

농형 유도전동기의 자기적 진동 분포력

이 은 응 (충남대학교)
김 일 중 (충남대학교)

이 상 호 (충남대학교)
이 민 명 (대전공업대학)

The Magnetic Vibrating Distribution Forces of Squirrelcage Induction Motor

Lee, Eun-Woong (Chungnam Nat. Univ.) Lee, Sang-Ho (Chungnam Nat. Univ.)

Kim, Il-Jung (Chungnam Nat. Univ.) Lee, Min-Myung (Daejeon Nat. Univ. Tech.)

Abstract

There are various causes for noise production in induction motors, and among them, the noise generated by magnetic vibrating distribution forces have an important meanings. In this paper, the magnetic vibrating distribution forces in squirrelcage induction motors were arranged systematically in the consideration of stator harmonics and it's forces were not considered the effect of airgap eccentricity and deformation. With the application of the finite element method in order to find magnetic flux density and with the calculation of the permeance of rotor node, the magnetic vibrating distribution forces were analyzed.

편심과 회전자 전기적 성질 불균일은 고려하지 않고 자기력 불평형으로 인한 진동분포력만을 농형유도전동기를 모델로하여 유한요소법으로 각 위치의 자기 vector potential 을 구하고 그같은 위치에서의 permeance 값을 구하여 방사상 힘과 접선방향 힘을 구하므로써 각 위치의 진동분포력을 보이려는 것이다.

2. 기본이론과 진동력

고정자와 회전자를 분리하는 공극이 존재하는 농형유도전동기에서 시간적 공간적으로 변하는 기저력은 구조상 고조파가 발생하며 그림 1과 같이 합성기저력은 방사상 성분과 접선방향 성분으로 나눌 수 있고 2) 방사상 기저력 성분은 소음의 원인이 되며 3) 접선 성분은 반작용에 해당한다. 3상평형전압을 인가한 고정자에는

$$F_s(\alpha, \pi) = \sum_{k=1}^{k_{max}} F_k \cos(k\alpha \pm \omega_k \pi)$$

의 기저력이 발생하고 회전자에는

$$F_r(\alpha, \pi) = \sum_{\lambda=1}^{\lambda_{max}} F_{\lambda} \cos(\lambda\alpha \pm \omega_{\lambda} \pi + \beta_{\lambda})$$

의 기저력이 나타난다. 여기서 k, λ 는 고정자와 회전자의 고조파 차수이며 β_{λ} 는 동일 고조파 사이의 상차각이다.

기계 주변의 위치에 따라 다르게 임의의 주기를 갖는 고조파의 영향을 받는 공극의 permeance는

$$\Lambda(\alpha, \pi) = \Lambda_0 + \sum_{\xi=1}^{\xi_{max}} \Lambda_{\xi} \cos(\xi\alpha + \phi_{\xi}) + \sum_{\eta=1}^{\eta_{max}} \Lambda_{\eta} \cos(\eta(\alpha - \omega_{\eta} \pi) + \phi_{\eta})$$

이다. 여기서 ξ, η 는 고정자, 회전자측의 공극 변화를 나타내는 Fourier 급수의 고조파 차수이다. ϕ_{ξ}, ϕ_{η} 는 $\alpha=0$ 인 기준축에 대한 상변위이며 ω_{η} 는 회전자의 각속도이다.

이때 공극의 자속밀도는

$$B(\alpha, \pi) = [F_s(\alpha, \pi) + F_r(\alpha, \pi)] \Lambda(\alpha, \pi)$$

이고 단위 면적당 방사상 힘은

1. 서론

산업발달과 생활 향상에 따라 전동기를 사용하는 곳에서 전동기 소음이 공해문제로 대두되게 되었다. 그런데 전기기계계의 재료와 설계 및 제작기술은 날로 향상되어 브기와 무거운 작아지고, 상대적으로 전기 및 자기 장하는 고밀도화되며 프레임은 얇아져 감에 따라 소음의 발생 원인은 많아지고 있다.

따라서 방사상 자기력에 의한 소음효과 분석, 유도전동기의 소음한계 기준, 소음측정방법등이 Yang¹⁾을 비롯한 많은 학자들에 의해 연구되어 왔다.

소음발생 원인은 기계적 전기적 원인으로 나누어진다. 기계적 원인으로서는 브러시 슬립, Roller-bearing 불평형에 의한 진동, fan 음, 통풍소음등이 있고 전기적 원인으로서는 전자기 불평형이 있다. 이 전자기 불평형의 원인은 회전자의 편심, 회전자와 공극 내의 변동, 회전자의 전기적 성질 불균일, 고조파기저력의 불평형등이 있다.

본 연구에서는 전기적인 소음원인 중에서 회전자

$$P_r = \frac{1}{2\mu_0} [F_{r1}(\alpha, \pi) + F_{r2}(\alpha, \pi)]^2 \Lambda^2(\alpha, \pi)$$

$$= \frac{1}{2\mu_0} \left[\Lambda_0^2 \sum_{v=0}^{v=2\pi} F_{rv} \cos(v\alpha - \omega_r v \pi + \beta_v) + \sum_{v=0}^{v=2\pi} \sum_{\lambda=1}^{\lambda=2\pi} \frac{F_{rv} \Lambda_\lambda}{2} \cos\left\{ (v+\lambda)\alpha - (\omega_r v + \omega_r \lambda)\pi + \beta_v + \beta_\lambda \right\} + \sum_{v=0}^{v=2\pi} \sum_{\lambda=1}^{\lambda=2\pi} \frac{F_{rv} \Lambda_\lambda}{2} \cos\left\{ (v-\lambda)\alpha - (\omega_r v - \omega_r \lambda)\pi + \beta_v - \beta_\lambda \right\} \right]$$

여기서 v 는 고정자와 회전자 기자력의 간섭으로 얻어지는 임의 합성기자력의 고조파 차수이며 ω_r 는 고정자와 회전자의 축으로 부터의 임의의 고조파 주 기함수가 발생하는 점의 공극 permeance 의 고조파 차수이다.

그림 1 에서 방사상 힘은

$$P_r = \frac{B^2(\alpha, \pi)}{2\mu_0} \quad [N/m^2]$$

이 고 접선방향 힘은

$$P_t = \Lambda(\alpha, \pi) \cdot B(\alpha, \pi) \quad [N/m^2]$$

일때 회전자를 가로지르는 무거운 중심부에 작용하는

축 방향 힘 P_x, P_y 는

$$P_x = \int_0^{2\pi} P_r R \cos \alpha d\alpha - \int_0^{2\pi} P_t R \sin \alpha d\alpha$$

$$P_y = \int_0^{2\pi} P_r R \sin \alpha d\alpha + \int_0^{2\pi} P_t R \cos \alpha d\alpha$$

이다.

3. 진동분포력 계산과 그 결과

K 번째의 고정자 고조파와 λ 번째의 회전자 고조파에 의해 단위 회전자 반경 ($R=1$)에서 발생하는 P_x, P_y 는

$$B_K(\alpha, \pi) = B_K \cos(K\alpha - \omega_K \pi)$$

$$B_\lambda(\alpha, \pi) = B_\lambda \cos(\lambda\alpha - \omega_\lambda \pi - \beta_\lambda)$$

$$\Lambda_\lambda(\alpha, \pi) = -\Lambda_\lambda \sin(\lambda\alpha - \omega_\lambda \pi - \beta_\lambda)$$

와 경계조건으로 $K = \lambda \pm 1$ 을 고려하면

$$P_x = \pm \pi B_K (B_\lambda \mp \frac{\Lambda_\lambda}{2}) \cos[(\omega_K - \omega_\lambda)\pi - \beta_\lambda]$$

$$P_y = \pm \pi B_K (B_\lambda \mp \frac{\Lambda_\lambda}{2}) \sin[(\omega_K - \omega_\lambda)\pi - \beta_\lambda]$$

을 얻을 수 있다. 그리고 그림 2와 같이 4극중 한국에 해당하는 해석 모델을 그림 3과 같이 삼각요소분할하고 변분 원리를 적용 물리정수를 고려하면 임의 점점 $P(x, y)$ 의 벡터 포텐셜 값과 요소내의 자속분포가 구해진다. 이 값과 같은 위치에서의 permeance 값을 구하여 얻을 수 있는 P_r, P_t, P_x, P_y 를 구할 수 있다.

4. 결 론

전동기의 소음발생에는 여러 원인이 있으나 그 중에서도 자기적 진동분포력에 의한 소음이 중요한 부분을 차지하고 있다. 본 논문에서 농형 유도

전동기의 회전자 위치의 permeance 값을 계산하고 vector potential 값을 유한요소법에 의해 구하므로써

- 1) 절점의 벡터 포텐셜 및 자속밀도를 계산하였고 이러한 계산에 의해 얻어진 각 절점의 자속밀도 값과 계산한 permeance 값에서 진동분포력을 구하였고
- 2) 농형유도전동기의 소음 원인을 규명하였으며
- 3) 소음을 적게하는데 유한요소법을 적용할 수 있는 자료를 제공하였다.

Reference

1. A. J. Ellison, S. J. Yang, "Effect of rotor eccentricity on acoustic noise from induction machines", Proc. IEE 118, pp.174-184, 1971
2. Bedrich Heller, Vaclav Hamata, "Harmonic Field Effect in Induction Machines", Elsevier Scientific Publishing Co., pp.187-218, 1977
3. P. J. Tsivitse, P. R. Weihsmann, "Polyphase Induction Motor Noise", IEEE, Trans., IGA, Vol.7, No.3, pp.339-358, 1971

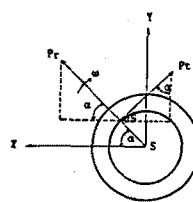


그림 1 : P_r, P_t

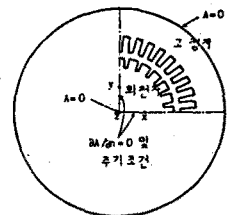


그림 2 : 해석 Model

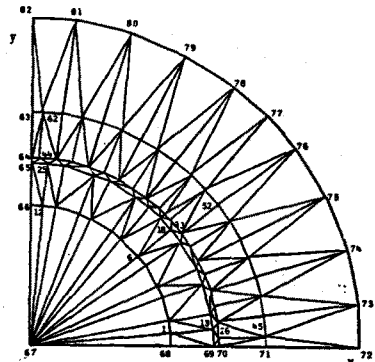


그림 3 : 요소 분할도

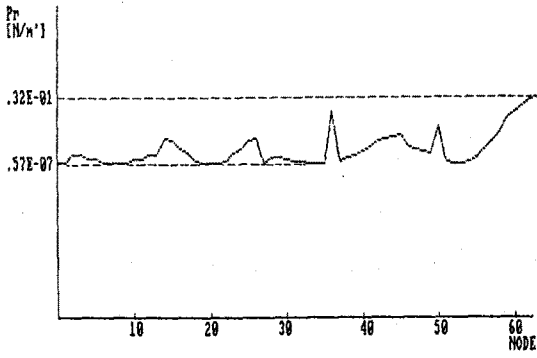


그림 4 : P_r 분포

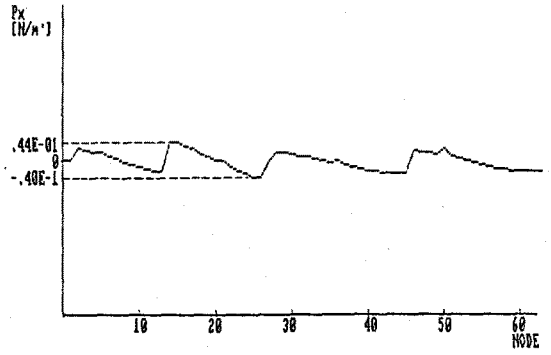


그림 6 : P_x 분포

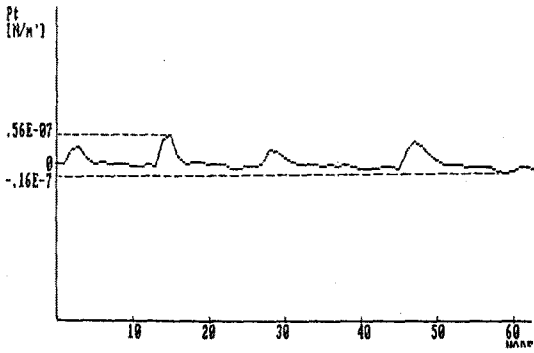


그림 5 : P_t 분포

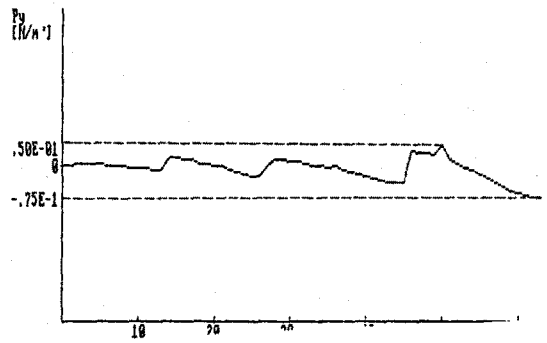


그림 7 : P_y 분포