

- *Kích thước răng rãnh stato và rôto*: Các thông số thuộc nhóm này là các kích thước răng, rãnh stato và rôto như: bề rộng răng stato, rôto (b_{z1}, b_{z2}); chiều cao rãnh stato, rôto (h_{r1}, h_{r2}); các chiều rộng rãnh stato, rôto ($d_{1s}, d_{2s}, d_{1r}, d_{2r}$).

2.1. Kích thước cơ bản

Mối quan hệ giữa các thông số xác định kích thước cơ bản viết dưới dạng tỉ số (gọi là hằng số máy điện) [1 - 4]:

$$C_A = \frac{D^2 I_n}{P} = \frac{6,1 \cdot 10^7}{\alpha_\delta \cdot k_s \cdot k_{d1} \cdot A \cdot B_\delta} \quad (1)$$

trong đó: A : tải đường; B_δ : Mật độ từ thông khe hở không khí; n_{dm} : tốc độ đồng bộ của động cơ; α_δ, k_s, k_d : hệ số cung cực từ, hệ số dạng sóng, hệ số dây quấn. Các hệ số này thay đổi trong khoảng hẹp; $P = \frac{k_E}{\eta} \cdot \frac{P_{dm}}{\cos \varphi}$: công suất tính toán. Với $\eta, \cos \varphi$ là hiệu suất, hệ số công suất

định mức của máy và có thể tra theo bảng tiêu chuẩn; $k_E = E/U$ lúc đầu tra theo đường cong.

Hệ số sử dụng máy máy điện đặc trưng cho việc sử dụng vật liệu tác dụng có dạng [1]:

$$k_A = \frac{1}{C_A} \quad (2)$$

2.1.1. Sự tác động của A và B_δ

Việc chọn A và B_δ tác động rất nhiều đến kích thước chủ yếu D và l . Ngoài ra tỉ số A và B_δ cũng tác động đến đặc tính làm việc và khởi động của động cơ KĐB, vì A đặc trưng cho mạch điện, B_δ đặc trưng cho mạch từ.

- Số vòng dây quấn một pha stato trong tính toán thiết kế được xác định [1, 4]:

$$w_1 = p \cdot q_1 \frac{u_r}{a_1} = p \cdot q_1 \frac{A \cdot t_1}{I_{dm}} \quad (3)$$

trong đó: p : số đôi cực; q_1 : số rãnh một pha dưới một cực; $t_1 = \pi D / Z_1$: bước rãnh stato; I_{dm} : dòng định mức pha dây quấn stato; u_r : số thanh dẫn của một rãnh.

Khi xác định được w_1 , chiều dài một pha của dây quấn stato được tính toán:

$$L_1 = 2(l + l_{dn}) \cdot w_1 \quad (4)$$

trong đó: l : chiều dài lõi sắt stato; l_{dn} : chiều dài phần đầu nối dây quấn stato.

Điện trở dây quấn stato:

$$r_1 = \rho \frac{L_1}{s_d} \quad (5)$$

trong đó s_d là tiết diện của dây quấn stato.

Tổn hao đồng stato:

$$P_{Cu1} = m_1 \cdot I_1^2 \cdot r_1 \quad (6)$$

trong đó m_1, I_1 là số pha và dòng điện pha dây quấn stato.

Khi giảm giá trị tải đường A , theo (3), số vòng dây quấn giảm. Từ (4), (5), (6) cho thấy tổn hao đồng stato sẽ giảm.

- Khi hệ số sử dụng máy điện $k_A = \text{const}$ hay hằng số máy điện $C_A = \text{const}$ nếu giảm giá trị tải đường A, theo (1), giá trị B_δ sẽ tăng.

Mômen khởi động M_k và mômen cực đại M_{max} tỉ lệ nghịch với điện kháng ngắn mạch x_n . Trị số x_n càng nhỏ thì M_k và M_{max} càng lớn. Trị số của điện kháng ngắn mạch x_n^* sau khi tính toán [1, 4]:

$$x_n^* = \frac{I_{dm} \cdot x_n}{U_{dm}} = \lambda \frac{A}{B_\delta} \quad (7)$$

trong đó λ là hệ số chỉ từ thông tản.

Khi tích số AB_δ không đổi thì giá trị λ cũng là một số không đổi. Do vậy, khi A giảm B_δ tăng trị số x_n^* giảm nên nâng cao được giá trị của mômen khởi động và mômen cực đại.

Nhận xét: Khi A, B_δ thay đổi mà cụ thể là A giảm, B_δ tăng sẽ có lợi ích là giảm tổn hao đồng stato và nâng cao đặc tính mômen của động cơ.

2.1.2. Sự tác động của D và l

Khi hệ số sử dụng máy điện không đổi ($k_A = \text{const}$), tích AB_δ không đổi, từ (1) cho thấy: khi D giảm thì l tăng. Khi đó kết cấu động cơ sẽ thon dài. Việc giảm D sẽ có tác dụng:

Giảm chiều dài phần đầu nối dây quấn stato, vì chiều dài phần đầu nối dây quấn stato được xác định [1, 4]:

$$l_{dn} = k_{dl} + \tau_y \cdot B \quad (8)$$

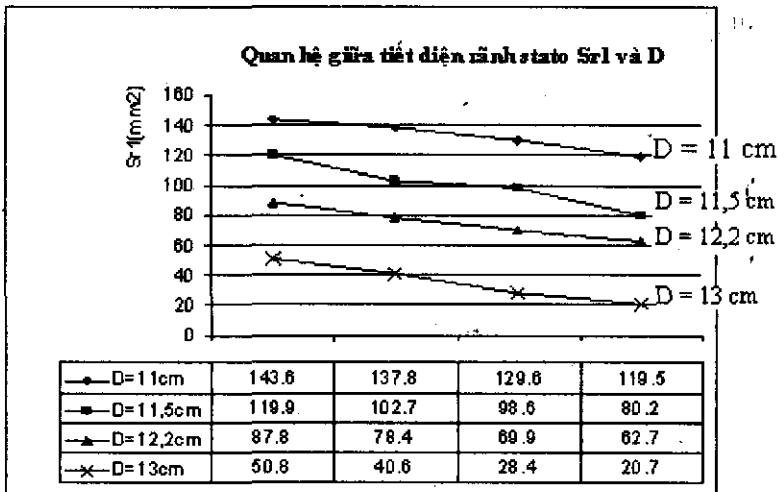
trong đó:

$$\tau_y = \frac{\pi(D + h_{r1})y}{Z_1} \quad (9)$$

với h_{r1} : Chiều cao rãnh stato; Z_1 : Số rãnh stato; y: Bước dây quấn stato.

Khi chiều dài phần đầu nối (l_{dn}) giảm, theo (4); (5); (6), tổn hao đồng stato giảm.

Tăng tiết diện rãnh stato (S_{r1}): Có thể tham khảo kết quả khảo sát động cơ 5 kW, $2p = 4$ như hình 1.



Hình 1: Quan hệ giữa S_{r1} và D

Với một giá trị D sẽ có một số tiết diện rãnh stato (S_{r1}) thỏa mãn điều kiện ràng buộc về mật độ từ thông ở răng và gông stato. Từ hình 1 cho thấy, họ đặc tính S_{r1} sẽ bị giảm dần khi D tăng.

Khi S_{r1} lớn, tiết diện dây quấn stato (s_d) với số thanh dẫn trong rãnh không đổi sẽ lớn hơn, điện trở dây quấn (r_1) giảm. Do đó tổn hao đồng stato (p_{Cu1}) giảm.

Mặt khác khi D nhỏ thì bước rãnh stato $t_1 = \pi D/Z_1$ giảm. Theo (3), số vòng dây quấn giảm dẫn đến điện trở dây quấn stato giảm. Do đó tổn hao p_{Cu1} giảm.

Nhận xét: Khi chọn D nhỏ, l lớn sẽ có khả năng giảm tổn hao đồng stato. Tuy nhiên, giá trị l phải thỏa mãn ràng buộc về công nghệ: $\lambda_{min} \leq \lambda \leq \lambda_{max}$.

2.2 Thông số dây quấn

Quan hệ giữa các thông số dây quấn phải thỏa mãn hệ số lấp đầy rãnh:

- Với dây dẫn tròn:

$$k_{ld} = \frac{u_r \cdot n_1 \cdot d_{cd}^2}{S_{r1}} \quad (10)$$

trong đó: S_{r1} : tiết diện có ích của rãnh stato; d_{cd} : đường kính của dây kể cả cách điện; k_{ld} : hệ số lấp đầy, biến thiên trong khoảng $k_{ldmin} \leq k_{ld} \leq k_{ldmax}$; n_1 : Số sợi chập.

- Với dây dẫn chữ nhật:

$$k_{ld} = \frac{u_r \cdot n_1 \cdot a_{cd} \cdot b_{cd}}{S_{r1}} \quad (11)$$

trong đó: a_{cd} là chiều rộng, b_{cd} là bề dày của dây dẫn kể cả cách điện.

Số thanh dẫn tác dụng trong một rãnh (u_r) và số vòng dây quấn một pha (w_1):

Trong tính toán thiết kế, số thanh dẫn tác dụng của một rãnh được xác định [1, 4]:

$$u_r = \frac{A t_1 \cdot a_1}{I_{dm}} \quad (12)$$

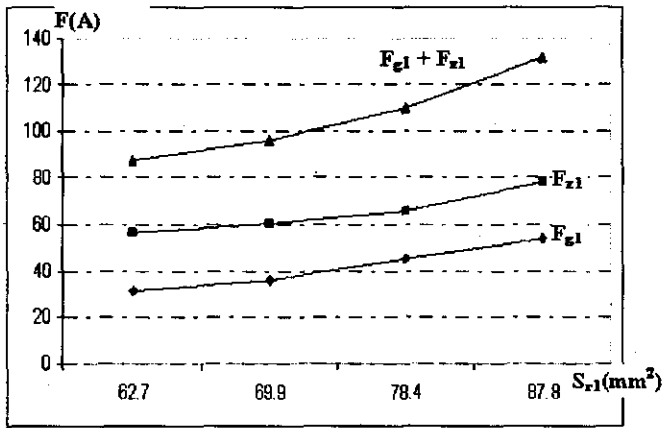
trong đó: a_1 : số mạch nhánh song song; $t_1 = \pi D/Z_1$: bước rãnh stato.

Khi A giảm, D giảm thì u_r giảm. Theo (3) thì w_1 giảm nên điện trở dây quấn stato giảm. Do đó giảm được tổn hao đồng stato.

Tiết diện rãnh stato (S_{r1}) và hệ số lấp đầy (k_{ld}).

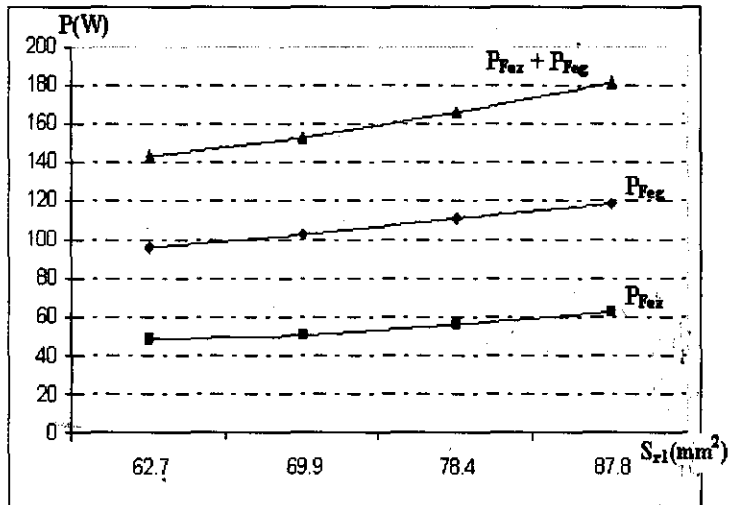
Ứng với mỗi giá trị D_n , D và Z_1 , tiết diện rãnh stato (S_{r1}) có thể biến thiên trong khoảng $S_{r1min} \div S_{r1max}$ vì ràng buộc bởi mật độ từ thông ở gông và răng stato. Về mặt kết cấu, khi tiết diện rãnh tăng, bề rộng răng và chiều cao gông sẽ giảm nên mật độ từ thông ở răng (B_{z1}) và mật độ từ thông ở gông (B_{g1}) tăng lên. Khi đó, tác động đến các thông số như:

- Cường độ từ trường ở răng (H_{z1}) và ở gông (H_{g1}) của stato tăng lên dẫn đến tổng sức từ động của từ trường khe hở không khí tăng lên, dòng không tải cũng tăng lên nên hiệu suất và $\cos\varphi$ giảm xuống. Quan hệ giữa sức từ động răng và gông stato với S_{r1} được khảo sát ở động cơ 5 kW, 2 p = 4 như hình 2.



Hình 2. Quan hệ giữa S_{r1} và sức từ động

- Tổn hao sắt ở răng và gông stato tăng lên. Quan hệ giữa tổn hao sắt ở răng và gông stato với S_{r1} được khảo sát ở động cơ 5 kW, 2 p = 4 như hình 3.

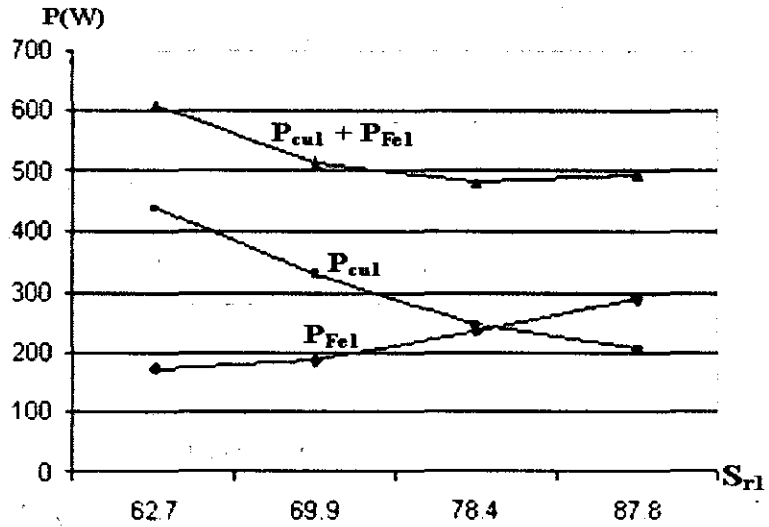


Hình 3. Quan hệ giữa S_{r1} và tổn hao sắt

- Tuy S_{r1} tăng làm B_{z1} , B_{g1} tăng kéo theo tăng tổn hao sắt nhưng theo (10) hay (11) thì đường kính dây quấn (d_{cd}) hay tiết diện dây sẽ lớn hơn (với k_{ld} không đổi) nên tổn hao đồng (p_{cu1}) sẽ giảm xuống. Quan hệ giữa tổn hao sắt và đồng ở stato với S_{r1} được khảo sát ở động cơ 5 kW, 2 p = 4 như hình 4.

Từ hình 4 cho thấy, để tổn hao đồng giảm thì S_{r1} tăng nhảy cấp theo đường kính dây quấn và hệ số $k_{ld} = \text{const}$.

Với mỗi giá trị của d_{cd} , S_{r1} có thể biến thiên $S_{r1} = S_{r1\text{min}} \div S_{r1\text{max}}$ và tương ứng $k_{ld} = k_{ld\text{max}} \div k_{ld\text{min}}$. Khi đó tổn hao đồng stato gần như không đổi, để tổn hao sắt nhỏ thì $S_{r1} = S_{r1\text{min}}$ ứng với $k_{ld} = k_{ld\text{max}}$. Do đó trong tính toán thiết kế cần chú ý xác định S_{r1} sao cho $k_{ld} = k_{ld\text{max}}$.



Hình 4. Quan hệ giữa S_{r1} với tổn hao sắt và tổn hao đồng

2.3 Kích thước răng rãnh stato và rôto

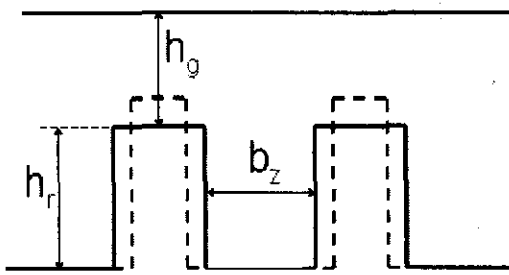
Khi tiết diện rãnh $S_r = \text{const}$, vì răng buộc bởi mật độ từ thông ở răng và gông nên chiều cao răng sẽ biến thiên trong khoảng $h_{r1\text{min}} \div h_{r1\text{max}}$. Nếu h_r tăng thì chiều cao gông (h_g) giảm và bề rộng của răng (b_z) tăng. Quan hệ này thể hiện ở hình 5.

Chiều cao rãnh (h_r) tăng sẽ tác động:

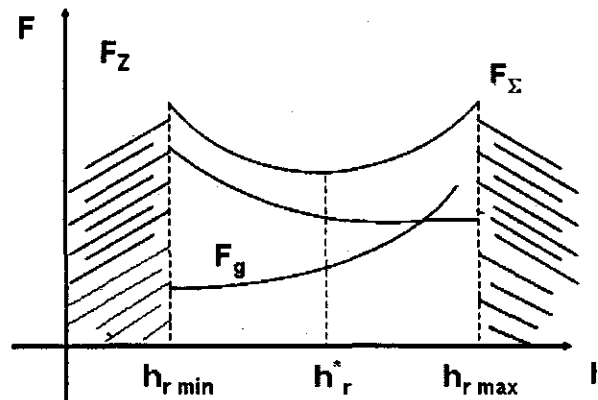
- Làm mật độ từ thông ở gông (B_g) tăng nên sức từ động ở gông (F_g) và tổn hao sắt ở gông (P_{Feg}) tăng.

- Làm mật độ từ thông ở răng (B_z) giảm nên sức từ động ở răng (F_z) và tổn hao sắt ở răng (P_{Fez}) giảm.

Quan hệ giữa h_r và sức từ động như hình 6.



Hình 5. Quan hệ giữa các kích thước rãnh



Hình 6. Quan hệ giữa h_r và sức từ động

Ta có:

- Sức từ động của stato:

$$F_S = F_{zS} + F_{gS}$$

- Sức từ động của rôto:

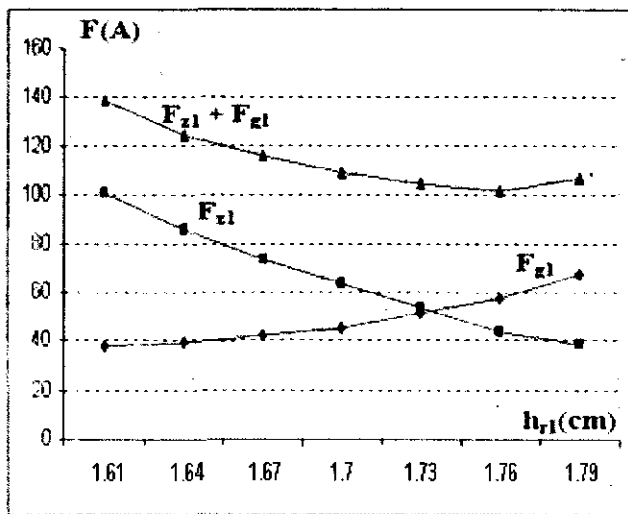
$$F_R = F_{zR} + F_{gR}$$

- Tổng sức từ động:

$$F_{\Sigma} = F_{\delta} + F_S + F_R.$$

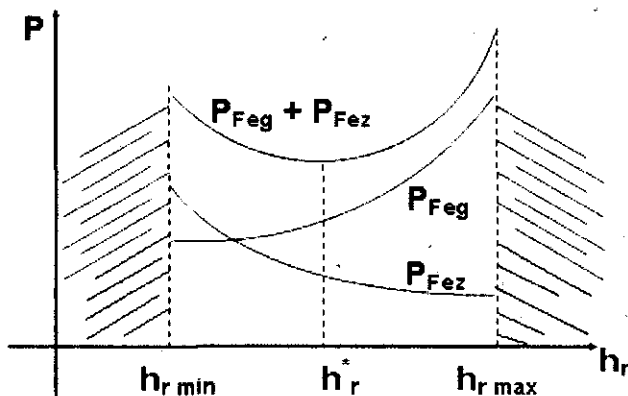
Nếu $h_r = h_r^*$ thì $F_{\Sigma} = \min F(h^*)$ nên dòng từ hóa giảm làm dòng điện tiêu thụ giảm kéo theo tổn hao đồng stato (p_{Cu1}) giảm và $\cos\phi$ tăng.

Quan hệ giữa chiều cao rãnh stato và sức từ động được khảo sát ở động cơ 5,5 kW, 2 p = 4 như hình 7.



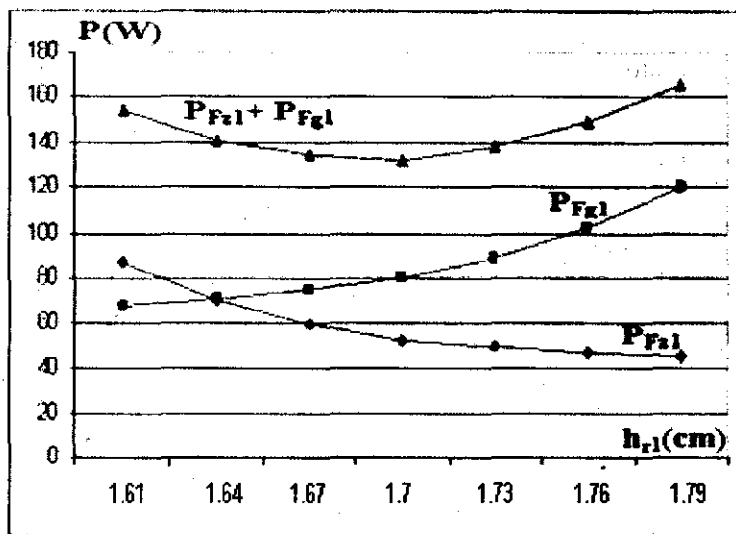
Hình 7. Quan hệ giữa chiều cao rãnh stato (h_{r1}) và sức từ động stato.

+ Quan hệ giữa h_r và tổn hao sắt như hình 8.



Hình 8. Quan hệ giữa h_r và tổn hao sắt

Nếu $h_r = h_r^*$ thì tổn hao sắt là nhỏ nhất $P_{Fe} = P_{Fe\min}$. Quan hệ giữa chiều cao rãnh stato và tổn hao sắt ở stato được khảo sát ở động cơ 5,5 kW, 2p = 4 như hình 9.



Hình 9. Quan hệ giữa chiều cao rãnh stato (h_{r1}) và tổn hao sắt stato

Nhận xét: Cứ mỗi giá trị của chiều cao rãnh sẽ xác định được các kích thước còn lại của răng rãnh (h_g, b_z, \dots), ứng với mỗi bộ kích thước khác nhau thì sức từ động và tổn hao sắt khác nhau. Từ kết quả khảo sát ở hình 7 và hình 9 cho thấy giá trị $h_r = h_r^*$ để $F = F_{\min}$ và $P_{Fe} = P_{Fe\min}$ là khác nhau. Do đó trong tính toán thiết kế cần có giải pháp chọn h_r phù hợp để tổn hao ít nhất nhằm nâng cao hiệu suất động cơ.

3. KẾT LUẬN

Các thông số thiết kế (hay các thông số kết cấu) có ảnh hưởng khác nhau đến tổn hao đồng và sắt của động cơ KĐB 3 pha rôto lồng sóc.

Trong quá trình tính toán thiết kế các thông số này có sự ràng buộc lẫn nhau nên cần có sự kết hợp đồng bộ trong việc lựa chọn các thông số này để tổn hao đồng và sắt ít nhất.

Việc khảo sát sự tác động của các thông số thiết kế đến hai thành phần tổn hao chính của động cơ KĐB 3 pha rôto lồng sóc là một bước quan trọng để người thiết kế có thể định hướng và đưa ra giải pháp thiết kế dây quấn và lõi sắt (mạch từ) hợp lý nhằm giảm nhỏ tổn hao đồng và sắt để hiệu suất động cơ cao hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Khánh Hà, Nguyễn Hồng Thanh - Thiết kế máy điện, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
2. A. E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Stephen D. Umans - Electric Machinery, McGRAW-HILL Book Company, NewYork, 2003.
3. Ali Emadi - Energy-efficient electric motors, MARCEL DEKKER, NewYork, 2005.

4. Jimmie J. Cathey - Electric Machines: Analysis And Design Applying Matlab; McGRAW-HILL Book Company, New York, 2001.
5. Prof. B. E. Kushare, Mr. S. Y. Kulkarni - The complete guide to Energy Efficient Motors, International Copper Promotion Council, India, 2003.

SUMMARY

THE EFFECT OF DESIGN'S PARAMETERS ON COPPER LOSS AND IRON LOSS IN THREE PHASE SQUIRREL CAGE INDUCTION MOTORS

The design's parameters of three phase squirrel cage induction motors can divide into three main groups. First group are the parameters of main dimension such as inside diameter of stator and length of iron core. Second group are the parameters of stator's winding wire such as number of winding wire, diameter of wire and section of stator's slot. Third group are the dimensions of stator and rotor for tooth and slot such as slot's height of stator and rotor, slot's breadth of stator and rotor, tooth's breadth of stator and rotor.

These parameters are interdependent relation. They can vary from min value to max value which designer has to select. This selection will effect on different copper loss and iron loss in three phase squirrel cage induction motors. Therefore a design process needs combine to select these parameters so that copper loss and iron loss get min value.

The efficiency of three phase squirrel cage induction motors can be improved by using good steels, advanced technology and good designing. However using good steels and advanced technology have to invest more capital so the cost price per product will increase. This research's result is important step helping designer can determine and bring out logical method for designing winding wire and the structure of magnetic in order to improve efficient motors.

Địa chỉ:

Nhận bài ngày 5 tháng 12 năm 2007

Đoàn Đức Tùng,

Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Quy Nhơn.

Nguyễn Hồng Thanh,

Bộ môn Thiết bị điện – Điện tử, Khoa Điện, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.