정된 다음에 아나로그 제어로 바꾸
는 디지털아날로그 병용제어가 사용되고 있다. 이

와 같은 예로서 자기헤드 및 활자헤드가 있다.

(2) 오디오 및 비디오機器

테이프리코더, 리코드 플레이어 등의 오디오 기
기 및 V.T.R., 비디오 디스크등 비디오 기기로서
지결구동 방식은 크리스탈록크화, 완전 페루우프화
의 경우가 증가되고 있고, 동시에 신뢰성을 향상시
키고도 제어성능을 좋게하기 위해서 브러쉬 레소모
우터를 많이 사용하고 있다.



〈그림-5〉 크리스탈록 서어보계

(3) 寫眞機分野

자동노출, 자동거리, 필름말기, 사진현상등을 자
동화하는 경향이 증가하고 있는데 이 경우 채택되
고 있는 서어보계로서는 종래 널리 사용되고 있는
전압비교방식 즉 목표 위치의 정보를 전압으로 바
꾸어 비교하는 방식으로부터 목표 위치의 정보를
위상변조로 하는 방식이 증가하고 있다.

(4) 家電機器分野

선풍기, 냉장고, 전기세탁기, 냉·난방기에는 유
도 모우터가 주로 사용되고 있으나 최근에는 효율
향상을 위해 브러쉬리스 모우터가 사용되기 시작하
고 있다. 이것은 고성능 고평구자석이 저렴하게 생
산되기 때문으로서 앞으로 계속 증가해 갈 것이 예
상된다.

이것은 모우터의 토크 발생기능이 전자력에 의
한 것인데, 이 전자력은 거의 완벽한 상태에 도달
되고 있기 때문이다. 이 현상은 앞으로도 계속 유
지될 것이라고 생각된다.

이 자기력에 의한 토크를 거시적으로 볼 것 같
으면 전자토크, 리액턴스 토크, 히스테리시스
토크, 유도 토크 및 전류 토크로 구분된다.

이와같은 자기토크를 발생하게 하는 새로운 방
법이 고안될 가능성은 충분히 존재한다고 본다. 그
리고 자기토크를 몇가지 복합적으로 작용하게 함
으로써 새로운 전동기가 탄생할 여지도 충분히 있
다.

〈다음호에 계속〉

V. 小型모우터의 未來

(1) 磁氣토크

현재 소형 전동기는 마이크로 컴퓨터의 도입에
의해, 그 구동, 제어기술이 크게 진보되어 제어 계
통에서 큰 역할을 담당하고 있다. 그러나 모우터자
체에는 그리 큰 발전이 없다.