

# 마이크로프로세서에 의한 전동기의 효율향상

洪 淳 瓚  
(檀國大 工大 教授)

### ■ 차 례 ■

- 1. 서론
  - 2. 마이크로프로세서의 응용
  - 3. 직류전동기의 효율향상
  - 4. 유도전동기의 효율향상
  - 5. 결 론
- 참고문헌

## 1 서론

지난 1973년의 석유위기 이래 에너지의 값이 폭등하였음에도 불구하고 현대의 산업구조에서 필요한 에너지는 해마다 증가하고 있다. 그러므로 에너지의 해외 의존도가 75% 이상이<sup>1)</sup> 되는 우리나라의 경우에는 국가적 차원에서 에너지 문제에 대처하여야만 한다. 에너지중에서도 전기에너지는 가장 많이 사용되고 있으나 변환손실과 송배전손실로 전력이용율이 30%에 지나지 않는다. 그러므로 1차 에너지의 가격상승과 이러한 이용율을 고려할 때 전기에너지의 절약은 다른 어떤 분야에서의 에너지 절약보다 중요하다고 할 수 있다. 일반적으로 산업체에서 소모되는 전기에너지의 60% 이상이 전동기의 구동에 소모되고 있다.<sup>2)</sup> 따라서 에너지가 절감되는 전동기의 제작이나 운전이 절실히 요구된다.

전동력설비에서 에너지를 절감할 수 있는 방법은 대략 다음과 같이 세가지로 나눌 수 있다.

첫째 방법은 적절한 용량의 전동기를 선택하여 효과적으로 운용하는 방법이다. 이 방법은 부하율을 고려하여 적절한 정격을 가진 전동기를 선택한 다음 역률을 개선하거나 시간에 따른 적절한 부하 배분으로 전동기의 이용율을 높이는 방법이다.

둘째 방법은 고효율전동기를 사용하는 방법이다. 종래에는 전동기의 제작에 있어 소형화를 추

구하여 단위중량당의 출력증가와 낮은 가격을 중점적으로 고려하여 전동기를 제작하였으나 이제는 효율을 향상시킨 고효율전동기가 제작되고 있다. 이 전동기는 재질이 고급인 철심을 많이 사용하여 제작하게 되므로 사용재료가 증가하고 가격이 비싸질 수 밖에 없다. 그러나 초기투자가 비싼 반면 효율향상으로 인한 전력요금 절감으로 설치투자비를 만회하도록 하여 투자효과를 얻을 수 있도록 한다. 현재 200 Hp 정도의 전동기까지 제작되고 있다.<sup>3)</sup>

셋째 방법은 기존의 전동기의 운전방식을 개선하여 효율을 높임으로써 에너지를 절감하는 방법이다. 전동기는 보통 80~100%의 중부하일 때에 최고효율을 가지도록 설계되어 있으나 전동기가 항상 중부하로 운전되지는 않으며 경부하일 때에는 효율이 낮은 편이다. 따라서 경부하일때에도 높은 효율로 운전되도록 하는 연구는<sup>2,4)~8)</sup> 날로 심각해지는 에너지문제를 생각한다면 매우 유용한 것이다.

전동기의 운전방식을 개선하려면 정밀한 제어가 필요해진다. 그런데 최근 전력전자분야의 발달로 인하여 전력용반도체소자를 이용한 반도체전력회로의 제작이 용이해졌다. 이와 동시에 집적회로 제조기술의 발달로 인하여 제어장치를 간편하게 제작할 수 있게 되었을 뿐만 아니라 마이크로컴퓨터의 소형화, 특수용도화가 이루어져 신뢰도가 향상된 제어가 가능하여졌다.

여기에서는 전력전자분야에 마이크로프로세서를 적용할 때의 효과를 기술한 다음, 직류전동기계통과 유도전동기계통에 마이크로프로세서를 사용하여 운전방식을 개선함으로써 전동기의 효율을 향상시키는 방법을 기술하고자 한다.

### 2 마이크로프로세서의 응용

1957년 G.E.Co.로 부터 SCR이라는 명칭으로 3 단자 다이리스터가 상품화된 이래 급속도로 발전을 하여온 전력전자공학은 이제 거의 모든 산업체에서 응용되고 있다. 특히 전동력설비계통의 운전에 많이 응용되어 계통의 고성능화, 소형화, 신뢰성의 향상을 이룩하고 있다. 그러나 이러한 계통은 실시간제어를 필요로 하기 때문에 고속의 신호처리가 요구된다.

한편 신호처리분야에서는 1971년 Intel사에 의하여 4 비트의 마이크로프로세서가 개발된 이래 1975년에는 8 비트의 마이크로프로세서가, 근년에 들어서는 16 비트 및 32 비트의 마이크로프로세서가 생산되어 고속의 연산이 가능해짐에 따라 일대 혁신을 가져왔다. 이것들은 반도체제조기술의 발달의 힘입어 가격이 저렴해짐에 따라 그 실용화의 범위가 점점 더 넓어지고 있다. 이에 따라 전력전자분야에서도 이를 이용하는 많은 연구가 이루어져 마이크로프로세서가 개발되기 전에는 애널로그방식에 의하여 처리되던 신호처리가 디지털방식으로 많이 대체되고 있다. 애널로그방식은 대체로 가격, 크기, 소비전력 및 과도상태응답의 면에서는 유리하지만 디지털방식에 비하여 정확도가 낮고 유연성이 적으며 복잡한 신호처리에는 어려움이 있으므로 앞으로 마이크로프로세서의 응용범위는 더욱 더 넓어지리라 예상된다.

반도체전력회로를 응용한 계통의 제어에 마이크로프로세서를 이용할 경우의 불력선도는 그림 1과 같다. 그림 1의 계통은 신호처리면에서 애널로그방식과 근본적으로 다른점은 없으나 마이크로프로세서를 이용함으로써 애널로그방식을 사용하였을 경우에 비하여 기대되는 효과는 다음과 같다.

#### 1) 성능이 향상된다

마이크로프로세서는 집적도가 높고 고속, 고기능의 연산처리능력을 가지고 있으므로 속도제어의 성능이나 위치제어의 정밀도 등이 향상된다.

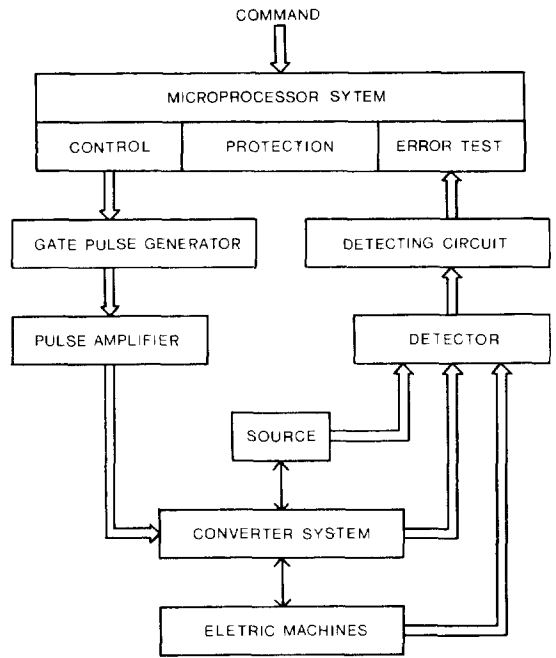


그림 1. System block diagram of microprocessor-based power electronics.

#### 2) 제어의 유연성이 높다

Software에 의하여 제어대상의 기동, 운전, 정지등의 여러가지 동작모우드를 ON, OFF 할 수 있으므로 제어의 유연성이 높아진다.

#### 3) 제어회로의 표준화가 가능하다

제어 sequence나 제어 parameter 등의 변경을 hardware에 의하지 않고 software에 의하여 행하므로 일반적으로 많이 사용되는 제어장치의 표준화가 가능하다.

#### 4) 신뢰성이 향상된다

제어회로의 표준화에 따라 부품수가 적어지고 단순한 hardware로 구성됨에 따라 신뢰성이 높아진다.

#### 5) 경제성이 있다

현재에도 마이크로프로세서 자체의 가격은 애널로그제어회로에 비하여 저렴하나 주변장치때문에 애널로그방식에 비하여 비싼 편이다. 그러나 설계비와 부품수의 감소, 생산성의 향상에 따라 더욱 경제성이 높아지고 있다.

### ㉓ 직류전동기의 효율향상

직류전동기는 이미 금세기 이전에 가장 먼저 제작된 전동기로 현재에도 전기기기의 제작량 및 판매량면에서 25~30%를 점하고 있다.<sup>9),10)</sup> 직류전동기가 직류전원이 필요하고 가격이 비교적 비싼 편임에도 불구하고 지금도 여러 산업체에서 동력원으로 많이 사용되고 운반수단의 구동용으로 널리 사용되고 있는 주된 이유는 기동토크가 크고 가변속도의 범위가 넓기 때문이다. 특히 속도나 토크의 정확한 제어가 요구되는 분야에서는 다른 전동기와 성능상 비교가 되지 않으며 교류기와 비교하여 같은 동작을 얻는데 있어 제어방법이 더 간단하고 제어에 필요한 비용이 적게 든다.

#### 3.1 원 리

일반적으로 분권전동기와 타여자전동기는 일정한 공극자속으로 운전된다. 따라서 경부하에서는 자속이 필요이상으로 많아져서 과도한 철손이 발생하게 되며 그 결과 전동기의 효율이 낮아진다. 그러므로 계자전류를 감소시키면 효율을 증가시킬 수 있다. 이때 부하에 요구되는 전동기 토크를 얻으려면 전기자전류가 증가하여야 한다. 이렇게 되면 계자의 동손 및 전기자의 철손은 감소하지만 전기자의 동손이 증가하게 되어 전체적인 손실은 각각의 전기자전류와 계자전류에 따라 변하게 되는데 이 중에 전동기의 손실을 최소로 하는 전기자전류와 계자전류의 값이 반드시 존재한다. 따라서 두 전류를 적절히 제어한다면 전동기를 고효율로 운전할 수 있게 된다. 직권전동기의 경우에는 부하전류가 그대로 계자회로에 흐르므로 분권전동기나 타여자전동기와는 달리 공극자속이 부하에 따라 변하게 된다. 그러나 직권전동기도 전기자전류와 계자전류가 독립적으로 제어되면 분권전동기와 같은 전동기방정식으로 특성지어진다.

전동기가 동작하고 있는 상태에서 효율을 향상시키는 것이라 하더라도 부하조건에 변화를 주지 말아야 한다. 부하조건에 변화가 없으므로 전동기의 회전속도와 토크는 일정하여야 하며 따라서 기계손과 표유부하손은 일정하다고 볼 수 있다. 그러므로 전류에 의하여 제어가 가능한 손실은 전기자동손, 계자동손, 전기자철손이 된다.

전동기를 과부하가 아닌 범위에서 운전하면 자기회로가 선형이라고 할 수 있다.<sup>11)</sup> 또한 전기자반작용은 전동기를 기동할 때 또는 과부하로 운전

할 때에는 고려할 만한 영향을 미치지만<sup>10)</sup> 과부하가 아닌 범위에서 정상적으로 운전하게 되면 무시할 수 있다. 그러므로 자기회로가 선형이며 전기자반작용은 무시한다는 가정을 할 수 있다.

위와 같은 가정을 하면 공극자속은 계자전류만의 선형함수로 나타낼 수 있으므로 동작점( $n_o$ ,  $T_o$ )가 주어지면 외부에서 전류로 제어할 수 있는 손실은 다음과 같이 나타내진다.

$$\begin{aligned} \text{Loss} = & \text{Armature copper loss} + \text{Field copper loss} \\ & + \text{Armature iron loss} \\ = & I_a^2 R_a + I_f^2 R_f + K_h I_f^2 n_o + K_e I_f^2 n_o^2 \quad (1) \end{aligned}$$

여기에서  $K_h$ 와  $K_e$ 는 전기자철손을 구성하는 히스테리시스손과 와류손의 계수이다.

식(1)과 토크방정식으로 부터 전동기의 손실을 최소로 하는 조건을 구하면 다음과 같다.<sup>4)</sup>

$$I_a^2 R_a = I_f^2 (R_f + K_h n_o + K_e n_o^2) \quad (2)$$

윗식은 전기자동손이 계자동손과 전기자철손의 합과 같을 때 손실이 최소가 되며 따라서 효율이 최대가 됨을 의미한다. 식(2)를 만족하도록 전기자전류와 계자전류를 제어하기 위하여 식(2)를 달리 표현하면

$$I_a/I_f = \{(R_f + K_h n_o + K_e n_o^2)/R_a\}^{1/2} \triangleq K \quad (3)$$

이 되며 계자전류에 대한 전기자전류의 비로 정의한 최적비  $K$ 는 주어진 속도에서 부하와 무관하게 일정함을 알 수 있다. 최적비  $K$ 는 히스테리시스손과 와류손의 계수를 쉽사리 정확하게 구할 수 없으므로 수식에 의하여 구하기가 어렵다. 따라서 제어하고자 하는 전동기마다 최적비  $K$ 를 구하기 위한 예비실험이 필요하다.

본고에서 추구하는 것은 부하조건에 영향을 주지 않는 상태에서 고효율로 운전하고자 하는 것이다. 그런데 전동기에 일정한 부하가 걸려있을 때 회전속도가 일정하면 출력이 일정하다고 말할 수 있다. 따라서 최적비를 구하기 위하여 회전속도를 일정하게 유지하면서 전동기의 계자전류를 최대값으로부터 점차 낮추면서 입력을 측정한다. 계자전류가 감소하면 일정한 회전속도를 유지하기 위하여 전기자전류가 증가하므로 두 전류의 비가 변화한다. 이때 입력이 최소가 되는 점이 효율이 최대가 되는 점이며 이때의 두 전류의 비가 최적비가 된다. 계자전류의 최대값은 분권전동기의 경우에

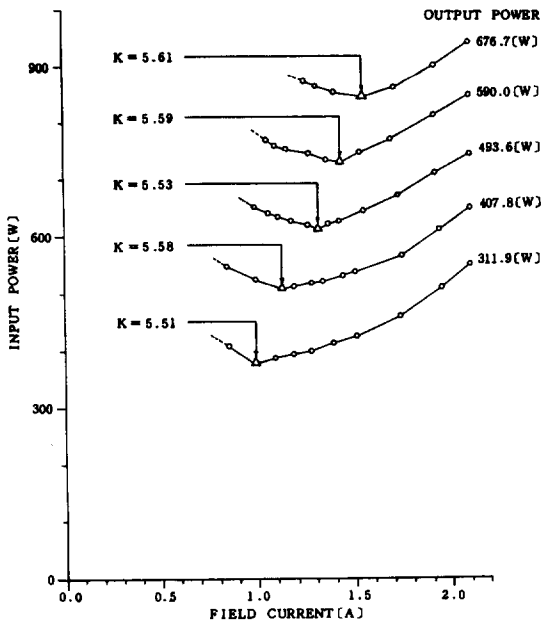


그림 2. Input power vs. field current of shunt motor. (n=900 rpm)

는 정격계자전류로 일정한 값이 되나 직권전동기의 경우에는 계자전류를 전기자전류와 같게하여 원하는 회전속도를 얻을 수 있는 값이 되므로 부하에 따라 변화하는 값이 된다.

그림 2는 1.5 KW, 1750 rpm, 115 V인 분권전동기의 회전속도를 900 rpm으로 일정하게 유지하면서 계자전류를 정격치로 부터 점차 감소시키면서 입력을 측정 한 결과이다. 그림에서 다섯개의 곡선은 각각 출력을 311.9 W, 407.8 W, 493.6 W, 590.0 W, 676.7 W로 일정하게 유지하면서 구한 결과로 전동기가 900 rpm으로 운전될 때에는 최적비가 부하의 변화에 거의 무관하게 5.564로 일정함을 알 수 있다. 전동기를 고효율로 운전하려면 운전이 가능한 모든 속도범위에서의 최적비를 알아야 한다. 그러나 모든 회전속도에서 예비 실험을 할 수는 없으므로 몇몇 회전속도에서 최적비를 구한 다음 식(3)에 최소자승법을 적용하면 전자계산기에 의하여 모든 속도에서의 최적비를 구할 수 있다. 이 결과를 가지고 마이크로프로세서로 전동기계통을 제어하는데 필요한 Look-up table을 작성한다.

### 3.2 계통의 구성

앞에서의 이론에 의하면 직류전동기를 고효율로

운전하려면 전기자전류와 계자전류의 비를 제어하여야 한다. 이러한 동작은 실제에 있어 전기자와 계자에 인가되는 전압을 독립적으로 조정함으로써 얻어진다. 이를 위하여 분권전동기의 경우에는 전기자와 계자에 초퍼를 설치하면 된다. 그러나 직권전동기의 경우에는 계자전류가 부하에 의하여 영향을 받을 뿐만 아니라 분권전동기에서는 계자 회로에도 전기자회로에 인가되는 전압과 같은 크기의 전원전압을 인가할 수 있으나 직권전동기에서는 계자회로와 전기자회로 전체에 전원전압이 걸리며 대부분의 전압이 전기자회로에 걸리고 계자회로에 걸리는 전압은 상대적으로 낮기 때문에 마이크로프로세서로 제어할 경우, 전류정보를 다루는 비트의 수를 늘리는 동시에 별도의 전력회로를 구성하여 제어가 원활하도록 해야 한다.<sup>6)</sup>

그림 3과 그림 4는 고효율운전을 하기 위하여 Z-80 마이크로프로세서를 사용하여 속도에 따른 최적비를 유지하기 위한 전체계통을 나타내고 있다. 고효율 운전을 하려면 전제조건으로 속도가

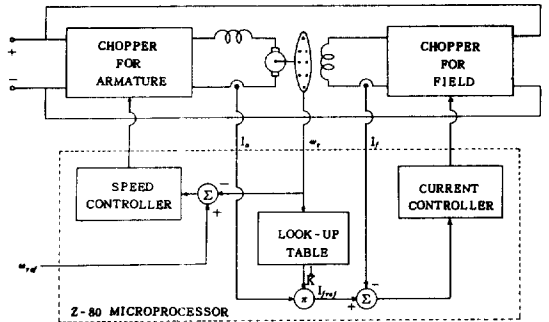


그림 3. System block diagram of shunt motor drive for optimal efficiency control.

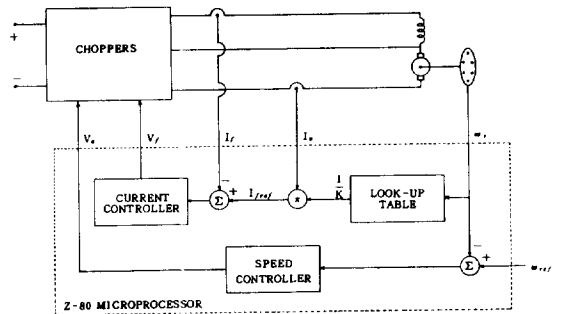


그림 4. System block diagram of series motor drive for optimal efficiency control.

일정해야 하므로 속도의 안정이 무엇보다 중요하다. 그런데 일반적으로 전기자회로의 전기적인 시정수가 계자회로의 시정수보다 짧으므로 속도를 빠른 시간내에 안정시키려면 전기자회로를 제어하는 루우프에 우선순위를 두는 것이 더 효과적이다.

계통에서 먼저 실제의 속도정보가 읽혀지면 사용자가 원하는 기준속도와 비교하여 두 속도의 차이, 즉 속도오차가 속도제어기에 가해진다. 이 속도제어기는 전기자에 설치된 초퍼에 가해지는 펄스를 결정하게 된다. 다음에는 실제의 회전속도에 대한 최적비  $K$ 를 예비실험의 결과로부터 구한 Look-up table로부터 찾아내어 역수를 취한 다음 전기자전류와 곱하게 된다. 이 곱의 결과가 계자전류의 기준값이 되며 이 기준 계자전류와 실제의 계자전류를 비교하여 계자전류의 오차를 얻게 된다. 전류제어기는 이 계자전류오차를 입력으로 하여 계자회로의 초퍼에 가해지는 펄스를 결정하게 된다. 이러한 모든 동작은 마이크로프로세서에 의하여 행해지며 전동기를 운전하는 동안 반복하게 된다.

### 3.3 마이크로프로세서에 의한 제어

마이크로프로세서의 입력은 전동기의 회전속도와 전기자전류, 계자전류이며 출력은 두 초퍼에 가해지는 펄스가 된다. 마이크로프로세서에 의해 전체계통을 제어하려면 먼저 입력정보를 CPU에 입력시킬 수 있도록 디지털값으로 바꾸어야 한다. 그리고 입출력정보가 외부의 제어회로와 연결될 수 있도록하기 위한 인터페이스가 구성되어야 하며 입력정보를 받아 제어루우프를 수행하여 출력정보를 내보내는 소프트웨어가 필요하다.

속도정보를 읽기위하여 종래에는 속도발전기를 이용하였으나 정밀도가 낮으므로 정밀한 제어가 요구될 때에는 일반적으로 구멍을 뚫은 회전원판을 전동기의 축에 연결한 다음 속도에 비례하는 구형파를 발생하는 Speed encoder를 사용한다. 그러나 이 방법도 회전원판에 뚫을 수 있는 구멍의 갯수에 한정이 있으므로 이를 보완하기 위하여 내부에서 펄스를 발전시켜 정밀도를 높이는 방법<sup>12)</sup>을 병용하기로 한다. 또한 전류정보를 읽기 위하여는 회로에 적은 값의 저항을 삽입하여 이 저항의 양단전압을 이용하기도 하지만 전력회로의 경우에는 삽입되는 저항의 발열과 이에 따른 전력 소모때문에 난점이 있다. 따라서 Hall effect를

이용한 전류감지기로써 감지한 다음  $V/f$ 변환소자를 사용하여 주파수의 형태로 바꾸는 방법이 효과적이다.

인터페이스는 Z-80 CPU와 BUS가 맞도록 설계된 Z-80 PIO, CTC와 기타 IC 및 버퍼로 구성된다. CTC는 채널에 따라 타이머 및 카운터로 사용하게 된다. 먼저 속도정보는 일정시간 동안에 Speed encoder로부터 들어온 펄스의 갯수와 내부발전펄스의 갯수를 세어 계산한다. 따라서 CTC의 채널중 하나는 일정시간을 맞추는 타이머로 사용하고 나머지는 카운터로 사용한다. 그리고 전기자전류와 계자전류의 정보는  $V/f$ 변환기로 부터 동시에 읽어들이나, 이때에도 CTC의 채널중 하나는 타이머로 사용되고 나머지 채널은 두 전류정보 펄스를 세기위한 카운터로 사용된다. 속도정보와 전류정보는 둘 다 일정시간이 되면 타이머에서 CPU에 인터럽트를 걸어서 바로 각 카운터의 값을 읽도록 한다. PIO는 CPU의 출력정보를 외부의 제어회로에 내보내기만 하면 되므로 출력모우드인 모우드 0를 사용한다.

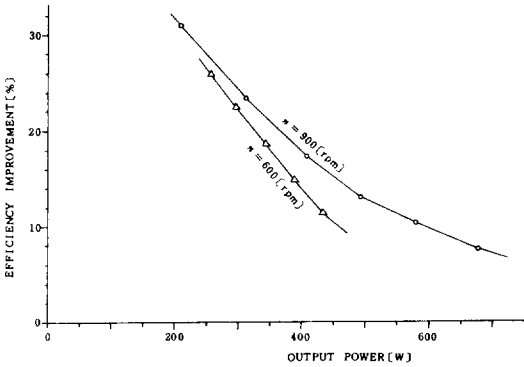
소프트웨어는 크게 주프로그램과 인터럽트 처리 루우틴으로 나눌 수 있다. 주프로그램은 매 샘플링주기마다 들어오는 입력정보로 제어루우프를 수행한 다음 그 결과를 출력시키는 프로그램이다. 그리고 인터럽트 처리루우틴은 외부에서 들어오는 입력정보를 읽기 위한 프로그램으로 속도인터럽트 처리루우틴과 전류인터럽트 처리루우틴으로 나뉘어진다. 인터럽트가 두 종류이므로 인터럽트 모우드 2를 사용하여야 하며 Daisy chain을 이용하여 속도인터럽트를 전류인터럽트보다 우선순위를 위로 할 수 있다.

제어기는 제어계통에서 가장 중요한 부분으로 제어대상에서 요구하는 정확도 및 응답속도의 정도에 따라 선택되어야 하며 제어대상의 시정수와 Noise에 대한 반응의 정도등도 고려되어야 한다. 일반적으로 적분오소에 의하여 제어오차가 없으며 비례오소에 의하여 비교적 빠른 응답을 얻을 수 있는 적분비례제어기가 많이 사용되지만 최근에는 미적분비례제어기를 사용하는 경우가 늘어나고 있다.

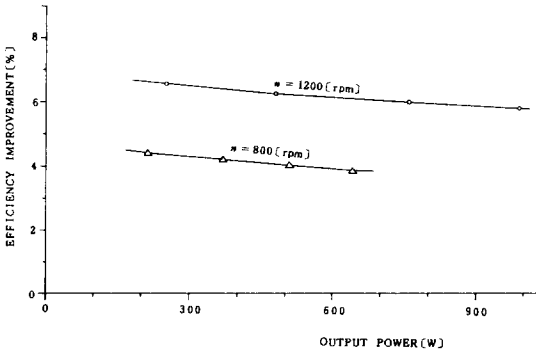
앞에서 말한 바와 같이 직류전동기의 효율을 높려면 자속을 감소시켜야 한다. 그러나 전동기의 자속을 감소시키면 바람직하지 못한 특성이 나타날 수 있으므로 안정성에 유의하여야 한다. 적분비례제어기를 사용할 경우, 계통의 안정성은 속도

제어기와 전류제어기의 비례이득 및 적분이득과 샘플링주기에 의하여 좌우된다. 따라서 제어기의 이득 및 샘플링주기를 적절히 택할 필요가 있다.

그림 5는 1.5 kW, 1750 rpm, 115 V인 분권전동기와 2.2 kW, 1800 rpm, 110 V인 직권전동기를 그림 3 및 그림 4와 같은 계통을 구성하여 운전하였을 때 효율이 향상되는 양을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 중부하일 때보다 경부하일 때 효율이 더 향상된다.



(a) shunt motor.



(b) series motor.

그림 5. Efficiency improvement.

4 유도전동기의 효율향상

산업용으로 많이 사용되는 유도전동기는 직류전동기에 비하여 가격, 무게, 효율, 신뢰성 및 보수의 필요성등의 면에서 유리하다. 그럼에도 불구하고

고 이제껏 유도전동기는 정속도회전기로 취급되어 정밀급제어에는 사용에 제한을 받았다. 그러나 반도체소자의 발달로 인한 반도체전력회로의 등장과 함께 마이크로프로세서에 의하여 복잡한 제어가 가능하게 됨에 따라 유도전동기의 제어및 이를 이용한 기기의 제어에 관심을 기울이게 되었다.

4.1 원리 및 계통의 구성

유도전동기의 효율은 슬립에 따라 변화하며 따라서 최대효율을 가지는 슬립은 반드시 존재한다. 만일 운전중인 동작점에서의 슬립을 이러한 슬립이 되도록 한다면 부하조건에 변화를 주지않고도 유도전동기의 효율을 향상시킬 수 있게 된다.

그림 6은 유도전동기의 속도-토크 특성곡선을 나타내고 있다. 전동기의 정격전압과 정격주파수가  $V_1$ 과  $f_1$ 이고 부하의 속도-토크 특성곡선이  $T_L$ 과 같다면  $V_1/f_1$ 곡선과  $T_L$ 곡선의 교점 P가 정격전압과 정격주파수에서의 동작점이 되며 이 점에서의 속도와 토크가 부하에 의하여 요구되는 속도 및 토크의 값이 된다. 종래의 운전방식에서는 유도전동기에 인가되는 전압의 크기 및 주파수가 정격전압과 정격주파수로 일정하므로 효율 또한 고정된 값이 된다.

전동기에 인가되는 전원의 주파수와 전압이 별도로 적절히 조정되면 속도-토크 특성곡선이  $V_2/f_2$ 의 형태로 될 수 있다. 그런데  $V_1/f_1$ 곡선에서의 슬립과  $V_2/f_2$ 곡선에서의 슬립은 당연히 다르므로 각 곡선에서의 효율 또한 다르다. 그러므로 일정출력상태임에도 불구하고 효율이 다른 결과가 된다. 동작점 P를 지나는 곡선은 이론상 무수히

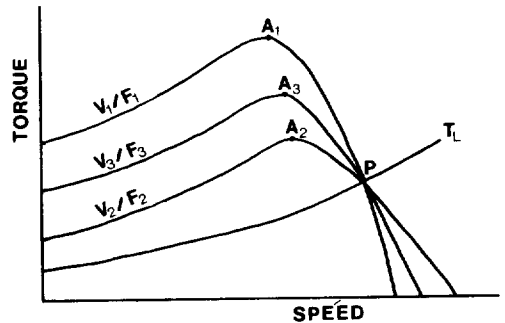


그림 6. Developed torque-speed curve by V/f control for constant drive speed.

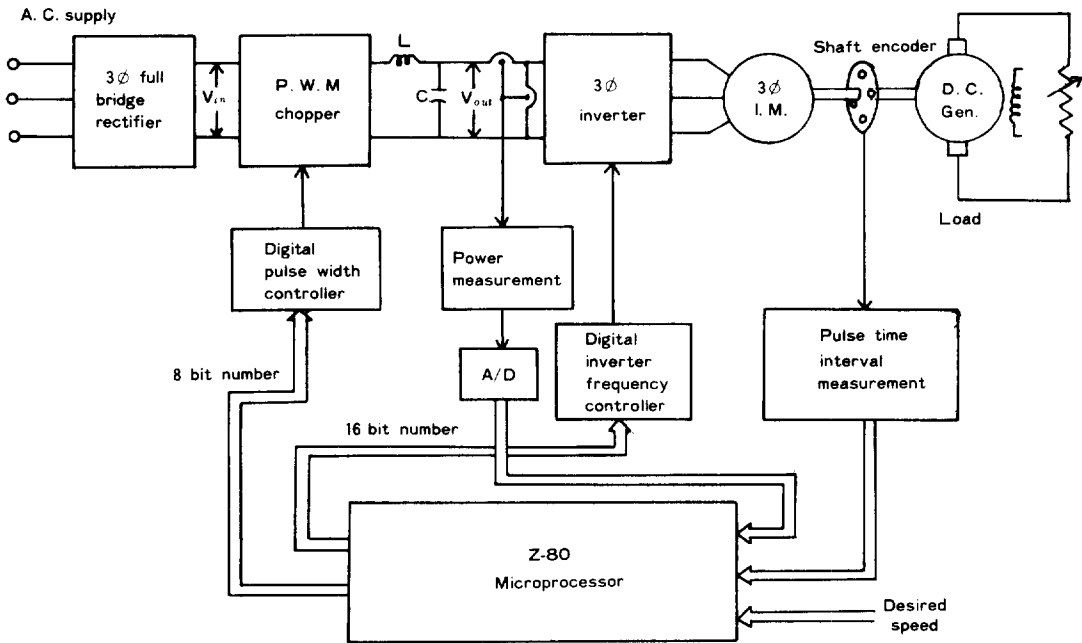


그림 7. System block diagram of induction motor drive for optimal efficiency control.

많으므로 이 중에서 가장 좋은 효율을 나타내는 특성곡선을 가지도록 전원의 전압과 주파수를 제어하여야 한다. 만일 최대효율을 나타내는 특성곡선이  $V_3/\sqrt{f}$ 라고 한다면 Trial and error method에 의하여  $V_3$ 와  $f$ 를 추적할 수 있다. 이때 일반적으로 유도전동기에서의 최대토크슬립이 최대효율슬립보다 크기는 하지만 동작점 P가 특성곡선의  $A_1, A_2, A_3$ 의 오른쪽에 위치하도록 함으로써 전동기가 안정범위에서 운전되도록 해야 한다.

그림 7은 고효율운전을 하기 위하여 Z-80 마이크로프로세서를 사용하여 유도전동기에 인가되는 전압과 주파수를 제어하기 위한 전체계통을 나타내고 있다. 그림에서 초퍼는 삼상전파정류회로의 출력을 받아 전압을 제어하며 삼상인버터는 주파수를 제어한다.

#### 4.2 마이크로프로세서에 의한 제어

마이크로프로세서의 입력은 실제의 회전속도와 전동기에 가해지는 전력, 원하는 기준속도가 되며 출력은 초퍼 및 인버터에 가해지는 펄스가 된다. 그림 7의 계통에서도 마이크로프로세서로 전체계통을 제어하려면 직류전동기계통에서와 같이 입력을 측정해내는 검출회로, 입출력정보가 외부의 제어회로와 연결될 수 있도록 하는 인터페이

스, 입력정보를 받아 제어루우프를 수행하여 출력정보를 내보내는 소프트웨어가 필요하다. 그런데 직류전동기계통에서는 전류를 입력으로 한 반면 유도전동기계통에서는 전력을 입력으로 하였기 때문에 Multiplier가 하나 더 필요한 것이 다를 뿐이고 나머지는 같은 방식으로 설명될 수 있으므로 생략하고 제어알고리즘만 설명하기로 한다.

운전이 시작되어 일단 속도가 고정되면 전압을 약간 감소시키고 주파수를 약간 증가시킨다. 그러면 전동기의 회전속도가 약간 변하기도 하는데 변화가 있을 경우에는 주파수만을 제어하여 속도를 조정한다. 다시 속도가 고정되면 입력전력을 읽어 들인다. 다음 단계에서 다시 전압을 감소시키고 주파수를 증가시켜서 그 결과로 나타나는 속도변화를 주파수제어만으로 고정한 다음에 다시 입력전력을 읽어 바로 앞단계의 입력전력과 비교한다. 이때 나중 단계의 입력전력이 앞단계의 입력 전력보다 작거나 같으면 계속 전압을 감소시키고 주파수를 증가시키는 방향으로 제어한다. 그러나 나중 단계의 입력전력이 클 때는 전압을 증가시키고 주파수를 감소시키는 방향으로 제어한다. 이러한 과정을 전동기가 운전되는 동안 되풀이하여 최대효율을 갖는 전압과 주파수를 추적하게 된다.

근년에 이르러서는 각 동작점에서의 최대효율슬

참고문헌

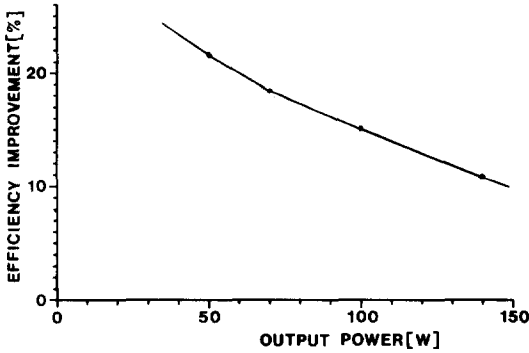


그림 8. Efficiency improvement of induction motor.

된 예비실험을 통하여 미리 구한 다음 Look-up table을 작성하여 제어하는 방법을 사용하기도 한다.<sup>7),8)</sup> 이 방법은 앞에서의 방법에 비해 정밀도가 높고 제어가 용이하지만 여러장의 Look-up table을 작성하는 것이 번거롭다는 단점이 있다.

그림 8은 400 W, 1700 rpm인 유도전동기로 그림 7과 같은 계통을 구성하여 운전하였을 때 향상되는 효율의 양을 나타내고 있다.

5 결론

이상에서 직류전동기와 유도전동기에서 속도 및 토오크에 변화를 주지 않고 효율을 향상시키는 원리를 말하고 이를 실현할 수 있는 계통을 구성한 다음 마이크로프로세서에 의하여 제어하는 방법에 대하여 언급하였다. 이러한 방법에 의하면 고려할 만한 크기의 효율향상을 달성할 수 있을 뿐만 아니라 속도제어도 가능하다.

앞으로 주요 부품들의 국산화가 이루어지고 전동기제어용의 마이크로프로세서가 규격화되어 생산되면, 전동기를 고효율로 운전하기 위한 제어계통의 제작 및 설치비용이 대폭 낮아질 것으로 예상되므로 여러 산업체에서 다방면에 사용되는 전동기설비에서 많은 전력을 절약할 수 있을 뿐만 아니라 경제성도 높아질 것이다.

그동안 눈부신 발전을 하여온 전력전자분야는 이제 마이크로프로세서의 효과적인 응용에 의하여 단순히 속도나 전류를 제어하는 것이 아니라 효율, 고조파, 역률등을 제어할 수 있는 영역으로까지 확대되었다. 앞으로 새로운 제어이론의 도입과 새로운 전력회로 및 제어알고리즘의 개발을 통하여 전력전자분야에 새로운 발전이 이루어질 것을 기대해본다.

- 1) 김용덕 : "82에너지관리 진단결과 종합분석", 에너지관리, 제 8 권, 제80호, 1983.
- 2) N. Mohan; "Improvement in energy efficiency of induction motors by means of voltage control", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-99, No. 4, July/Aug. 1980.
- 3) Tadatomo Kimura, Satoshi Matsuda and Fumio Ishizaki; "Energy-saving high-efficiency motors", Toshiba Review, No. 144, Summer 1983.
- 4) 홍순찬; "직류전동기의 고효율화 운전에 관한 연구", 전기학회논문지, 제31권, 제 7 호, 1982.
- 5) Soon Chan Hong and Min Ho Park; "Microprocessor-based optimal efficiency drive of a separately excited dc motor", IEEE TENCON Proc., pp. 126-128, 1984.
- 6) Min Ho Park and Soon Chan Hong; "Microprocessor-based high efficiency drive of a dc series motor", IEEE IECON Proc., pp. 455-459, 1984.
- 7) Min Ho Park and Seung Ki Sul; "Microprocessor-based optimal-efficiency drive of an induction motor", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. IE-31, No. 1, Feb. 1984.
- 8) Heung G. Kim, Seung K. Sul, and Min H. Park; "Optimal efficiency drive of a current source inverter fed induction motor by flux control", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. IA-20, No. 6, Nov./Dec. 1984.
- 9) R.S. Ramshaw; Power Electronics - Thyristor Controlled Power for Electric Motors, Chapman and Hall Ltd., 1979.
- 10) George McPherson; An Introduction to Electrical Machines and Transformers, John Wiley & Sons, Inc., 1981.
- 11) Donald V. Richardson; Rotating Electric Machinery and Transformer Technology, Reston Publishing Co., Inc., 1978.
- 12) T. Ohmae, T. Matsuda, K. Kamigama, and M. Tachikawa; "A microprocessor-controlled high-accuracy wide-range speed regulator for motor drives", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. IE-29, No. 3, Aug. 1982.