

Przemysław PUTERNICKI ¹⁾, Renata SULIMA ²⁾

SYSTEM PROJMAT 2001. INTERFEJS DO PRZYGOTOWANIA DANYCH I PRZEPROWADZENIA OPTIMALIZACJI SILNIKÓW KOMUTATOROWYCH MAŁEJ MOCY W ŚRODOWISKU TOOLBOX OPTIMISATION MATLABA

Streszczenie. System PROJMAT 2000 jest narzędziem umożliwiającym wielokryterialną optymalizację silników komutatorowych małej mocy w środowisku Matlab 4.2.c. Wszystkie dane, ograniczenia, funkcja celu i projekty z postprocesora zawarte są w pamięci przestrzeni Matlab dla tego systemu w postaci jednego katalogu. System PROJMAT 2001 pracuje w środowisku Matlab 5.0 z pakietem Toolbox Optimisation oraz opracowanym interfejsem do komunikacji z użytkownikiem. Stwarza to możliwość łatwego i zrozumiałego dla projektanta przygotowania danych wejściowych, ograniczeń i przeprowadzenia obliczeń optymalizacyjnych i projektowych maszyny. W referacie przedstawiono rys metody optymalizacji deterministycznej, strukturę interfejsu, opis funkcji oprogramowania PROJMAT 2001 oraz sposób tworzenia bazy wiedzy dla całego obszaru objętego projektowaniem silników danego rodzaju. Podkreślono możliwość zastosowania takiego interfejsu do programów optymalizacyjnych innych rodzajów maszyn w środowisku Matlab.

SYSTEM PROJMAT 2001. TECHNICAL DATA INTERFACE FOR OPTIMISATION OF SMALL COMMUTATOR MOTORS IN MATLAB'S TOOLBOX OPTIMISATION

Summary. System PROJMAT 2001 is the tool of multicriterial optimisation of small commutator motors in Matlab 4.2c. Technical data, constraints, object function and design from postprocessor are compiled in the memory of Matlab for that system. Searching for a given file was difficult. The new system PROJMAT 2001 works in Matlab 5.0 and takes advantage of Toolbox Optimisation and the new interface for communication with the user. It gives the designer a possibility of easy and comprehensible preparation of input data, constraints and enables optimisation and design computations for machines to be carried out.

The paper presents the optimisation method and the structure of the interface, description of the PROJMAT 2001 program function, and the method of creating the base of knowledge for the whole area comprised by designing motors of a given type. The universality of the program in application to optimisation programs for other machine types in the Matlab environment is emphasised.

Key words: optimisation, commutator motors, software adapted to Matlab

1. WPROWADZENIE

Dotychczasowy system PROJMAT 2000 [5,6,7,8] służy do projektowania silników komutatorowych małej mocy. Oprogramowanie dostosowane jest do środowiska Matlab 4.2c [2,10] i wykorzystuje do optymalizacji wielokryterialnej silników narzędzia zawarte w pakiecie Toolbox Optimisation. Algorytm programu i funkcji celu wywodzi się z modelu obwodowego silnika [3, 9]. Do optymalizacji stosuje się deterministyczną metodę, dążąc do znalezienia optimum globalnego funkcji celu. Poza tym pakiet ten ma następujące funkcje:

¹ Dr inż. Przemysław Puternicki Instytut Elektrotechniki, Zakład Małych Maszyn Elektrycznych. 04-703 Warszawa, ul. Pożaryskiego 28, tel. 0 22 8123003, e-mail: p.puternicki@iel.waw.pl

² mgr inż. Renata Sulima Instytut Elektrotechniki, Zakład Małych Maszyn Elektrycznych. 04-703 Warszawa, ul. Pożaryskiego 28, tel. 0 22 8122483, e-mail: r.sulima @iel.waw.pl

- umożliwia dostęp do wszystkich plików w katalogu PROJMAT 2000,
- umożliwia interakcyjne wprowadzanie danych, np. wektora początkowego, oraz zapis wektora optymalnego,
- umożliwiają zapisywanie wyników projektu w postaci pliku tekstowego.

Oprogramowanie jest przetestowane i przeliczenia wykonywane za jego pomocą dają wiarygodne wyniki obarczone błędem mieszczącym się w dopuszczalnej granicy.

Niedoskonałością systemu PROJMAT 2000 jest to, że projektant musi poruszać się w środowisku Matlab w katalogu zawierającym ponad 150 różnych plików (liczba ich rośnie w miarę zwiększania liczby projektów).

Przygotowanie danych, ograniczeń prostych i uwikłanych (zintegrowanych z funkcją celu), wymaga wybrania lub opracowania tych trzech plików występujących we wspólnym katalogu z programem liczącym i wszystkimi plikami pomocniczymi oraz wynikami obliczeń. Istnieje poza tym konieczność pamiętania nazw poszczególnych plików, tj. danych, ograniczeń, plików z zapisem wektora optymalnego. Stwarza to pewnego rodzaju dyskomfort dla projektanta.

Z powyższych względów zmodyfikowano system PROJMAT 2000, wprowadzając interfejs do komunikacji z użytkownikiem oraz odpowiednie zmiany w oprogramowaniu. W ten sposób powstał system PROJMAT 2001. Umożliwia on segregowanie projektów do podkatalogów i wykorzystywanie plików z danymi w automatyzacji procesu obliczeniowego.

2. STRUKTURA I FUNKCJE SYSTEMU

System PROJMAT 2001 bazuje na systemie PROJMAT 2000. Został dostosowany do środowiska MATLAB 5.0 [1,2,10] z wykorzystaniem pakietów Toolbox Optimisation oraz Uitools.

Wykorzystuje on matematyczną metodę optymalizacji wielokryterialnej opartej na regule sekwencyjnego programowania kwadratowego z aktualizacją hesjanu, metodą zmiennej metryki. Postać wielokryterialnej funkcji celu przy zastosowanych trzech kryteriach można zapisać następująco:

$$F(x) = w_1 f(x_1) + w_2 f(x_2) + w_3 f(x_3) \quad (1)$$

gdzie suma wag: $w_1 + w_2 + w_3 = 1$.

Problem wielokryterialnej optymalizacji matematycznej formuluje się następująco:

$$\min_{x \in D} F(x), \quad D = \{x : g_i(x) \leq 0, i = 1, 2, \dots, m\} \quad (2)$$

gdzie: $F(x)$ - wielokryterialna funkcja celu, x - wektor zmiennych decyzyjnych, D - obszar poszukiwań, $g_i(x)$ - funkcje ograniczeń, m - całkowita liczba ograniczeń.

Przyjęte w systemie kryteria optymalizacji:

$$f(x_1) = K_t = K_{F_{ebr}} + K_{cubr} + K_e \quad (3)$$

gdzie: K_t - koszt materiałów czynnych i energii, $K_{F_{ebr}}$ - koszt stali rdzeni brutto, K_{cubr} - koszt całkowity miedzy nawojowej brutto, K_e - koszt energii zużytej w okresie „życia” silnika.

$$f(x_2) = \eta = \frac{P}{P + P_t} \quad (4)$$

gdzie: η - sprawność silnika, P - moc na wale silnika, P_t - całkowite straty silnika.

$$f(x_3) = W_M = \frac{M'}{K_t} = \frac{13,5 k_z k_{u2} U l \eta \cos \varphi}{\sqrt{2} K_t n \cdot \cos \psi} \quad (5)$$

gdzie: W_M - moment obrotowy na jednostkę kosztu, k_z - współczynnik zmniejszenia rezystancji wirnika na skutek zwierania zewzwojów przez szczotki, k_{u2} - współczynnik skrótów uzwojenia wirnika, U - napięcie znamionowe silnika, l - prąd silnika, $\eta \cos \varphi$ - współczynnik energetyczny, n - prędkość kątowa silnika, $\cos \psi$ - cosinus kąta między prądem magnesującym a strumieniem głównym [9].

Przestrzeń decyzyjną wyznacza 10 – elementowy wektor zmiennych decyzyjnych oraz 46 ograniczeń prostych, uwikłanych i technologicznych.

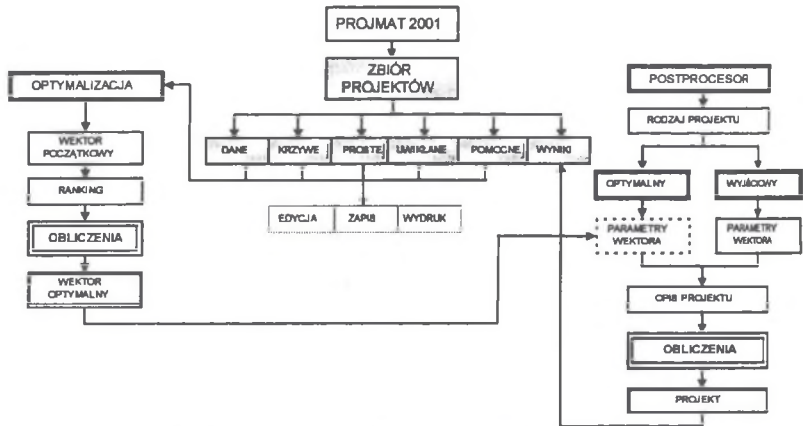
Podczas procesu optymalizacji funkcja celu jest przybliżana za pomocą funkcji kwadratowej zaś funkcje ograniczeń są linearyzowane. Zastosowanie wielokryterialnej funkcji celu wymaga wprowadzenia rankingu kryteriów optymalizacji. Aby odwzorować wpływ poszczególnych kryteriów na wartość wielokryterialnej funkcji celu, zastosowano normowanie euklidesowe poszczególnych kryteriów wchodzących w skład tej funkcji celu. W procesie optymalizacji deterministycznej przeprowadzanej z użyciem narzędzi dostępnych w pakiecie Toolbox Optimization, wielokryterialna funkcja celu jest minimalizowana. Wynikiem jest optymalny wektor zmiennych decyzyjnych, na podstawie którego obliczane są parametry elektryczne, mechaniczne i technologiczne silnika.

Skomplikowany zarówno matematycznie, jak i programowo proces optymalizacji podzielony został na części, którym przypisane zostały funkcje opracowanego interfejsu graficznego do komunikacji z użytkownikiem.

Interfejs ułatwia posługiwanie się programem obliczeniowym, daje możliwość wprowadzania zmian niektórych parametrów bez potrzeby wchodzenia w strukturę programu, pozwala na kontrolne przeglądanie wybranych, istotnych dla obliczeń plików.

Grupuje on do postaci jednego okna wszystkie, rozproszone dotychczas w głównym katalogu elementy. Elementy te posegregowane do podkatalogów uwidocznione są w postaci zbiorów w okienkach.

W systemie PROJMAT 2001 występuje plik o nazwie Projmat2001.m, pełniący funkcję nadrzędnego programu sterującego. Kieruje on obsługą całego interfejsu oraz programami obliczeniowymi. Człon obliczeniowy składa się z dwu części, którymi są: optymalizator i postprocesor. Schemat strukturalny oprogramowania podany jest na rys. 1.



Rys.1. Schemat strukturalny systemu PROJMAT 2001
Fig.1. The internal structure of the PROJMAT 2001 system

Program daje możliwość śledzenia procesu optymalizacji, sygnalizowanego przez historię kolejnych iteracji, prowadzących do uzyskania optymalnego wektora zmiennych decyzyjnych.

Postprocesor wykonuje obliczenia projektowe silnika na podstawie wprowadzonego przez użytkownika zestawu niezbędnych danych dotyczących projektowanej maszyny.

Uruchomienie pliku o nazwie Projmat2001.m. powoduje wyświetlenie głównego okna obsługującego system PROJMAT 2001 (rys.2).

Występuje w nim szereg funkcji potrzebnych do sprawnej i szybkiej obsługi programu obliczeniowego. Funkcje te można podzielić na cztery podstawowe grupy:

1. funkcje wyboru,
2. funkcje edycji (wyświetlania),
3. funkcje zmian i zapisu,
4. funkcje dyspozycyjne (obliczeniowe).



Rys. 2. Wygląd głównego okna interfejsu PROJMAT 2001
Fig. 2. General view of the interface window for PROJMAT 2001

Funkcje wyboru umożliwiają wywołanie zestawu plików potrzebnych do obliczeń – jest to grupa rozwijanych list z nazwami m-plików. *Funkcje edycji* (wyświetlania) są przypisane przyciskom umożliwiającym podgląd plików wybranych przez użytkownika. *Funkcje zmian i zapisu* pozwalają użytkownikowi na sprawdzenie zawartości wybranego pliku, jak również naniesienie poprawek i jego zapis. Ostatnią grupą są *funkcje dyspozycyjne*, które prowadzą do wykonania obliczeń w dwu niezależnych od siebie wariantach, tzn. obliczeń optymalizacyjnych i obliczeń projektowych.

Interfejs systemu PROJMAT 2001 ma poza oknem głównym szereg okien pomocniczych, pojawiających się po uruchomieniu optymalizacji lub/i postprocesora. Wykorzystywane są one kolejno do wprowadzania dodatkowych danych do programów obliczeniowych. Są to m.in. okna: wektora początkowego zmiennych decyzyjnych, rankingu kryteriów optymalizacji i opisu projektu.

3. OPROGRAMOWANIE I UŻYTKOWANIE SYSTEMU

Oprogramowanie systemu PROJMAT 2001 wykorzystuje elementy programu Matlab 5.0 znajdujące się w pakiecie Uitools.

Podstawą do tworzenia wszystkich zawartych w interfejsie elementów graficznych jest funkcja *uicontrol* [1,2,10]. Służy ona do określania funkcji przycisków, pól edycyjnych, rozwijanych list, ramek i pól tekstowych. Najważniejsze właściwości tej funkcji wykorzystane do budowy interfejsu są następujące: *Style* – określa typ elementu (*pushbutton* – przycisk, *edit* – pole edycyjne, *text* – pole tekstowe, *frame* – ramka, *popupmenu* – rozwijana lista), *CallBack* – określa dowolne polecenie systemu Matlab wykonywane po uaktywnieniu elementu (np. naciśnięcie przycisku). Podstawowymi poleceniami, jakie wykorzystuje program sterujący pracą interfejsu, są: wywołanie do okienka zawartości wybranego podkatalogu (*d=dir; nazwa=(d.name)*), wywołanie nazwy określonego pliku do wykorzystania w programie (*popupstr(identyfikator_elementu)*).

Poza tym wykorzystane zostały w programie inne dodatkowe instrukcje, a mianowicie: *str2mat(X)* - zamiana łańcuchów tekstowych na macierze liczbowe, *strcmp(S1, S2)* - porównywanie łańcuchów, *get(id,'nazwa_właściwości')*, *set(id,'nazwa_właściwości', wartość)* - odczyt i ustawianie wartości wybranej właściwości elementu, *flipr(X)* - odwracanie macierzy.

Użytkowanie systemu PROJMAT 2001 wymaga:

- skopiowania na dysk C katalogu *pro*,
- uruchomienia programu Matlab 5.0,
- wpisania w oknie Mattlaba ścieżki *c:\pro\sys*,
- uruchomienia m-pliku *Projmat2001.m*.

Powyższe czynności przygotowują program do pracy w środowisku Matlab 5.0.

3.1. Użytkowanie pakietu OPTIMALIZACJA

Przed przystąpieniem do obliczeń optymalizacyjnych [5,6,7] niezbędne jest przygotowanie w głównym oknie interfejsu (rys.2) zestawu informacji dla projektowanego silnika ujętych w okienkach:

- PROJEKT – lista istniejących projektów; pole to jest nadrzędne wobec pozostałe, ponieważ od wyboru projektu zależy zawartość zbiorów pozostałych okienek.
- DANE – zbiór plików danych, które określają podstawowe parametry i współczynniki, w zasadzie stałe, dla projektowanego silnika.
- KRZYWE – zbiór krzywych magnesowania wykorzystywanych w odpowiednich projektach.
- OGR. PROSTE – zbiór plików z ograniczeniami prostymi (bocznymi - "od...do") dotyczącymi wymiarów, indukcji, współczynników.
- UWIKŁANE – zawiera pliki ograniczeń uwikłanych, dotyczących wymagań technologicznych i różnych parametrów elektrycznych, wykorzystywanych w obliczeniach danego projektu (rys.3).
- POMOCNE – zawiera pliki pomocnicze - zbiór pozostałych, potrzebnych do obliczeń tabel, wykresów, jak np. ceny przewodów nawojowych, wykorzystywanych we wszystkich projektach.

OGANICZENIA UWIKLANE			
1) r1>=	0.001	17) delta_Y<=	5
2) hj1>=	0.001	18) delta_Y<=	3
3) r2>=	0.001	19) J2/J1<=	0.9
4) b3>=	0.001	20) J2/J1<=	1.2
5) c2>=	0.001	21) max J1=	14
6) D1>=	0.001	22) max J2=	14
7) hj2>=	0.001	23) lambda<=	1.1
11) delta_U>=	4	24) lambda<=	0.9
12) delta_U<=	4	25) delta_U>=	7
14) A*(1000)<=	15	26) delta_U<=	7
16) Uk<=	15		

ZAPISZ WPROWADZ

Rys. 3. Wektor ograniczeń uwikłanych

Fig. 3. Window of the vector of implicit constraints

WEKTOR POCZĄTKOWY					
B delta	0.59	0.55	I	7.9	7.9
B j1	1.8	1.8	D	0.052	0.052
B j2	1.9	1.9	l	0.05	0.06
B m	0.86	0.86	k Cu1n	0.57	0.57
B z2	1.84	1.84	k Cu2n	0.45	0.45

AKCEPTUJ DALEJ

Rys. 4. Okno wektora początkowego

Fig. 4. Window of the initial vector

Wpisane wartości liczbowe wymienionych parametrów wprowadza się do przestrzeni roboczej Matlab przez ich zaakceptowanie (przycisk: AKCEPTUJ). Przycisk "LICZ", uruchamia program obliczeniowy. Wynikiem optymalizacji jest wektor optymalny zapisywany w postaci m-pliku.

3.2. Użytkowanie pakietu PROJEKT

Pakiet PROJEKT stanowi drugą niezależną część systemu PROJMAT 2001. Obejmuje on program do obliczeń projektowych, dających wyniki podobne jak w systemie PROJMYRT [3,4,9].

Możliwa jest kontrola wybranego pliku (przyciski: EDYTUJ), wprowadzanie zmian i zapis, ewentualnie jego usunięcie (przyciski: USUN)

Po przygotowaniu ww. plików następuje proces optymalizacji wielokryterialnej (przycisk: OPTIMALIZACJA), która wymaga określenia początkowego wektora zmiennych decyzyjnych (rys.4) i rankingu kryteriów [8] (rys.5).

RANKING			KOSZT	SZEROKOSC	MOMENT	
1	=	0.2	+	0.3	+	0.5

AKCEPTUJ LICZ

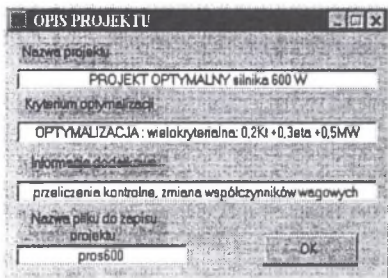
Rys. 5. Ranking kryteriów optymalizacji

Fig. 5. Window of the ranking of optimisation criteria

Do obliczeń potrzebne są następujące informacje przygotowane w oknie głównym (rodzaj projektu (nazwa projektu), plik danych statych, plik krzywej magnesowania, pliki pomocnicze).

Po uruchomieniu postprocesora (przycisk: POSTPROCESOR) można wybrać jedną z dwóch opcji obliczeń: PROJEKT OPTYMALNY (wymaga użycia wektora optymalnego uzyskanego z optymalizacji), PROJEKT WYJŚCIOWY (z wektorem początkowym lub innym dowolnym).

Do pliku wyników dołączany jest automatycznie opis projektu (wg okna rys.6), jak również lista użytych do obliczeń plików pomocniczych wybranych i zaakceptowanych w oknie głównym. Wyniki obliczeń projektu są zapisywane w podkatalogu "WYNIKI" (zbiór w oknie głównym). Objasnienia symboli w [9].



Rys. 6. Okno do opisu projektu

Fig. 6. Window for project description

Poniżej podano wyniki obliczeń optymalnego projektu przykładowego silnika 600 W.

PROJEKT OPTYMALNY s600 W,
OPTYZALIZACJA : 1/3 Kt +1/3 eta + 1/3 MW
Dnia 2001.3.22 godz.13:22 J1=J2=11.5

```
[W] = 153.131
U [V] = 220
U obl [V] = 211.210
delta_U [%] = -3.99183
B_delta [T] = 0.550838
B_j1 [T] = 1.85
B_j2 [T] = 1.9
B_m [T] = 0.885983
B_r2 [T] = 1.51731
I [A] = 4.69673
D [mm] = 55
l [mm] = 57.2678
k_Cu1n [-] = 0.478055
k_Cu2n [-] = 0.482032
M [mNm] = 733.571
Teta [A] = 1995.03
F1_2 [Wb] = 0.001853
fi obl [rad] = 0.572292
A [A/cm] = 115.569
U_ka [V] = 5.3286
coalf [-] = 0.840662
K_t [z] = 16.5478
eta [-] = 0.643716
WM [mNm/zl] = 44.3305
ABd [AT/cm] = 72.1476
Y obl [W/m^2] = 10926.3
delta_Y [%] = -4.98874
S_pr1m[cm^2] = 303.935
J_1 [A/mm^2] = 10.2228
J_2 [A/mm^2] = 11.458
K_Cubr [zl] = 8.13015
K_Febr [zl] = 8.41764
K_e [zl] = 0
z_1 [-] = 158.582
z_C [-] = 11.8101
z_2 [-] = 425.165
d_lg [mm] = 0.764837
d_l1 [mm] = 0.848641
d_2g [mm] = 0.510838
d_2l [mm] = 0.579037
R_lg [Om] = 4.2199
R_2g [Om] = 2.85831
l_sr1 [mm] = 270.996
l_sr2 [mm] = 244.336
```

```
-----
P [W] = 600 D_1 [mm] = 107.131 P_t
[W] = 332.089 n [obr/min] = 7500 h_j1 [mm] = 9.46741 P_f
-----
r_1 [mm] = 6.27019 P_f1 [W] = 93.0878
h_j2 [mm] = 8.7793 P_f2 [W] = 60.0428
k_2 [mm] = 1.24709 P_Fe [W] = 113.142
c_2 [mm] = 3.59267 P_Fet [W] = 98.5829
b_3 [mm] = 86.3537 P_Fet1 [W] = 65.9858
Z [-] = 18 P_Fet2 [W] = 32.5972
k [mm] = 3.6075 P_Fer [W] = 14.5595
h [mm] = 1.2 P_mw [W] = 23.0193
y [mm] = 26.0389 P_Q [W] = 17.8291
b_m [mm] = 39.5373 P_kn [W] = 4.72798
b [mm] = 2.7775 P_p [W] = 9.39346
D_c [mm] = 35.75 P_fz [W] = 10.8456
D_3 [mm] = 15 k_x1 [-] = 1
h_Zet [mm] = 11.2207 k_x2 [-] = 1.05
z [mm] = 7.54547 k_F1 [-] = 0.145
b_Zet [mm] = 5.07488 k_u2 [-] = 0.984808
h_m [mm] = 11.5232 k_u [-] = 0.97
t_1 [mm] = 9.59931 k_z [V] = 0.952272
t_2 [mm] = 7.64093 U_1 [V] = 19.8197
t_3 [mm] = 5.68255 U_2 [V] = 12.784
c_1 [mm] = 6.82181 U_p [V] = 2
tau [mm] = 86.3938 U_i1 [V] = 135.705
alfa_i [-] = 0.68 U_i2q [V] = 7.11925
l_a [mm] = 43.9038 U_cq [V] = 6.47799
l_b [mm] = 58.5383 U_c [V] = 122.746
delta_m [mm] = 1.42009 U_t [V] = 17.8703
k_delta [-] = 1.13051 U_ecz [V] = 41.8161
sigma_m [-] = 1.05 U_sb [V] = 139.13
m_j1 [kg] = 0.933896 U_s [V] = 145.278
m_j2 [kg] = 0.284175 U_wcz [V] = 135.747
m_m [kg] = 0.455293 U_wb [V] = -24.7429
m_z [kg] = 0.363886 U_w [V] = 137.983
m_Cu1 [kg] = 0.351451 U_cx [V] = 177.563
m_Cu2 [kg] = 0.189492 U_b [V] = 114.387
m_Fe [kg] = 4.0084 U_delta [A] = 558.358
S_Cu1 [mm^2] = 202.143 U_mz [A] = 14.1076
S_Cu1n [mm^2] = 187.636 U_mj1 [A] = 953.274
S_Cu2 [mm^2] = 39.0797 U_mj2 [A] = 293.781
S_Cu2n [mm^2] = 25.8072 U_mm [A] = 2.25639
S_Fe1j [mm^2] = 2155.37 IX_sigml [V] = 5.21944
S_Fe2j [mm^2] = 655.857 IX_sigmm [V] = 4.75527
l_j1 [mm] = 113.831 alfa_az [rad] = 0.349066
l_j2 [mm] = 30.6858 k_u2 [-] = 0.984808
-----
```

uzyte pliki: dan600.m ep23mr24.m pr601.m uw606.m

4. PODSUMOWANIE

Na podstawie wykonanych obliczeń stwierdzić można, że metoda optymalizacji deterministycznej zastosowana w systemie PROJMAT 2001 umożliwia znalezienie minimum funkcji celu. Wykonując kolejne przeliczenia z różnych punktów początkowych uzyskano zbieżność punktu

rozwiązania. Można zatem przypuszczać, że metoda optymalizacji zastosowana w systemie PROJMAT 2001 umożliwiła znalezienie optimum globalnego.

System PROJMAT 2001 jest zmodyfikowaną wersją systemu PROJMAT 2000. Wprowadzone zmiany do programu oraz interfejs o charakterze „okienkowy”, jak również automatyczne pobieranie plików ułatwiają obsługę programów, sugerując użytkownikowi operacje, jakie musi wykonać, aby prawidłowo przeprowadzić obliczenia.

Konstruktor przygotowujący dane do obliczeń ma możliwość ciągłej ich kontroli oraz korekty w dowolnym punkcie procesu, jeżeli program nie rozpoczął jeszcze toku obliczeniowego.

Dzięki właściwościom interfejsu i automatyzacji procesu obliczeń zmniejszono prawdopodobieństwo powstawania pomyłek oraz usprawniono obsługę systemu.

System PROJMAT 2001 stanowi następną krok w udoskonalaniu metod projektowania.

LITERATURA

1. Brzózka J., Dobroczyński L.: Programowanie w Matlab. Wydawnictwo Mikom, Warszawa 1998, stron 314.
2. Mrozek B., Mrozek Z.: Matlab - uniwersalne środowisko do obliczeń naukowo –technicznych. Wydawnictwo PLJ, Warszawa 1996, stron 267.
3. Puternicki P.: Projektowanie silników komutatorowych małej mocy. Wydawnictwo Książkowe Instytutu Elektrotechniki, Warszawa 1992, stron 254.
4. Puternicki P.: Wielokryterialna analiza silników komutatorowych małej mocy. Prace Instytutu Elektrotechniki, nr 192, str. 5...35, Warszawa 1997.
5. Puternicki P., Rudnicki M.: Analiza trójwymiarowego obszaru optymalnych rozwiązań silnika komutatorowego, Prace Instytutu Elektrotechniki, nr 201, str. 65...78, Warszawa 1999.
6. Puternicki P., Rudnicki M.: Optimal design methodologies with application to small commutator motors. COMPEL – The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering str. 639...645, Volume 19, No 2, 2000.
7. Puternicki P., Rudnicki M.: Matematyczna metoda wielokryterialnej optymalizacji silników komutatorowych małej mocy. Prace Instytutu Elektrotechniki, nr 204, str. 45...75, Warszawa 2000.
8. Puternicki P., Rudnicki M.: System PROJMAT 2000: ranking kryteriów na tle ograniczeń uwikłanych optymalizacji wielokryterialnej silnika komutatorowego małej mocy. Międzynarodowe XII Sympozjum Mikromaszyny i Serwonapędy, str. 65...72, Kamień Śląski, 12...14.09.2000.
9. Puternicki P.: Silniki komutatorowe małej mocy. Analiza i optymalna synteza konstrukcji. Wydawnictwo Książkowe Instytutu Elektrotechniki, 2000, stron 371.
10. Zalewski A., Cegięła R.: Matlab – obliczenia numeryczne i ich zastosowania. Wydawnictwo Nakom, Poznań 1998, stron 407.

Recenzent: Dr hab. inż. Jan Zawilak
Profesor Politechniki Wrocławskiej

Wpłynęło do Redakcji dnia 20 lutego 2001 r.

Abstract

System PROJMAT 2000 is used for designing small commutator motors. The software is adapted to Matlab 4.2c and used for multicriterial optimisation (the Toolbox Optimisation package). To facilitate communication with the user an interface was added to the system PROJMAT 2000 forming the PROJMAT 2001 system. The interface is constructed of elements and functions of the Matlab 5.0 in the Uitools package. The system is built on the basis of a series of windows which make it possible segregation and communication with the user.

The internal structure of the PROJMAT 2001 system is shown in Fig.1. The main window of the interface is shown in Fig.2.

The interface has a series of functions to facilitate the use of the calculation program. It has a series "function-windows" (PROJEKT - the catalogue of design, DANE - technical data, KRZYWE - magnetisation characteristics, OGR.PROSTE - simple constraints, -UWIKŁANE - implicit constraints, POMOCNE - tables for calculations, WYNIKI - results). The interface makes it possible the edition (press the keys: EDYTUJ), correction and saving of files selected by the user. The interface facilitates the data preparation and computation processes.

The optimisation process can be started just after preparation of the set of files described in the main file.

The PROJMAT 2001 system has two independently operating calculation programs: the optimisation (OPTYMALIZACJA) and the postprocessor (PROJEKT) programs.

The system enables optimisation calculations to be made as a result of which the optimum vector is obtained. The values of the initial vector entered from the table (Fig.4) and ranking of criteria (Fig.5) are necessary to carry out these calculations. The postprocessor carries out the design calculations in two variants together with the design description entered by the user (Fig.6): PROJEKT OPTYMALNY -uses the optimum vector calculated earlier; PROJEKT WYJŚCIOWY - uses an arbitrary vector of decisive variables entered by the user.

The calculation result is automatically recorded in the form of the *.dat file in the "WYNIKI" directory. Description and a list of names of m-files used for calculating a given design is automatically added to the result file. The base of knowledge in the given area is created in this way.

All files used during completion of a given design are stored in corresponding directories. The names of the m-files are added to the design results. The set of results recorded in the directory "WYNIKI" forms the base of knowledge. The design stored facilitate analysis and comparison of machines of a given type.