

XÂY DỰNG PHẦN MỀM THIẾT KẾ DÂY QUẤN MÁY ĐIỆN

Phạm Văn Chiến*, Võ Hoàng Tâm

TÓM TẮT

Bài báo này nhằm phát triển một chương trình máy tính hỗ trợ thiết kế máy biến áp một pha công suất nhỏ và thiết kế phục hồi bộ dây quấn động cơ ba pha và một pha các loại. Cách tiếp cận là nghiên cứu và tổng hợp các tài liệu về thiết kế dây quấn máy điện trong và ngoài nước, từ đó tiến hành xây dựng các lưu đồ giải thuật và viết chương trình máy tính. Thông số nghiên cứu là các thông số đầu vào của máy biến áp và thông số lõi thép của các động cơ đã qua sử dụng. Kết quả nghiên cứu cho thấy: phần mềm có độ tin cậy và chính xác cao, sản phẩm kiểm chứng đạt trên 80% so với số liệu cung cấp từ nhà sản xuất.

ABSTRACT

This paper aims to develop a computer program for to support of designed small capacity single phase transformers; same as recovery design of three phase and single phase motor windings types. The approach is research and synthesis document on winding design of electric machine in domestic and foreign. Then, conducted to design an algorithm flowchart and write a computer program. Research parameters are input parameters of transformers and steel core parameters of the electric machine are used. Research results show that software is high reliability and high accuracy, proven products attend to over 80% same as the data supplied from the manufacturer.

1. Giới thiệu

MBA (MBA) và động cơ không đồng bộ (ĐKB) là một trong những loại máy điện (MĐ) tối quan trọng trong công nghiệp và dân dụng. Vì vậy, tính toán thiết kế (TK) dây quấn cho các loại MĐ này là một nhu cầu hết sức khả dụng và thiết thực. Nhưng việc tính toán thủ công sẽ mất nhiều thời gian, độ tin cậy không cao, khó điều chỉnh các tham số...

Nếu có một chương trình máy tính để hỗ trợ cho công việc nêu trên thì người dùng sẽ tiết kiệm đáng kể thời gian tính toán, dễ dàng hiệu chỉnh các tham số nhằm hướng đến một

kết quả có độ tin cậy cao, từng bước tối ưu hóa sản phẩm.

Bài báo “**Xây dựng phần mềm TK dây quấn MĐ**” với mong muốn đáp ứng phần nào các kỳ vọng nói trên, bài báo gồm các nội dung chính sau:

- Tóm tắt cơ sở lý thuyết về TK MBA và TK dây quấn ĐKB 1 pha, 3 pha.

- Xây dựng các lưu đồ và viết phần mềm hỗ trợ TK bao gồm: TK MBA, TK bộ dây quấn ĐKB 1 pha, 3 pha và TK khi thay đổi tham số vận hành.

- Kết quả demo chương trình.

- Kết luận: tóm tắt kết quả đạt được.

* Thạc sĩ, Khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Cửu Long

2. Tóm tắt cơ sở lý thuyết

2.1. Thiết kế MBA

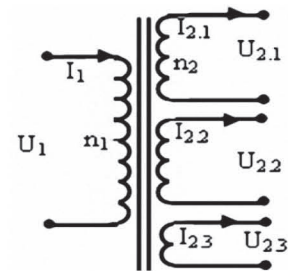
Bước 1: Xác định dung lượng MBA

Từ yêu cầu của khách hàng, người TK sẽ xây dựng sơ đồ nguyên lý và tính dung lượng MBA như sau:

$$S_{BA} = S_2 = \sum U_{21} \cdot I_{21} \quad [\text{VA}] \quad (1)$$

Bước 2: Ước lượng tiết diện lõi thép, suy ra số lá thép cần dùng

$$S_{L\text{OI}} = 1,423 \cdot K_{hd} \cdot \frac{\sqrt{S_{BA}}}{B} \quad [\text{cm}^2] \quad (2a)$$



Hình 1: Sơ đồ nguyên lý MBA

Với: K_{hd} : là hệ số hình dáng; B: là cảm ứng từ của lõi thép;

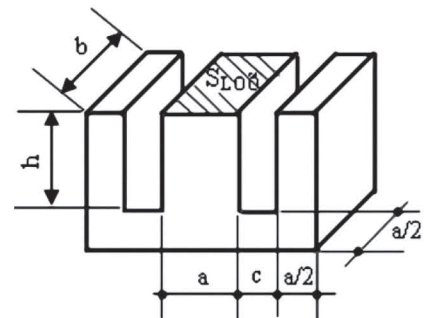
Từ kích thước tiêu chuẩn của lõi thép, tính được:

$$S_{L\text{OI}} = a \times b \quad (2b)$$

Chọn mặt a theo tiêu chuẩn và suy ra bề dày b. sau đó tính khối lượng thép cần dùng

$$m_T = 46,8 a^2 \cdot b \quad (2c)$$

(a [dm], b [dm] m_T [kg])



Hình 2: Kết cấu mạch từ MBA

Bước 3: Tính số vòng dây quấn cho mỗi volt

$$n_V = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot B \cdot S_{L\text{OI}}} \quad [\text{m}^2] \quad (3)$$

Bước 4: Tính số vòng quấn cho cuộn sơ cấp và thứ cấp

➤ Số vòng quấn cuộn sơ cấp: $n_1 = n_V \cdot U_1 \quad (4a)$

➤ Số vòng quấn cuộn thứ cấp: $n_2 = n_V \cdot (U_2 + 5\% - 15\%) \quad (4b)$

Bước 5: Chọn hiệu suất (η) phù hợp và tính dòng điện phía sơ cấp

$$I_1 = \frac{S_2}{U_1 \cdot \eta} \quad (5a)$$

Bước 6: Tính đường kính dây quấn: $d_i = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_i}{J}}$ (5b)

Với: J là mật độ dòng điện [A/mm^2]; d_i là đường kính thực của dây quấn chưa kể lớp men cách điện [mm].

Bước 7: Tính hệ số lấp đầy (k_{ld})

Hệ số lấp đầy cho biết bề dày cuộn dây chiếm chỗ bao nhiêu trong cửa sổ của lõi thép:

$$k_{ld} = \frac{d_d}{d_c} = (0,6 - 0,7); \text{ Tối đa là } 0,8 \quad (6)$$

Với: d_d : Bề dày cuộn dây; d_c : Bề rộng cửa sổ $c = \frac{1}{2} \cdot a$

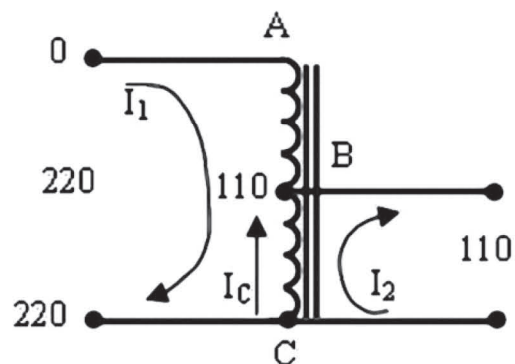
Bước 8: Tính khối lượng dây quấn (m_d):

$$m_d = \sum m_{di} = \sum \left[(1,2 - 1,3) \cdot 8,9 \cdot L_{TB} \cdot n_i \cdot \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \cdot 10^{-4} \right] \quad (7)$$

Trong đó: L_{TB} : là chiều dài trung bình của một vòng dây [dm]; n_i : là số vòng quấn của các cuộn dây; d_i : là đường kính dây tương ứng [mm]; m_{di} : là khối lượng [kg].

❖ Trường hợp nếu có trước một lõi thép nào đó (biết trước tiết diện lõi thép) thì áp dụng biểu thức (2a) để tính dung lượng biến áp phù hợp. Sau đó tính các tham số còn lại tương tự như trên.

❖ Nếu là MBA tự ngẫu có 1 ngõ vào và 1 ngõ ra như hình 3, cũng được tiến hành tương tự, nhưng tiết diện lõi thép được tính như biểu thức (8)

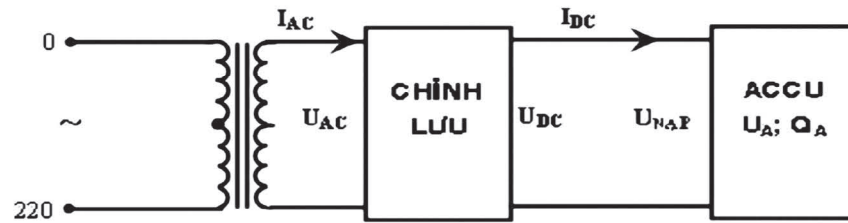


Hình 3: MBA tự ngẫu 220/110

$$S_{Lõi} = k_{kn} \cdot \frac{\sqrt{S_{BA}}}{B} \quad [cm^2] \quad (8)$$

Với: k_{kn} là hệ số kinh nghiệm chọn từ (0,6 – 0,8).

❖ Nếu muốn TK MBA dùng cho bộ nạp accu như sơ đồ hình 4, trình tự tính toán như sau:



Hình 4: Sơ đồ khối máy nạp accu

➤ Tính dòng điện nạp:
$$I_N = \frac{Q_A}{t_N} \quad (9a)$$

➤ Chọn điện áp nạp:
$$U_N = (1,1 - 1,15) \cdot U_A \quad (9b)$$

Trong đó: Q_A : là dung lượng accu [A.h]; U_A : là điện áp accu [V]; t_N : là thời gian nạp cho accu [h], chọn (6 - 10)h; U_N : là điện áp nạp cho accu [V];

➤ Chọn dạng mạch chỉnh lưu, tra bảng 1 để suy ra điện áp và dòng điện phía thứ cấp MBA U_2 và I_2 . Cuối cùng tính toán như MBA cách ly ở mục 2.1.

Bảng 1 Quan hệ giữa dạng mạch chỉnh lưu và thông số MBA

Dạng mạch CL	U_2	I_2	S_{BA}
Bán kỳ	$2,22 \cdot U_{DC}$	$1,57 \cdot I_{DC}$	$3,5 \cdot U_{DC} \cdot I_{DC}$
Hai nửa chu kỳ (2 diode)	$1,11 U_{DC}$	$I_{DC} / \sqrt{2}$	$1,57 U_{DC} \cdot I_{DC}$
Toàn kỳ (cầu diode)	$1,11 U_{DC}$	I_{DC}	$1,11 U_{DC} \cdot I_{DC}$

2.2 TK dây quấn ĐKB 3 pha

Trong phần này, chỉ giới hạn tính toán bộ dây quấn trong các trường hợp sau:

- Tính toán lại bộ dây quấn stator khi động cơ bị mất lý lịch;
- Tính toán thay đổi tốc độ quay cho động cơ (thay đổi 2p);

Bước 1: Xác định các thông số lõi thép (hình 5).

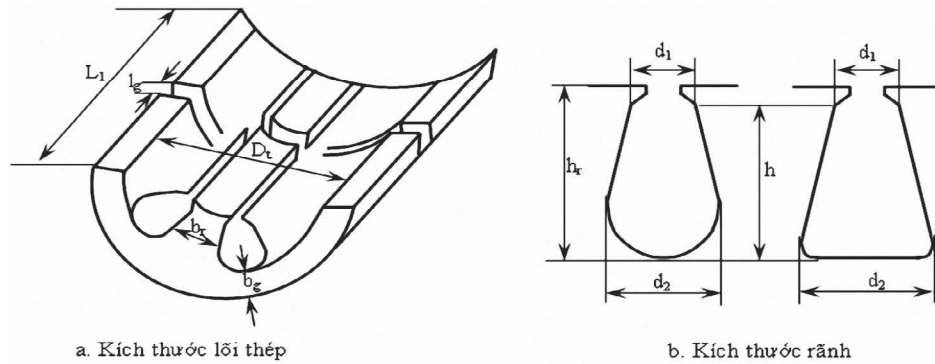
Bước 2: Ước tính số cực từ (2p), sau đó chọn 2p là số chẵn gần nhất

$$2p_{\min} = (0,4 - 0,5) \frac{D_l}{b_g} \quad (10)$$

Bước 3: Quan hệ từ thông mặt cực (F) và cảm ứng từ khe hở không khí (B_g)

$$\Phi = \alpha_s \cdot (\tau \cdot L) \cdot B_g \quad [\text{Wb}] \quad (11)$$

Với: $\alpha_d = 0,7 - 0,715$: hệ số cung cực từ; τ : bước cực từ [m]; $\tau \cdot L$: diện tích mặt cực từ [m²];



Hình 5: Thông số lõi thép và kích thước rãnh

Bước 4: Quan hệ cảm ứng từ qua gông (B_g) và cảm ứng từ khe hở không khí (B_δ);

$$B_g = \frac{\Phi}{2(b_g \cdot L) \cdot k_c} \tag{12a}$$

Bước 5: Quan hệ cảm ứng từ qua răng (B_r) và cảm ứng từ khe hở không khí (B_δ):

$$B_r = \frac{t_r}{b_r} B_\delta \tag{12b}$$

Với: $k_c = 0,93 - 0,95$: là hệ số ép chặt của lõi thép; t_r : là bước răng stator [m];

Bước 6: Lập bảng quan hệ giữa B_δ và B_g, B_r như bảng 2, sau đó tra bảng 3 để chọn giá trị B_δ sao cho B_g, B_r không vượt quá giới hạn tối đa cho phép. Sau đó thay B_δ vừa chọn vào (11) để tính lại từ thông Φ .

Bảng 2 Quan hệ giữa B_δ và B_g, B_r

B_δ [T]
B_g [T]									
B_r [T]									

Bảng 3 Trị tối đa cho phép của B_g, B_r theo công suất động cơ

P_{dm} [kW]	> 100	10 - 100	1 - 10	< 1
B_g [T]	1,3 - 1,5	1,2 - 1,5	1,1 - 1,5	1 - 1,4
B_r [T]	1,8 - 2	1,4 - 1,8	1,4 - 1,6	1,3 - 1,5

Bước 7: Chọn kết cấu dây quấn và tính hệ số dây quấn (k_{dq})

$$k_{dq} = k_r \cdot k_n = \left[\frac{\sin\left(q \frac{\alpha_d}{2}\right)}{q \cdot \sin\left(\frac{\alpha_d}{2}\right)} \right] \cdot \left[\sin\left(\frac{y}{\tau} 90^\circ\right) \right] \tag{13}$$

Với: k_r : Hệ số quấn rải; k_n : Hệ số bước ngắn, dùng cho dây quấn 2 lớp;

Bước 8: Tính số vòng cho mỗi dây

- Số vòng mỗi bó [vòng/bó]:
$$N_b = \frac{K_E \cdot U_{\text{đmpha}}}{4K_s \cdot f \cdot \Phi \cdot k_{dq} \cdot \sum n_{bi}} \quad (14)$$

Với: $K_s = 1,07 - 1,09$: hệ số sóng dạng từ trường trong khe hở không khí; K_E : tỉ số điện áp nguồn mỗi pha và sức điện động cảm ứng mỗi pha, phụ thuộc công suất động cơ (thể hiện qua diện tích mặt cực như bảng 4); $\sum n_{bi}$: là tổng số bó dây trong 1 pha;

Bảng 4 Quan hệ ($\tau.L$) và K_E

$\tau.L$ [cm ²]	15 - 50	50 - 100	100 - 150	150 - 400	> 400
K_E	0,75 - 0,86	0,86 - 0,9	0,9 - 0,93	0,93 - 0,95	0,96 - 0,97

Bước 9: Tính tiết diện rãnh, chọn hệ số lấp đầy và suy ra đường kính thực của dây quấn (không kể cách điện).

- Tiết diện rãnh S_r [mm²]: tùy vào rãnh dạng quả lê hay hình thang mà áp dụng công thức hình học phù hợp để tính toán

- Hệ số lấp đầy k_{ld} :
$$k_{ld} = \frac{n \cdot u_r \cdot N_b \cdot S_{cd}}{S_r} \quad (15a)$$

Trong đó: n : là số sợi chập song song; u_r : số cạnh tác dụng trong 1 rãnh (dây quấn 1 lớp: $u_r = 1$, dây quấn 2 lớp: $u_r = 2$); S_{cd} : tiết diện dây kể cả cách điện.

Tra bảng 5 để chọn hệ số lấp đầy, sau đó suy ra tiết diện dây quấn.

Bảng 5 Giá trị hệ số lấp đầy

Hình dạng rãnh	Loại dây quấn	k_{ld}
Hình thang hay hình chữ nhật	2 lớp	0,33 - 0,40
	1 lớp	0,36 - 0,43
Hình quả lê	2 lớp	0,36 - 0,43
	1 lớp	0,33 - 0,48

- Tiết diện dây quấn:
$$S_{cd} = \frac{k_{ld} \cdot S_r}{n \cdot u_r \cdot N_b} \quad (15b)$$

- Đường kính thực dây quấn:
$$d = 1,13 \sqrt{S_{cd}} - 0,05 \quad (15c)$$

Bước 10: Tính dòng điện pha định mức và công suất của động cơ

- Dòng điện định mức:
$$I_{\text{đmpha}} = \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) \cdot J \quad (16a)$$

- Công suất định mức:
$$P_{\text{đm}} = 3 \cdot U_{\text{Pđm}} \cdot I_{\text{Pđm}} \cdot \eta \cdot \cos\varphi \quad (16b)$$

Với: J là mật độ dòng điện, tra trong bảng 6; $\eta = 0,8 - 0,92$: hiệu suất động cơ; $\cos\varphi = 0,7 - 0,93$: hệ số công suất;

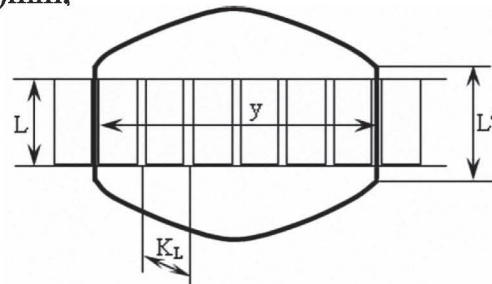
Bảng 6 Mật độ dòng điện theo công suất động cơ

P_{dm} [kW]	> 100	10 - 100	1 - 10	< 1
J [A/mm ²]	3 - 5	4 - 5,5	5 - 6	6 - 8

Bước 11: Tính khối lượng dây quấn

• Tính chu vi khuôn: $CV = 2(K_L \cdot y + L')$ (17a)

Với: $K_L = \frac{\pi \cdot \gamma (D_t + h_r)}{Z}$ là bề dài phần đầu nối của bồi dây ở 2 rãnh liên tiếp; γ : hệ số dẫn dài phần đầu nối, chọn theo bảng 7; $L' = L + (5 - 10)\text{mm}$;



Hình 6: Xác định chu vi khuôn quấn

Bảng 7: Hệ số dẫn dài

2p	γ	2p	γ
2	1,27 - 1,3	6	1,5
4	1,33 - 1,35	8 và lớn hơn	1,7

• Chiều dài một pha: $L_{pha} = \sum (n_{bi} \cdot CV \cdot N_b)$ (17b)

• Khối lượng dây quấn: $W_{dây} = 1,18,9.3 L_{pha} \frac{\pi d^2}{4} \cdot 10^{-4}$ (17c)

Với: L_{pha} [dm]; d [mm]; $W_{dây}$ [kg]

2.3 TK ĐKB 1 pha khởi động nội trở

Trường hợp này tương tự hoàn toàn mục 2.2 từ bước 1 đến bước 6. Ở bước 7, khi tính hệ số dây quấn thì tiến hành tính cho cuộn dây chính (k_{dqch}) và cuộn dây phụ (k_{dqph}). Sau đó tính số vòng quấn pha chính như sau:

Bước 8: Tính số vòng pha chính

• Số vòng mỗi bồi dây [vòng/bồi]: $N_{bch} = \frac{K_E \cdot U_{đmpha}}{4,44 \cdot f \cdot \Phi \cdot k_{dqch} \cdot \sum n_{bch}}$ (18)

Bước 9: Tính tiết diện rãnh, chọn hệ số lấp đầy và suy ra đường kính thực của dây quấn, sau đó chọn mật độ dòng điện và tính dòng điện định mức của động cơ (tương tự động cơ 3 pha).

Bước 10: Tính công suất định mức của động cơ (chọn $\eta = 0,7$; $\cos\varphi = 0,7$)

$$P_{dm} = U_{dm} \cdot I_{dm} \cdot \eta \cdot \cos\varphi \quad (19)$$

Bước 11: Tính dây quấn pha phụ

• Số vòng quấn pha phụ:
$$N_{ph} = a \cdot \left(N_{bch} \cdot \sum n_{bch} \right) \cdot \frac{k_{dqch}}{k_{dqph}} \quad (20a)$$

• Đường kính dây quấn pha phụ:
$$d_{ph} = d_{ch} \left[0,9^{2+5a} \right] \quad (20b)$$

Với: $a = \frac{N_{ph} \cdot k_{dqph}}{N_{ch} \cdot k_{dqch}}$: tỉ số vòng quấn hiệu dụng pha phụ và pha chính. Tỉ số a phụ thuộc công suất động cơ như bảng 8.

Bảng 8: Quan hệ giữa công suất động cơ và hệ số a

P_{dm}	a	P_{dm}	a	P_{dm}	a
(1/20 - 1/12)Hp	0,3 - 0,6	(1/12 - 1/8)Hp	0,6 - 0,7	(1/8 - 1/2)Hp	0,7 - 1,0

2.4 TK ĐKB 1 pha khởi động bằng tụ điện

Trường hợp này tương tự như động cơ 1 khởi động nội trở từ bước 1 đến bước 10. Phần tính toán cho pha phụ như sau:

Bước 11: Tính điện trở pha chính $r_{ch} = 0,01924 \cdot \frac{L_{ch}}{\pi \cdot d^2} \quad (21)$

Bước 12: Xác lập các mối quan hệ

• Giá trị tụ khởi động $C_{KD} = \frac{3180 \cdot t^2}{(1 + a^2) \cdot r_{ch} \cdot c_w} \quad [\mu F] \quad (22a)$

• c_w : tỉ số khối lượng giữa pha phụ và pha chính

$$c_w = a \cdot t \cdot \frac{k_{dqch} (K_{Lph} \cdot Y_{tbph} + L')}{k_{dqph} (K_{Lch} \cdot Y_{tbch} + L')} = 0,4 - 0,5 \quad (22b)$$

• t : tỉ số tiết diện giữa pha phụ và pha chính: $t = \frac{S_{ph}}{S_{ch}} = \left(\frac{d_{ph}}{d_{ch}} \right)^2 \quad (22c)$

Chọn trước giá trị tụ khởi động phù hợp, Giải hệ (22a) và (22b) sẽ tìm được a và t . Sau áp dụng (20a) và (20b) để tính số vòng dây quấn, đường kính và khối lượng pha phụ.

Bước 13: Tính bội số dòng điện mở máy và kiểm tra mật độ dòng điện khi mở máy

• Bội số dòng điện mở máy: $K_{mm} = \frac{C_{KD} \cdot U_{dm}^2 \cdot (1 + a^2) \cdot \eta \cdot \cos\varphi}{3180 \cdot P_{dm}} = 4 \div 6 \quad (23a)$

- Mật độ dòng điện pha phụ: $J_{phmn} = \frac{K_{mn} J_{ch}}{t\sqrt{1+a^2}} = (50 \div 60) A / mm^2$ (23b)

- Điện áp trên tụ khởi động: $U_C = U_{dm} \sqrt{1+a^2}$ (23c)

2.5 Tính toán dây quấn động cơ sử dụng tụ làm việc

Về cơ bản, trình tự tính toán dây quấn cho loại động cơ này tương tự như loại dùng tụ khởi động, cần lưu ý một số điểm khác biệt sau:

Ở bước 6: khi lập bảng quan hệ giữa B_g ; B_δ ; B_p , chọn các giá trị trong khoảng:

$$B_{gmax} = (1 - 1,25) T; \quad B_{rmax} = (1,2 - 1,4)T;$$

Trong bước 9: Tính được dòng điện qua pha chính (**chưa phải dòng điện định mức ở dây chung của động cơ**).

Bước 10: Dĩ nhiên ở đây chưa tính được công suất động cơ.

Bước 12: Lập các mối quan hệ C , c_w , a , t cần chú ý:

✓ Chọn $C_{LV} \approx (20 - 25)\%$. C_{KD} ; Chọn $c_w \approx 1$

✓ Giải hệ phương trình, tính thông số pha phụ; tiếp theo tính hệ số công suất và dòng điện định mức động cơ theo biểu thức:

$$\cos\varphi = \frac{2a}{1+a^2} \quad (24a)$$

$$I_{dm} = \frac{I_{ch} \sqrt{1+a^2}}{a} \quad (24b)$$

2.6 Tính toán thay đổi tham số vận hành của động cơ

Đối với động cơ thường tính toán qui đổi khi thay đổi tần số, thay đổi điện áp hoặc thay đổi sơ đồ dây quấn (từ 1 lớp sang 2 lớp hoặc ngược lại)

- **Qui đổi số vòng quấn:** $N_{b2} = N_{b1} \cdot \frac{U_2}{U_1} \cdot \frac{f_1}{f_2} \cdot \frac{K_{dq1}}{K_{dq2}}$ (25a)

- **Qui đổi đường kính dây:** $d_2 = d_1 \cdot \sqrt{\frac{U_1}{U_2} \cdot \frac{f_2}{f_1} \cdot \frac{K_{dq2}}{K_{dq1}}}$ (25b)

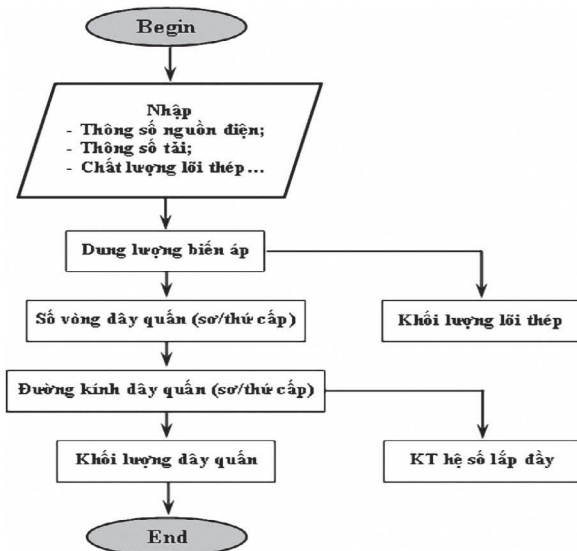
- **Tính toán lại công suất động cơ:** $P_2 = P_1 \cdot \frac{f_2}{f_1} \cdot \frac{K_{dq2}}{K_{dq1}}$ (25c)

3. Thiết kế lưu đồ và viết chương trình máy tính

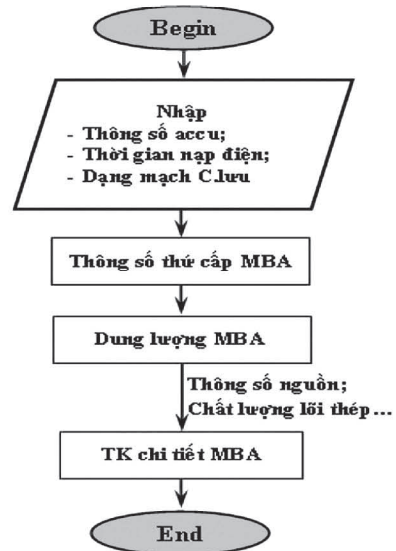
3.1 Thiết kế lưu đồ giải thuật

Căn cứ vào cơ sở lý thuyết ở mục 2, ở phần này nhóm tác giả tiến hành viết lưu đồ giải thuật để TK các thông số cho bộ dây quấn MBA, động cơ 3 pha, 1 pha và lưu đồ thay đổi tham số động cơ, cụ thể như sau:

3.1.1 Lưu đồ TK MBA

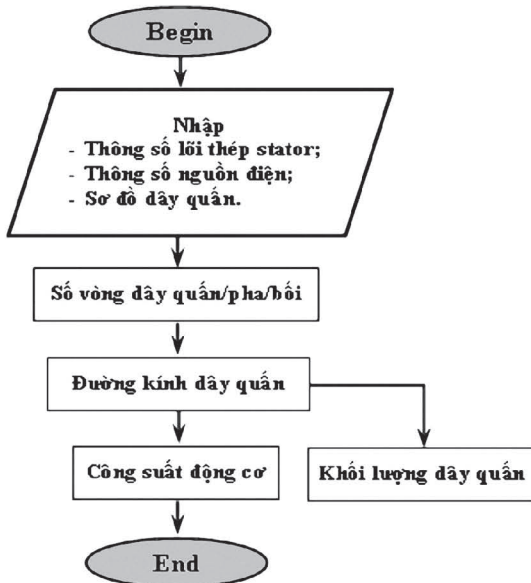


Hình 7: Lưu đồ TK MBA cách ly/tự ngẫu

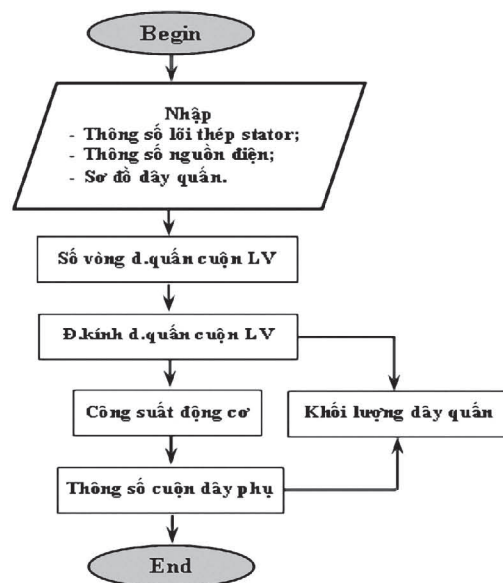


Hình 8: Lưu đồ TK MBA nạp accu

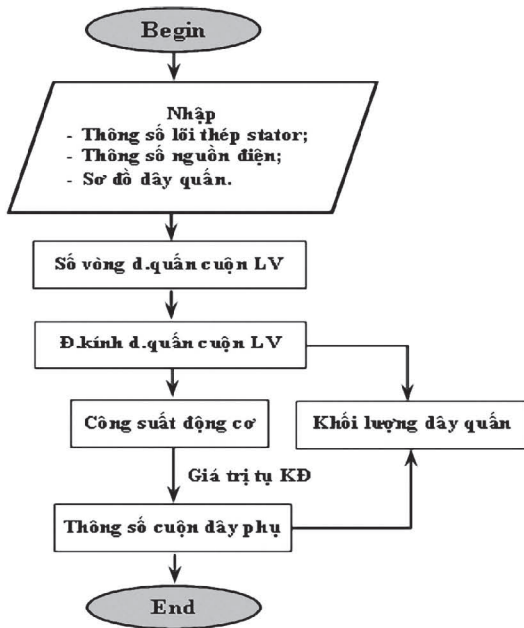
3.1.2 Lưu đồ TK dây quấn ĐKB 3 pha, 1 pha



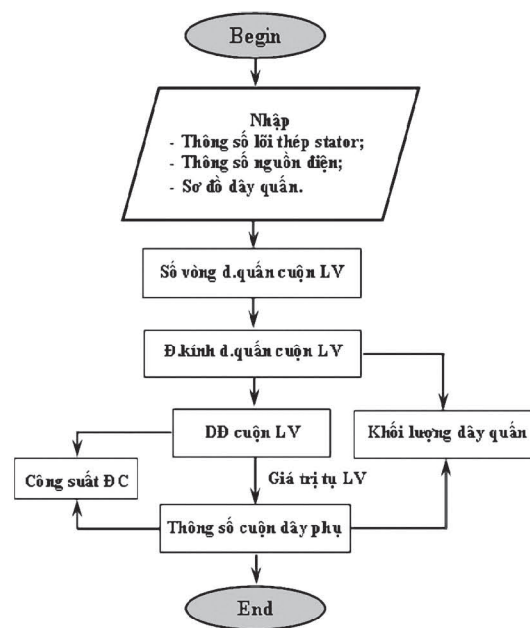
Hình 9: Lưu đồ TK ĐKB 3 pha



Hình 10: Lưu đồ TK ĐKB 1 pha khởi động nội trở

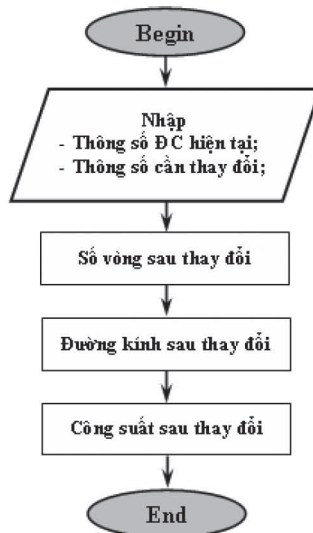


Hình 11: Lưu đồ TK ĐKB 1 pha khởi động bằng tụ điện



Hình 12: Lưu đồ TK ĐKB 1 pha sử dụng tụ làm việc

3.1.3 Lưu đồ TK thay đổi tham số động cơ



Hình 13: Lưu đồ TK thay đổi tham số ĐC

3.2 Viết chương trình máy tính

Chương trình máy tính được thực hiện bằng ngôn ngữ lập trình Visual Basic 6.0 với 12 form xử lý. Trong đó:

- 1 form giới thiệu chương trình.
- 1 MDI form chứa các form con, mỗi form con xử lý tính toán tương ứng một lưu đồ giải thuật.

- 5 form con xử lý tính toán *MBA* (bao gồm: *MBA cách ly*, *tự ngẫu* và *MBA nạp accu*).
- 1 form con xử lý tính toán “*Thay đổi tham số động cơ*”.
- 1 form con xử lý tính toán “*Dây quấn ĐKB 3 pha*”.
- 3 form con xử lý tính toán “*Dây quấn ĐKB 1 pha*” (bao gồm: *ĐKB 1 pha khởi động bằng nội trở*, *khởi động bằng tụ điện* và *sử dụng tụ làm việc*).

Chương trình hoàn chỉnh được đóng gói thành file thực thi (có phần mở rộng .exe), người dùng chỉ cần chạy chương trình (không cần cài đặt) trên bất kỳ máy tính nào có cài đặt hệ điều hành từ Window XP trở lên.

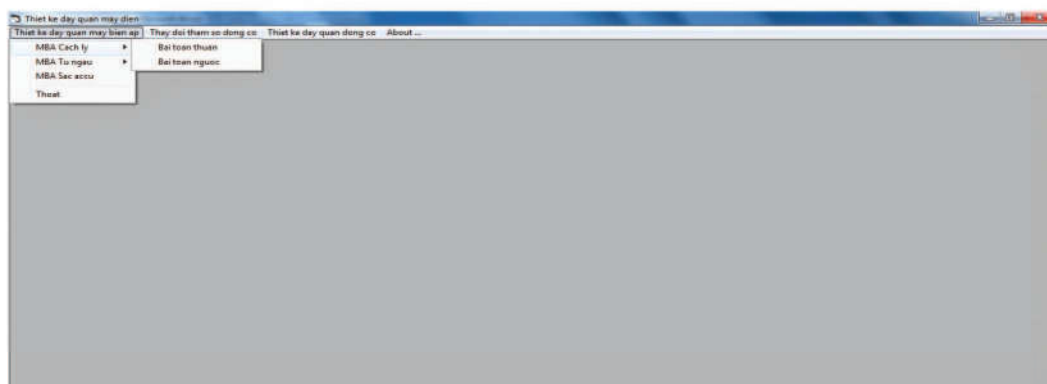
4. Demo chương trình và thi công sản phẩm kiểm chứng

4.1 Kết quả demo chương trình

Khi chạy chương trình, giao diện giới thiệu chương trình sẽ xuất hiện như hình 14, tiếp tục bấm thẻ “*Vào chương trình*”, sẽ dẫn đến giao diện chính của chương trình như hình 15. Giao diện này có 4 menu chính để hỗ trợ TK và các thông tin cần thiết về chương trình. Một số kết quả demo chương trình được trình bày trong các hình 16 - hình 23.



Hình 14 Giao diện giới thiệu chương trình



Hình 15 Giao diện chính của chương trình

Máy biến áp cách ly - Bài toán thuận

Chọn các thông số

Điện áp thứ cấp (U2):	60 (V)
Dòng điện thứ cấp (I2):	5 (A)
Điện áp sơ cấp (U1):	220 (V)
Cảm ứng từ (B):	1.2 (T)
Tần số (f):	50 (Hz)
Bề rộng lõi thép (a):	4.0 (cm)
Hệ số hình dáng: Lõi U, E: Khd = 0.75 - 0.85; Lõi E, I: Khd = 1 - 1.2	
Hệ số lõi thép: L0	
Hệ số mẫu: Sba < 100VA: h = 0.8 - 0.9; Sba > 100VA: h = 0.9 - 0.95	
Hệ số mẫu: 0.90	
Mật độ dòng điện: MBA làm việc LT J = 2.5 - 5; MBA làm việc ở J = 5.1 - 7.0	
Hệ số mẫu: 5.0	

Các thông số cần tính

Dung lượng biến áp (Sba):	300 (VA)
Tiết diện lõi thép (Sloi):	20.54 (cm ²)
Bề dày lõi thép (b):	5.14 (cm)
Khối lượng lõi thép (mT):	3.85 (kg)
Số vòng / volt (nv):	1.83 (vòng/V)
Số vòng sơ cấp (n1):	403 (vòng)
Số vòng thứ cấp (n2):	121 (vòng)
Dòng điện sơ cấp (I1):	1.5 (A)
Đường kính sơ cấp (d1):	0.62 (mm)
Đường kính thứ cấp (d2):	1.13 (mm)
Hệ số lấp đầy:	0.5
Khối lượng dây quấn:	
Sơ cấp:	0.3 (kg)
Thứ cấp:	0.3 (kg)
Khối lượng dây:	0.6 (kg)

Tính toán **Xóa**

11/06/2015 09:54:04

Hình 16: Kết quả TK MBA cách ly

Máy biến áp tu ngẫu - Bài toán thuận

Chọn các thông số

Điện áp sơ cấp (U1):	220 (V)
Điện áp thứ cấp (U2):	110 (V)
Dung lượng biến áp (Sba):	550 (VA)
Cảm ứng từ (B):	1.2 (T)
Tần số (f):	50 (Hz)
Bề rộng lõi thép (a):	4.0 (cm)
Hệ số hình dáng: 0.7	
Hệ số mẫu: Sba < 100VA: h = 0.8 - 0.9; Sba > 100VA: h = 0.9 - 0.95	
Hệ số mẫu: 0.90	
Mật độ dòng điện: MBA làm việc LT J = 2.5 - 5; MBA làm việc ở J = 5.1 - 7.0	
Hệ số mẫu: 4.5	

Các thông số cần tính

Tiết diện lõi thép (Sloi):	13.68 (cm ²)
Dòng điện thứ cấp (I2):	5 (A)
Dòng điện sơ cấp (I1):	2.8 (A)
Bề dày lõi thép (b):	3.42 (cm)
Khối lượng lõi thép (mT):	2.6 (kg)
Số vòng / volt (nv):	3 (vòng/V)
Số vòng sơ cấp (n1):	660 (vòng)
Số vòng thứ cấp (n2):	363 (vòng)
Đường kính sơ cấp (d1):	0.89 (mm)
Đường kính thứ cấp (d2):	
Dòng điện dây chung (Ic):	1.2 (A)
Đường kính dây chung (dc):	0.79 (mm)
Hệ số lấp đầy:	0.65

Khối lượng dây quấn

Khối lượng dây quấn d1:	0.8 (kg)
Khối lượng dây quấn d2:	
Khối lượng dây chung:	0.4 (kg)

Tính toán **Xóa**

11/06/2015 10:04:24

Hình 17: Kết quả TK MBA tự ngẫu

Thiết kế dây quấn máy biến áp Thay đổi tham số động cơ Thiết kế dây quấn động cơ About...

Bien áp nạp Accu

Chọn các thông số

Điện áp Accu (Ua):	12 (V)
Dung lượng Accu (Qa):	200 (Ah)
Thời gian nạp (tN):	7 (h)

Các thông số cần tính

Dung lượng biến áp (Sba):	434.15 (VA)
Điện áp thứ cấp (U2):	15.3 (V)
Dòng điện thứ cấp (I2):	28.6 (A)

Chọn mạch chỉnh lưu:

- Chỉnh lưu bán kỳ
- Chỉnh lưu 2 diode
- Chỉnh lưu cầu

Tính **Xóa**

Bạn có muốn tiếp tục tính toán chỉ tiết MBA không?!

Có **Không**

11/06/2015 10:37:40

Hình 18: Kết quả TK MBA nạp accu

Thay đổi tham số động cơ

Trạng thái hiện tại

Tổng số rãnh (Z):	24
Số cực từ (2p):	2
Chọn loại dây quấn:	
<input checked="" type="radio"/> Dây quấn 1 lớp	
<input type="radio"/> Dây quấn 2 lớp	
Bước dây quấn (y):	12
Hệ số dây quấn (Kdq1):	0.96
Điện áp pha (U1):	110 (V)
Tần số (f1):	60 (Hz)
Công suất (P1):	500 (W)
Đường kính dây (d1):	0.7 (mm)
Số vòng/rãnh (Nr1):	70 (Vòng)

Trạng thái thay đổi

Chọn loại dây quấn:

- Dây quấn 1 lớp
- Dây quấn 2 lớp

Bước dây quấn (y): 10

Hệ số dây quấn (Kdq2): 0.92

Điện áp pha (U2): 220 (V)

Tần số (f2): 50 (Hz)

Công suất (P2): 399.31 (W)

Đường kính dây (d2): 0.44 (mm)

Số vòng/rãnh (Nr2): 175.3 (Vòng)

Tính Hệ số dây quấn **Xóa** **Tính toán thông số**

07/06/2015 11:03:57

Hình 19: Thay đổi tham số động cơ

Thiết kế dây quấn máy biến

Thiết kế dây quấn máy biến áp Thay đổi tham số động cơ Thiết kế dây quấn động cơ About...

Chọn các thông số

Đường kính Stator (D):	150 (mm)
Chiều dài Stator (L):	88 (mm)
Bề dày giấy (bg):	18 (mm)
Bề dày vòng (br):	6 (mm)
Tổng số rãnh (Z):	36
Điện áp định mức (U):	220 (V)
Tần số định mức (f):	50 (Hz)
Cảm ứng từ qua rãnh (B):	1.3 (T)
Chọn loại số cực từ:	4
Loại dây quấn:	2 lớp
Bước dây quấn (y):	8

Các thông số cần tính

Số cực từ chuẩn (2pm):	13-42
Số rãnh/pha/cực (q):	3
Góc lệch điện:	30
Tổng số vòng/pha (Npha):	248
Đường kính dây (d):	1.4 (mm)
Đường kính dây quấn (d1):	8.82 (mm)
Dòng điện định mức (I):	10.32 (A)
Công suất định mức (P):	4357 (W)
Khối lượng dây quấn (Wdq):	3 (kg)

Chọn loại rãnh: Quay La

Một số rãnh (d): 7 (mm)

Đài rãnh (d2): 10 (mm)

Chiều cao rãnh (h): 19 (mm)

Chiều cao rãnh (hr): 21 (mm)

Số sơ cấp (n1): 3

Mật độ dòng (J = 4-7): 65 (A/mm²)

Biểu mẫu (0.8-0.9): 0.8

HSC cuối (0.74-0.9): 0.8

Bước quấn (k): 7.9

Số sơ cấp bù nhiễu (n1b): 42

Tính số cực từ **Tính số vòng quấn** **Tính toán** **Xóa**

07/06/2015 11:07:10

Hình 20: Kết quả TK ĐKB 3 pha

Thiết kế dây quấn máy biến

Thiết kế dây quấn máy biến áp Thay đổi tham số động cơ Thiết kế dây quấn động cơ About...

Chọn các thông số

Đường kính Stator (D):	96 (mm)
Chiều dài Stator (L):	28 (mm)
Bề dày giấy (bg):	17 (mm)
Bề dày vòng (br):	5 (mm)
Tổng số rãnh (Z):	24
Điện áp định mức (U):	220 (V)
Tần số định mức (f):	50 (Hz)
Cảm ứng từ qua rãnh (B):	1.2 (T)
Chọn loại số cực từ:	2
Loại dây quấn:	quy-đài

Các thông số cần tính

Số cực từ chuẩn (2pm):	13-28
Số rãnh/pha/cực (q):	4
Góc lệch điện:	30
Tổng số vòng/pha (Npha):	742
Số vòng/pha LV (Nphi):	93
Khối lượng quấn lõi thép (Wphi):	1.5 (kg)
Khối lượng quấn lõi thép (Wphi):	0.8 (kg)
Tổng khối lượng dây quấn (Wdq):	1.9 (kg)
Dòng điện định mức (I):	3.36 (A)
Công suất định mức (P):	362 (W)
Đường kính dây quấn LV (d1):	0.8 (mm)
Loại dây quấn LV (d1):	0.8 (mm)
Loại dây quấn KV (d1):	0.4 (mm)
Loại dây quấn KV (d1):	0.4 (mm)
Tổng số vòng/pha KV (Nphi):	281
Số vòng/pha KV (Nphi):	127

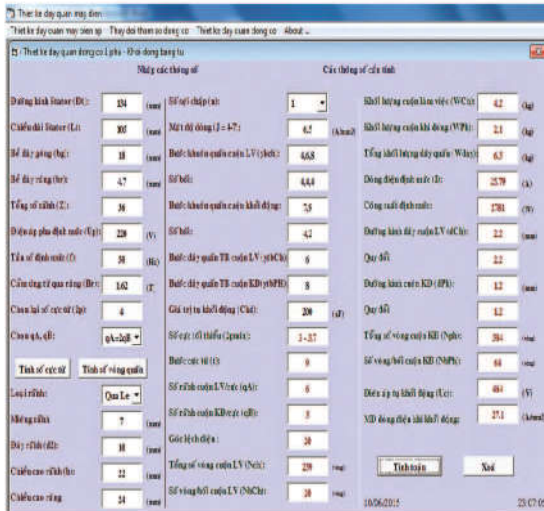
Chọn loại rãnh: Quay La

**Một rãnh (d): 12 (mm) || Đài rãnh (d2): | 13.5 (mm) |
Chiều cao rãnh (h):	23.5 (mm)
Chiều cao rãnh (hr):	25.5 (mm)
Số sơ cấp (n1):	1
Mật độ dòng (J = 4-7):	8 (A/mm²)
Bước quấn cuộn LV (kLV):	1.5833
Số sơ cấp bù nhiễu (n1b):	22.2
Bước quấn cuộn KV (kKV):	5.11
Số sơ cấp bù nhiễu (n1b):	12

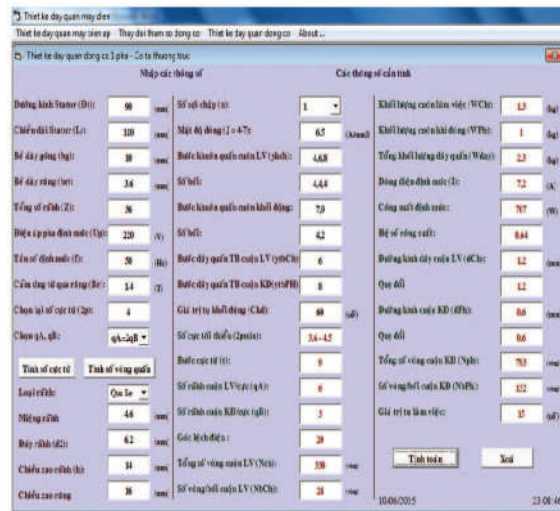
Tính toán **Xóa**

10/06/2015 23:04:40

Hình 21: Kết quả TK ĐKB 1 pha (nội trở)



Hình 22: Kết quả TK ĐKB 1 pha (tụ khởi động)



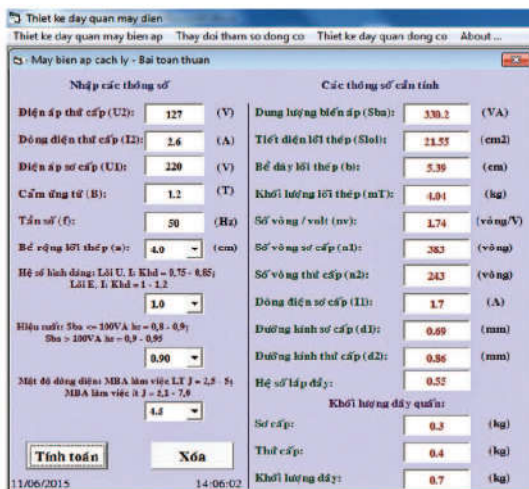
Hình 23: Kết quả TK ĐKB 1 pha (tụ làm việc)

4.2 Thi công sản phẩm kiểm chứng

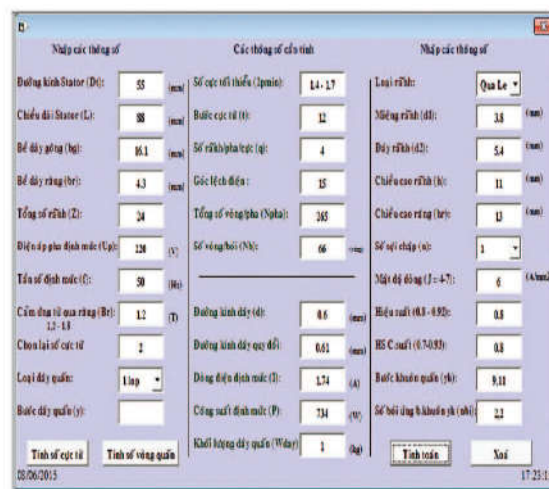
Để kiểm chứng chương trình, nhóm tác giả tiến hành TK và thi công 01 bộ sản phẩm bao gồm:

- 03 MBA cách ly: 3x330VA; 220/127V;
- 01 động cơ 3 pha: Δ/Y - 220/380; Z = 24; 2p = 2; 1Hp;
- 01 động cơ 1 pha loại sử dụng tụ thường trực: 220V; Z = 24; 2p = 2; ½ Hp;

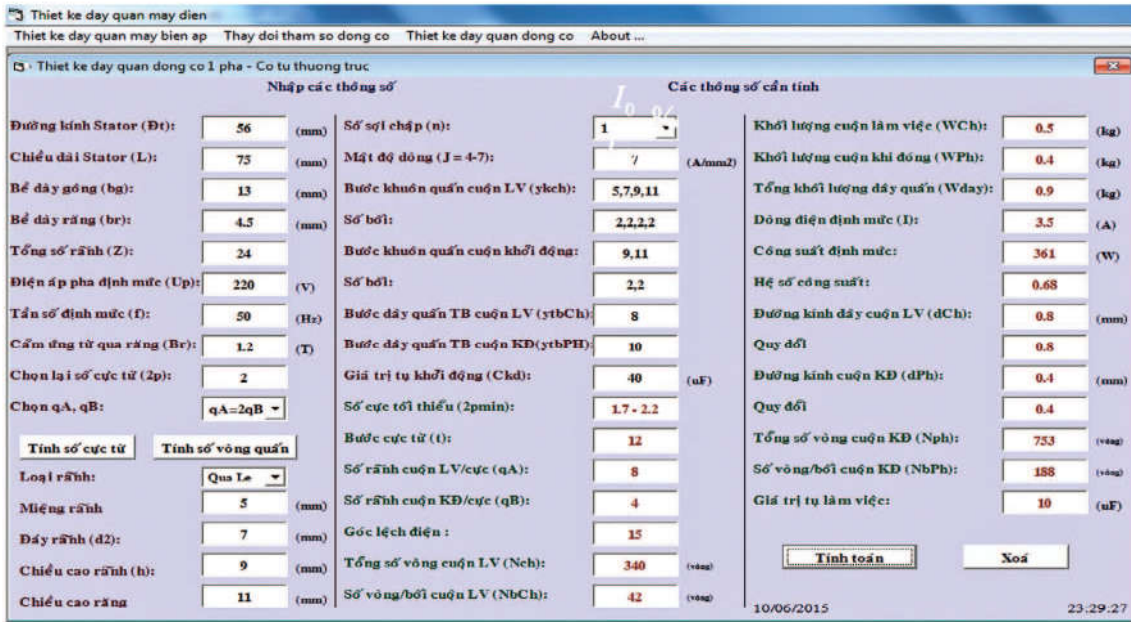
Kết quả tính toán trên chương trình được trình bày trong các hình 24 - 26. Kết quả đo đạc và số liệu tham chiếu được trình bày trong bảng 9 và bảng 10.



Hình 24: Kết quả TK MBA cách ly 220/127V – 330VA



Hình 25: Kết quả TK ĐKB 3 pha Δ/Y – 220/380; Z = 24; 2p = 2; 1Hp



Hình 26: Kết quả TK ĐKB 1 pha (tụ làm việc) 220V; Z = 24; 2p = 2; ½ Hp

Bảng 9: Kết quả đo đặc dòng điện không tải của động cơ

Động cơ	$I_{đm}/I_0$ [A]		$P_{đm}$ [W]			
	$I_{đm}$	I_0	Thực nghiệm	Tiêu chuẩn	Nhà SX	Tính toán
3 pha	1,74	0,6	35%	(10 - 25)%	750	734
1 pha	3,5	1,3	37%	(10 - 25)%	370	361

Bảng 10: Thông số tham chiếu của nhà sản xuất đối với sản phẩm thi công

Thông số kỹ thuật		Kiểu BDZ	
		1BDZ - 35	1BDZ - 65
Phần điện	Công suất [W]	370	750
	Điện áp [V]	220	220
	Tần số [Hz]	50	50
	Tốc độ vòng quay [v/phút]	2.900	2.900

Theo kết quả này, nhóm tác giả tự đánh giá chương trình thực thi có độ tin cậy cao. Vì rằng lõi thép động cơ mà nhóm thực hiện tính

toán là những lõi thép cũ đã qua sử dụng (máy bơm nước hiệu cá sấu, Đài Loan sản xuất), bộ dây quấn đã bị hư hỏng hoàn toàn.

Theo số liệu ghi nhận trong bảng 9 và số liệu tham chiếu từ nhà sản xuất trong bảng 10, thấy rằng: dòng không tải đo được cao hơn so tiêu chuẩn 1 ít, điều này hoàn toàn chấp nhận được bởi lõi thép đã qua sử dụng nên chất lượng thép không còn như cũ. Từ đó kéo theo công suất tính được cũng giảm đi chút ít.

Với các số liệu phục hồi như trên, nhóm tác giả nhận thấy sản phẩm đạt chất lượng trên 80% so với số liệu do nhà sản xuất cung cấp. Điều này hoàn toàn chấp nhận được về tính chính xác cũng như độ tin cậy của phần mềm.

5. Kết luận

Với cách tiếp cận và mục tiêu đề cập, bài báo đạt các kết quả chính như sau:

- 01 bộ phần mềm hỗ trợ TK MBA và TK dây quấn ĐKB 3 pha và 1 pha các loại (bản demo) với giao diện thân thiện, tiện dụng.

- 01 bộ tài liệu lý thuyết TK MĐ và hướng dẫn sử dụng phần mềm.

- 01 bộ sản phẩm kiểm chứng gồm:

+ 03 MBA cách ly: 3x330VA; 220/127V;

+ 01 động cơ không đồng bộ 3 pha, công suất 1Hp;

+ 01 động cơ không đồng bộ 1 pha, công suất ½ Hp;

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Irving.L.Kosow, (1981), *Electric machinery and transformer*, Prentice hall international editions.
2. Dan Mezick & Scot Hillier, (1998), *Visual Basic 6 certification exam guide*, McGraw-Hill.
3. Robert Rosenberg, (1960), *Electric motor repear*, Holt rinehart and winston, NewYork.
4. A.Ivanov Smolensky, (1983), *Electrical machines (Volume 1, 2, 3)*, Mir Publishers, Moscow.
5. G. Vienott, (1959), *Theory and design of small induction motor*, London, Sir isaac pittmans and sons.
6. Phạm Văn Chiến, (2013), *Bài giảng TK và sửa chữa MĐ*, Đại học Cửu Long.
7. Nguyễn Trọng Thắng, (2012), *Tính toán dây quấn động cơ không đồng bộ một pha dùng pha phụ mở máy bằng phần mềm Matlab*, Đại học Sư phạm Kỹ thuật TpHCM (Đề tài Nghiên cứu khoa học cấp trường).
8. Nguyễn Trọng Thắng, Nguyễn Thế Kiệt (1995), *Công nghệ chế tạo & tính toán sửa chữa MĐ: tập 1,2,3*, NXB Giáo dục.

Ngày nhận bài: 15/12/2015

Ngày gửi phản biện: 21/12/2016