

마이크로프로세서에 의한 직류직권 전동기의 고효율운전

Microprocessor-based High Efficiency Drive of a DC Series Motor

박 민 호  
홍 순 찬\*

서울 대학교  
단국 대학교

1. 서 론

전기설비에 사용되는 전기에너지중 60퍼센트정도가 전동기를 구동하는데 쓰여지고 있다. 따라서 전동기계통에서의 에너지절감은 매우 중요한 문제이다. 전동기에서 에너지절감을 하기 위한 효율향상은 두 측면에서 고려될 수 있다. 하나는 좋은 재료를 사용하거나 설계개선으로 전동기의 효율을 높이는 것이고 다른 하나는 운전방식의 개선이다.

전동기는 일반적으로 75내지 100퍼센트의 부하율에서 최대의 효율을 가지나 경부하에서는 효율이 현저하게 낮다. 따라서 경부하에서의 효율을 높이는 문제는 여러사람들에 의해 고려되어왔다. [1], [2], [3]. 유도전동기의 운전에서 있어서는 저속에서 높은 토크를 얻기 위하여 공극자속을 일정하게 유지한다. 이러한 경우에 전동기가 경부하로 운전되면 철손이 과도하게 되어 전동기효율이 매우 낮아진다. 이 경우에는 공극자속을 줄이면 효율이 향상되며 공극자속은 V/f의 비를 변화시킴으로써 제어될 수 있다. 그러나 직류직권전동기에서는 계자전류가 부하율에 따라 변하므로 공극자속을 줄인다는 개념은 적용하기 어렵다.

본 연구에서는 직류직권전동기의 운전에서 있어

서 효율을 높일 수 있는 조건을 말하고 이를 위한 제어루우드를 제시하였다. 이때 전체계통은 마이크로프로세서에 의하여 제어된다.

2. 고효율확은전

직류직권전동기에서의 손실은 다음과 같이 다섯종류로 분류될 수 있다.

- 1) 전기자동손  $P_a = I_a^2 R_a$
- 2) 계자동손  $P_f = I_f^2 R_f$
- 3) 전기자철손  $P_i = K_i \Phi^2 N + K_e \Phi^2 N^2$
- 4) 마찰손 및 풍손  $P_m = f(N)$
- 5) 표류부하손

전동기의 토크는 다음과 같다.

$$T = K_T \Phi I_a \tag{1}$$

이때 전동기의 자기회로가 선형이라고 가정한다면 공극자속은 계자전류  $I_f$ 만으로 나타내질 수 있다. 임의의 동작점  $(N_o, T_o)$ 에서 마찰손, 풍손 및 표류부하손은 일정하다고 볼 수 있다. 따라서 제어가능한 손실  $P_L$  과 토크식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$P_L = I_a^2 R_a + I_f^2 R_f + K_i' I_f^2 N_o + K_e I_f^2 N_o^2 \tag{2}$$

$$T_o = K_T' I_f I_a \tag{3}$$

일반적으로 직류직권전동기운전에 있어서는 계자전류와 전기자전류가 서로 같다. 그러나 계자

전류와 전기자전류가 별도로 제어된다면 주어진 동작점을 만족하는 전기자전류  $I_a$ 와 계자전류  $I_f$ 의 조합은 많이 존재하게 된다. 이것들 중 전동기의 손실이 최소가 되는 조합을 최적효율 조건으로 정의한다. 이 조건은 다음과 같이 유도된다.

(3)식에서 구한  $I_a$ 를 (2)식에 대입하면 제어가능한 손실은 계자전류만의 함수로 된다. 이 식으로부터 최소의 전동기 손실을 갖는 계자전류를 구하면 다음과 같다.

$$I_f^+ = \frac{R_a(T_o/K_T)^2}{R_f + K_f' N_o + K_e' N_o} \quad (4)$$

(3)식과 (4)식으로 부터

$$I_a^+ R_a = I_f^+ (R_f + K_f' N_o + K_e' N_o) \quad (5)$$

(5)식으로부터 전동기의 손실은 전기자동손이 계자동손과 전기자철손의 합과 같을 때 최소가 됨을 알 수 있다. 따라서 전기자전류와 계자전류의 비는 주어진 속도에서 부하토크에 무관

하게 일정함을 알 수 있다.

$$I_a/I_f = \left\{ (R_f + K_f' N_o + K_e' N_o) / R_a \right\}^{1/2} \quad (6)$$

### 3. 계통의 구성

2장에서 이론을 실현시키려면 계자전류와 전기자전류는 독립적으로 제어되어야 한다. 이러한 목적을 가진 전력회로는 Locker와 M.H. Rashid에 의하여 제시된 바 있다.[4], [5]. 그러나 이들에 의해 제시된 회로는 계자회로가 분리되어야 하기 때문에 적용에 제한을 받는다. 본 논문에서는 계자전류를 독립적으로 제어하기 위하여 그림1과 같은 계통을 제시한다. 이 계통에서 호핑주파수를 계통의 시정수에 비해 충분히 높이면 정상상태에서의 계통은 그림2와 같이 단순화할 수 있다.

그림2에서 알 수 있듯이 계자전류와 전기자전류의 평균치는 다음과 같다.

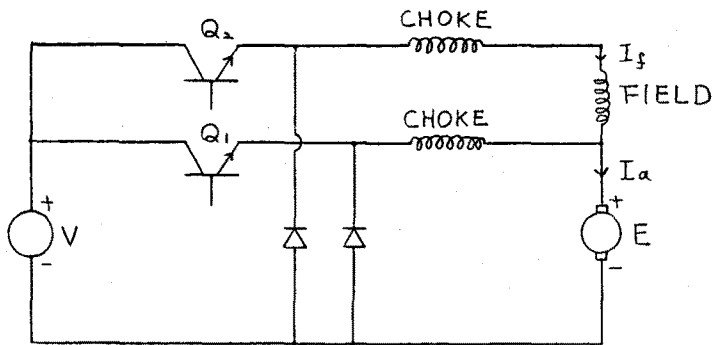


그림 1. 계자제어를 위한 전력 회로

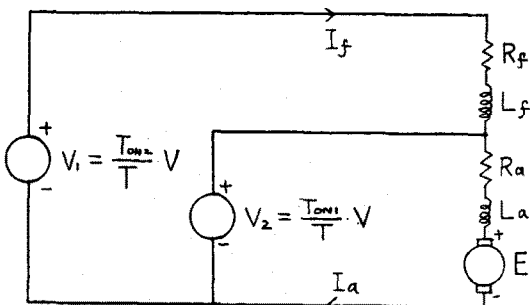


그림 2. 정상 상태에서의 계통의 등가회로

$$I_f = \frac{V}{R_f} \left( \frac{T_{on2}}{T} - \frac{T_{on1}}{T} \right) \quad (7)$$

$$I_a = \frac{1}{R_a} \left( \frac{T_{on1}}{T} \cdot V - E \right) \quad (8)$$

여기서  $T_{on1}$ ,  $T_{on2}$ 는 트랜지스터  $Q_1$  및  $Q_2$ 의 온시간이며  $E$ 는 전동기의 역기전력이다. 따라서 전기자전류와 계자전류는 두개의 전력용 트랜지스터의 온시간을 변화시킴으로써 독립적으로

제어가 가능해진다.

그림3은 이상의 이론을 실현하기 위한 계통도

이다. 마이크로프로세서는 전체적인 과환루우프

를 실현하기 위하여 사용하였다.

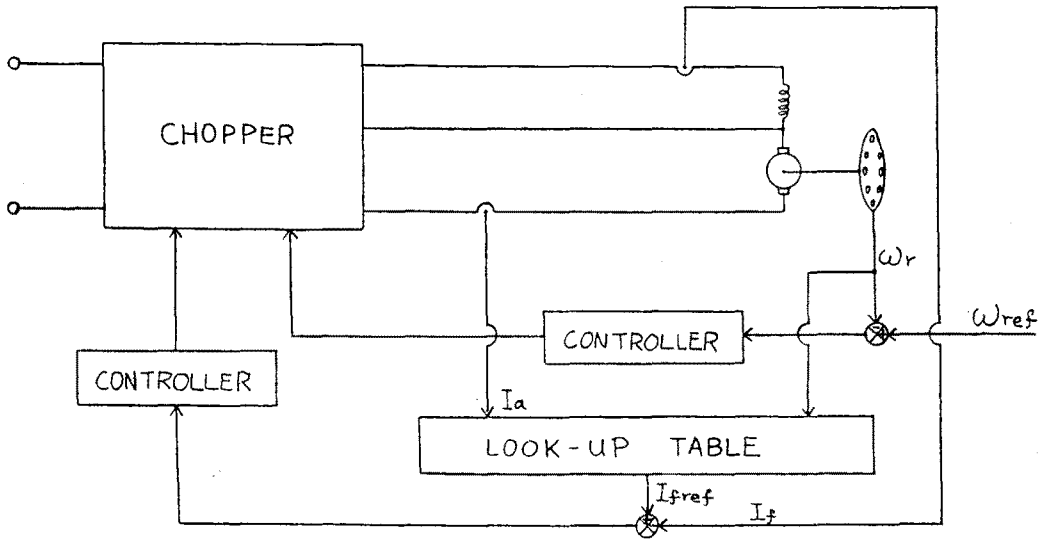


그림3. 계통도

4. 결론

- 1) 임의의 회전속도에서 전기자전류와 계자전류의 비를 일정하게 함으로써 고효율 운전이 가능하다.
- 2) 제시된 전력회로로 계자전류를 독립적으로 제어하므로 무부하에서의 위험속도와 같은 직류직권전동기의 단점을 개선할 수 있다.
- 3) 계자를 감소시킴으로써 최대속도까지 속도를 제어할 수 있다.

2. Min Ho Park and Seung Ki Sul, "The micro-processor based optimal efficiency drive of induction motor", IEEE IECI Proc., pp 387-392, 1981.
3. Soon Chan Hong and Min Ho Park, "A study on the optimal efficiency drive of a direct-current motor", KIEE, Vol.31, No.7, July, 1982.
4. Locker, H, "The d.c. chopper used on trolleybuses with full electronic control", Brown Boveri Rev., pp.419-428, 1970.
5. M.H.Rashid, "Automatic armature and field control of d.c. series motors", IEE Proc., Vol. 128, Pt.B, No.1, January, 1981.

REFERENCES

1. N. Mohan, "Improvement in efficiency of induction motors by means of voltage control", IEEE Trans. Power Appr. Syst., Vol. PAS-99, No. 4, July/Aug. 1980.