

## 변형회전자를 가진 단상유도전동기의 특성해석

김기봉, 김판돌, 박윤서  
삼성전자(주) 생활시스템연구소

### Characteristic Analysis of Single Phase Induction Motor Having Modified Rotor

Ki-Bong Kim, Pan-Dol Kim, and Yoon-Sur Park  
Living System R&D Center, Samsung Electronics Co.

**Abstract** - Even though, many types of induction motors are known, most of the single phase induction motors being used are of squirrel cage type. However, basic structure of the machine has not been changed a lot during the past century. Author had been experienced many experiments with modified rotor. The modification was completed by doing two procedures: an elimination of lamination in central part of the rotor and filling of melted aluminium in it instead. This paper demonstrates the reason for higher efficiency.

나 제로가 추가로 필요한 것이 아니다.

#### 1. 서 론

유도전동기의 원리는 1820년 D.F.Arago에 의해 실험된 아라고의 원판(Arago's disc)에서부터 유래되며, 농형유도전동기의 시작은 1890년대 미국 Westinghouse 전기회사에서 B.G. Lamme를 중심으로 연구 개발되었고 유럽에서도 1891년경 A.E.G. 의 M.D. Dobrowinsky가 독립적으로 농형유도전동기를 발명하였다.[1] 이렇듯 유도전동기의 역사는 적어도 100년을 넘기고 있는데, 외형적으로나 성능 면에서나 혁혁한 발전을 보여왔으나 현재에 이르러 기술의 한계에 도달하였다는 느낌조차 드는 것이 사실이며 Rotor core, shaft, rotor slot 으로 이루어진 기본구조 자체는 거의 변화되지 않았다. 본 논문에서는 변형된 rotor를 사용하여 제작, 실험한 결과를 설명한다.

변형은 다음과 같이 Rotor core의 중앙부를 파내고 그 속에 알루미늄주물을 삽입한 것이다. 알루미늄대신 동을 사용하면 더 좋지만 생산과정에서의 가격이 문제일 것이다. Rotor slot에 알루미늄주물을 삽입하고 있으므로 알루미늄을 주입하는 것은 별도의 생산 공정이

#### 2. 변형 과 해석

변형 전의 단상유도전동기 형상은 그림 1과 같다. 고정자에는 24개의 슬롯이 있고 4극으로 분포권으로 되어 있다. 회전자는 32개의 슬롯이 있으며 skew는 단방향으로 1.5 슬롯으로 되어있다. 변형된 회전자는 그림 2와 같은데, 그림에서 보는 바와 같이 회전자 shaft 주변의 전기강판을 파내고 3개의 밸을 만들어 두었다. 이것은 회전자 형상을 지지하기 위하여 만든 것이므로 다른 방법으로 고정할 수 있으면 필요 없을 수도 있다.

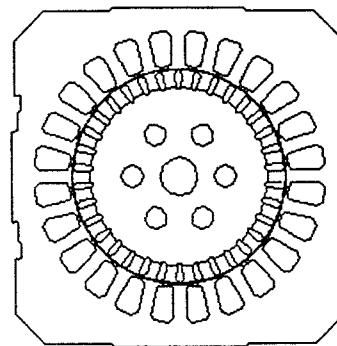


그림 1. 기본 형상

회전자에는 외주 주위로 slot이 있는데 이는 stator coil의 1차측 전류에 의해 발생된 시변 이동자계에 의해 유

도된 전류가 흐르기 위한 2차측 도체이다. 농형 유도 전동기에서는 이 부분에 알루미늄 주물을 넣는다. 고정자와 회전자에 의해 발생된 자속은 회전자의 규소강판을 통해 흐르게 되는데, 이때 규소강판은 회전자 자체의 원심력 및 내부 응력에 대한 기계적 강도를 유지시키는 역할도 하게된다. 그림 2에서와 같이 변형된 회전자에서 알루미늄을 채우는 것은 내부에서의 압축응력과 원심력에 의한 인장응력에 대하여 회전자의 기계적 강도를 강화시키고자 하는 목적으로 있다.

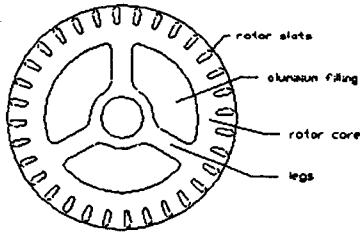


그림 2. 변형된 회전자 형상

회전자 단면의 변형은 회전자 요크의 자로길이와 자로단면적을 변화시키는데, 이로 인하여 회전자 철심에서의 손실을 변화시키게되어 포화계수가 변화하며 (1)의 포화계수식에서부터 결과를 예상을 할 수 있다.

$$K_{sat} = \frac{mmf \text{ losses in airgap} + mmf \text{ losses in core}}{mmf \text{ losses in airgap}} \quad (1)$$

공극 및 철심 각 부분에서의 기자력을은 참고문헌[2]에서의 계산방법을 보완하여 적용하였는데, 역기전력으로부터 공극 자속을 구하고, 각 부분의 유효 단면적을 나눈 값에 표피효과를 고려하여 자속밀도를 구한다. 전기강판의 B-H Curve에서 자계의 세기, H,를 계산하는데. 자속밀도의 포화 영역에서의 계산을 보다 정확하게 하기 위하여 경험적 보정식을 사용하여 자속밀도가 실제 포화값을 넘지 않도록 하였다. 각 부분의 자계의 세기 를 각 부분의 자로의 길이와 곱하여 최종적인 자기기자력을 구한다.

포화계수 변화에 따른 자화리액턴스의 변화는 (2)로부터 예측할 수 있다.

$$X_m = 0.6 \frac{f L_s r_p Z_{eff}^2}{P K_e K_{sat} ag} \times 10^{-5} \quad (2)$$

일반적으로 사용되는 s60 및 s23 전기강판의 비투자율과 철손 특성은 그림 4와 같은데 철손은 자속밀도에 비례하여 증가하지만, 비투자율은 포물선의 형태로 변화하고 있다. 따라서 철심에서의 기자력을은 자속밀도에 따라 포물선의 형태로 변화함을 알 수 있다.

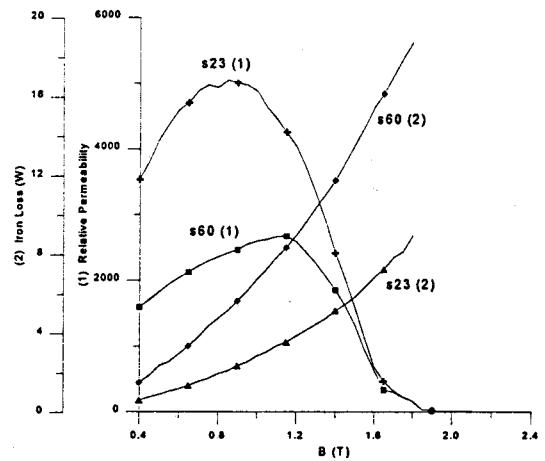


그림 3. 전기강판의 비투자율과 철손 특성

변형에 의한 포화계수 및 자화리액턴스의 변화는 그림 4에서의 계산 결과로 나타내었다.

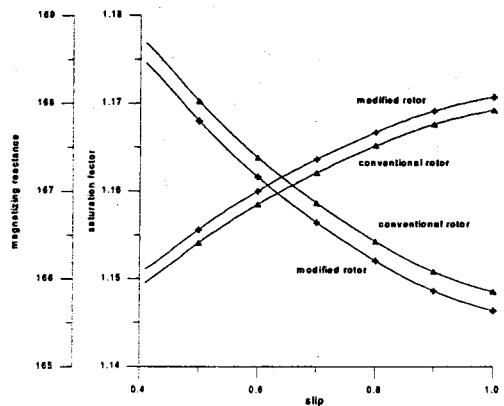


그림 4. 포화계수 및 자화 리액턴스의 변화

전류의 영향을 가장 많이 받는 경우는 SLIP 이 1인 경

우이며 이때 포화가 가장 심하다. 이 경우에서의 자속 흐름은 그림 5과 6에서와 같이 비교될 수 있다.

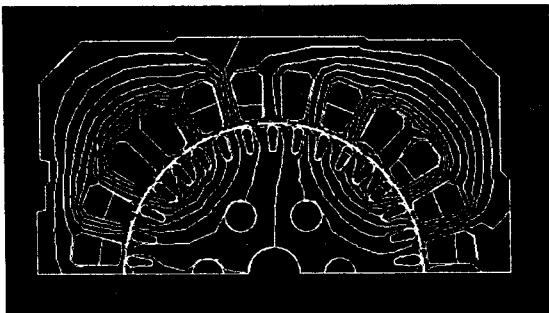


그림 5. 기존 회전자 구조에서의 자속선도

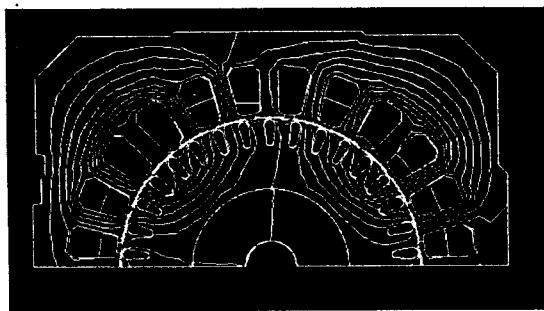


그림 6. 변형 회전자 구조에서의 자속선도

#### 4. 결 과

본 논문에서 보고한 내용은, 전기강판의 비투자율에 의한 포화계수와 자화 리액턴스 변화를 기초로 하여 실험을 먼저 실시한 다음 기존의 simulation program의 결과와 비교하였다. 그러나 종래의 program에서의 결과와 오차가 다소 발생하여 국내외에서 연구된 경험적 실험식을 적용하여 program을 수정하였다. 이 연구는 새로운 형상의 유도 전동기의 특성을 이해하는 것 이외에 simulation program의 실용성을 보다 향상시키고자 함에도 목적이 있었다. 그림 7과 8은 dynamic torque meter에 의한 실제의 실험 데이터이다. Simulation 결과는 실제의 결과를 바탕으로 계산식의 보정을 통하여 근사화 하였으므로 비교 의미는 없다고 본다. 종래의 simulation program에 의하면 회전자의 자로 단면적이 상당히 줄어들므로 하여 포화계수가 급격히 상승하여 효율, 출력이 상당히 떨어지는 것이었다. 그러나 실제의 실험은 대등 또는 다소 우수한 결과를 얻었다. 본

논문은 변형된 회전자를 사용한 경우의 내용과 결과를 중심으로 보고하고 있으나, 원인에 대해서는 전자기적 변화이외에는 충분히 설명하지 못하고 있다. 온도의 변화와 원인 등에 대해서는 추후 보고할 예정이다.

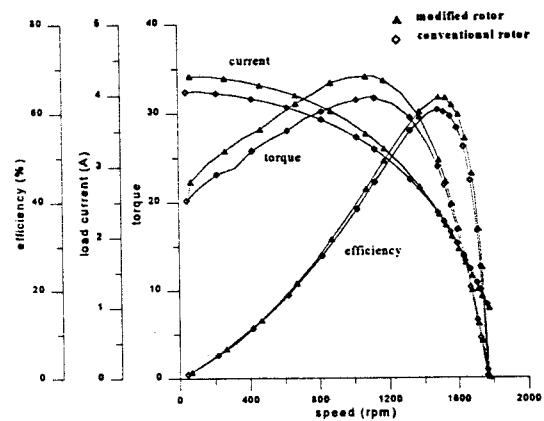


그림 7. 시계방향 회전시의 특성 비교

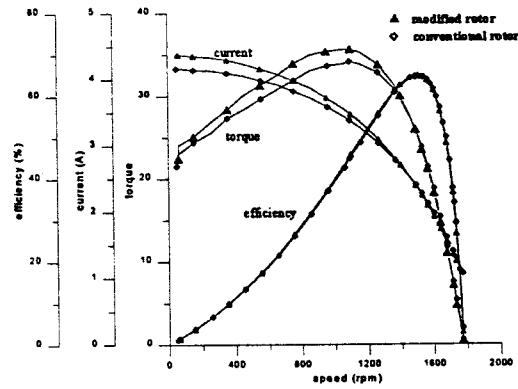


그림 8. 반시계방향 회전시의 특성 비교

#### [참 고 문 헌]

- [1] 박민호, “유도기기”, 동명사 1975
- [2] 임달호, 손병욱, 윤상백, 홍정표, 김기봉, “단상유도 전동기의 설계와 해석”, 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp. 240-270, 1995. 11