

유도전동기 단자전압 · 전류에 의한 슬립계산에 관한 연구

Slip calculation based on induction motor terminal quantities

박 민 호 (서울대)
 설 승 기 (서울대)
 송 호 범 (서울대)

시 론

유도 전동기는 다른 전동기와 비교할 때 경제적인 이유 및 특성상의 이점 (구조가 간단, 취급 및 보수가 용이) 등으로 해서 일반 산업계에서 많이 사용되고 있다.

속도 변화가 불편한 것이 유도 전동기의 최대 단점이나, 최근 인버터를 사용한 주파수변환 장치는 신뢰성 및 적응성에도 우수하기 때문에 속도 변화를 요구하는 부하에 대해서도 우수한 성능을 나타낸다.[1]

유도 전동기의 속도 및 효율 제어 운전을 위해서 일반적으로 사용되는 방법은 회전자의 속도를 감지기에 의하여 측정하여 슬립의 값을 계산하는 것이다.

이 경우에 회전자의 속도를 직접 측정해야 하므로 전동기에 기계적인 연결을 해야하고, 속도 측정을 위한 Hardware도 구성해야 하며, 또한 신뢰성의 여부, Drift의 문제 (Analog Tachogenerator 사용시) 등도 고려해야 한다.[2]

이상과 같이 속도 측정에는 여러가지 고려할 점이 발생하므로, 본 연구에서는 직접적인 속도 측정을 하지 않고 전기적인 양, 즉 유도 전동기의 단자 전압과 전류로서 슬립의 값을 구하는 방법을 택했으며 연산을 손쉽게 할 수 있는 Micro-processor로서 Hardware를 구성하였다.[3]

[4]

여기서 계산된 슬립의 값을 사용하여 Slip drive, Optimal efficiency Control에 응용한다.

본 론

1. 이론

유도 전동기를 d-q 변환 시키면 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} V_{qs} &= R_s * I_{qs} + p\lambda_{qs} + (p\theta) * \lambda_{ds} \\ V_{ds} &= R_s * I_{ds} + p\lambda_{ds} - (p\theta) * \lambda_{qs} \\ V_{qr} &= R_r * I_{qr} + p\lambda_{qr} + (p\beta) * \lambda_{dr} \\ V_{dr} &= R_r * I_{dr} + p\lambda_{dr} - (p\beta) * \lambda_{qr} \end{aligned} \dots (1)$$

이때 q 축을 Stator에 고정시키면 식(2)가 된다.[5]

$$\begin{aligned} V_{qs} &= R_s * I_{qs} + p\lambda_{qs} \\ V_{ds} &= R_s * I_{ds} + p\lambda_{ds} \\ p\lambda_{qr} &= -\omega_m * \lambda_{dr} - R_r * I_{qr} \\ p\lambda_{dr} &= \omega_m * \lambda_{qr} - R_r * I_{dr} \end{aligned} \dots (2)$$

\vec{i}_{dq} 와 $\vec{\lambda}_{dq}$ 의 관계식은 식(3)에 의하여 주어진다.

$$\vec{\lambda}_{dq} = L_{dq} * \vec{i}_{dq} \dots (3)$$

여기서

$$L_{dq} = \begin{pmatrix} L_{ss} & L_{sr} & 0 & 0 \\ L_{sr} & L_{ss} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & L_{rr} & L_{rs} \\ 0 & 0 & L_{rs} & L_{rr} \end{pmatrix} \dots (4)$$

만일 $\dot{\lambda}_{qr} + \dot{\lambda}_{dr} = \text{CONST}$ 이고 각각의 flux가 서서히 변한다면

$$Fs1 = F * Rr * Lsr / Lrr * (V'qr * Iqs + V'dr * Ids) / (V'qr + V'dr) \dots (5)$$

여기서

$$\begin{aligned} V'qr &= Lrr / Lsr * (Vqs - Rs * Iqs - Ids / Ldq(1,1)) \\ V'dr &= Lrr / Lsr * (Vds - Rs * Ids - Ids / Ldq(1,1)) \end{aligned} \dots (6)$$

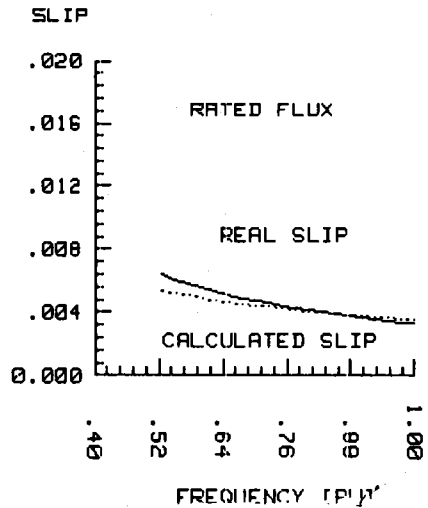
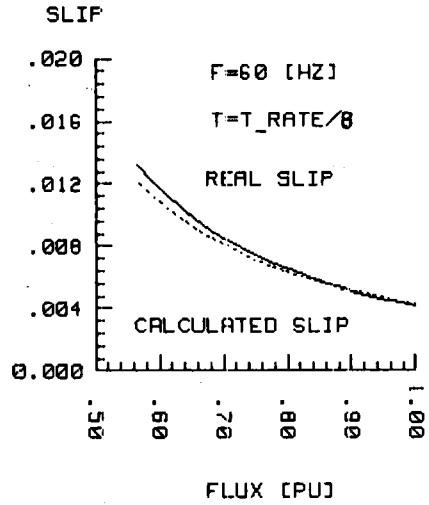
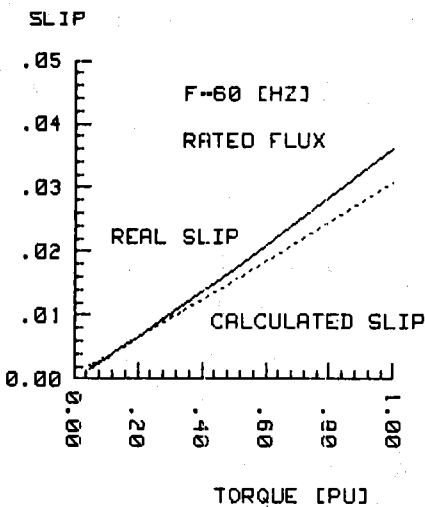
식(5)와 식(6)에 의하여 슬립 주파수를 구할 수 있다. [4]

식의 전개 과정에서 inner Torque도 계산할 수 있다.

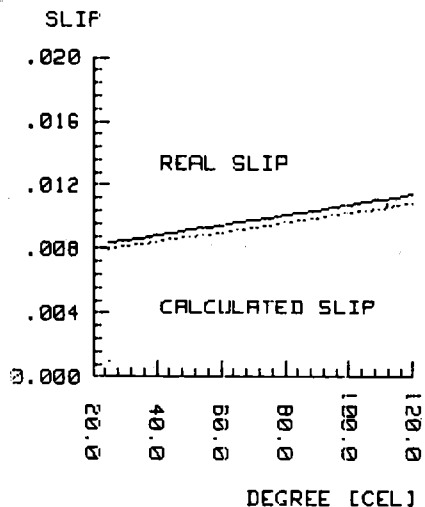
$$T = P / 2 * (\lambda qr * Idr - \lambda dr * Iqr) \dots (7)$$

2. Computer Simulation

a) 유도 전동기를 등가 회로로 고친 후, 토오크, 자속, 주파수 등을 변경시키면서 이론적으로 정해진 슬립과 이때의 단자 전압과 전류를 근거로 위의 수식을 적용하여 계산된 슬립을 비교 하였다.



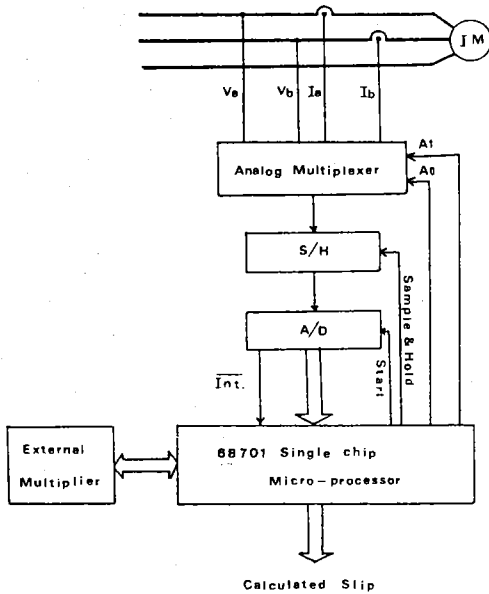
b) 회전자의 저항은 주위 온도에 따라 값이 변하므로, 정상적인 주위 온도 (25°C)에서 120°C 까지 변동할 경우 슬립계산에서의 오차를 계산하였다.



3. Implementation

이론에서 주어진 식은 아래와 같이 Micro-processor 를 이용한 Hardware 로 구성하였다.

여기서 사용된 micro-processor 는 Single-chip micro processor 인 68701 을 사용하였다.



결 론

본 연구에서 제시된 이론식은 simulation 결과 토오크, 자속, 주파수 등이 변화할 때 실제 슬립과 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다.

제안된 Hardware 를 이용하여 기계적인 속도 측정없이, 속도제어, 효율제어 System 등에 속도의 정보를 비교적 정확하게 제공할 수 있다.

REFERENCE

- (1) J.M.D.MURPHY, Thyristor control of A.C. motors, Pergamon press, 1973.
- (2) DEREK A.PAICE, " Induction motor speed control by stator voltage control," IEEE Trans. power Appr. Syst., vol. PAS-87 pp 585-590, Feb. 1968.
- (3) J.HOLTZ, R.VENKATARAMAN and B.RAMASWAMI, " Electronic analog slip calculator for induction motor drives," IEEE Trans. Ind. Electron. Contr. Instrum., vol. IEC1-27, 1980.
- (4) ROBERT JOEITEN and GEPHARD MAEDER, " Control methods for good dynamic performance induction motor drives based on current and voltage as measured quantities," IEEE Trans. Ind. Appl. vol. IA-19, NO.3, pp 356-363, May/June. 1983.
- (5) P.C.KRAUSE, C.H.THOMAS, " Simulation of symmetrical induction machinery," IEEE Trans. power Appr. Syst, vol. PAS-84, NO.11, pp 1033-1053, 1965.