PROGRAMAREA CALCULULUI UNOR INDICI CALITATIVI AI ANGRENAJELOR CU ROȚI DINȚATE CORIJATE

DE

EMIL MUNTEANU

(Cluj)

Lucrare prezentată în ședința de comunicări din 25 mai 1959 a Institutului de calcul al Academiei R.P.R. — Filiala Cluj

În calculul corijării roților dințate, familiile de curbe caracteristice sînt definite de ecuațiile

$$
\begin{aligned}
a - \rho_2\left(1 + \frac{z_1}{z_2}\,\frac{1}{1+\eta_1}\right) &= 0,\\
a - \rho_1\left(1 + \frac{z_2}{z_1}\,\frac{1}{1+\eta_2}\right) &= 0,
\end{aligned} \tag{1}
$$

și

$$
\begin{aligned}
(\rho_1 - p)\,(a + p - \rho_1) - P_1\, a &= 0,\\
(\rho_2 - p)\,(a + p - \rho_2) - P_2\, a &= 0.
\end{aligned} \tag{2}
$$

Forma explicită a funcțiilor ρ_1, ρ_2 și a este următoarea

$$\rho_1 = \sqrt{\left(1 + \frac{z_1}{2} - x_2 + Z\lambda\right)^2 - \frac{z_1^2}{4}\cos^2\alpha_0}\,,$$

$$\rho_2 = \sqrt{\left(1 + \frac{z_2}{2} - x_1 + Z\lambda\right)^2 - \frac{z_2^2}{4}\cos^2\alpha_0}$$

$$a = Z\cos\alpha_0\,\mathrm{tg}\,\alpha,$$

unde α este definit de relația $x_1 + x_2 = ZX$. Funcțiile X și λ sînt definite astfel :

$$X = \frac{\operatorname{inv}\alpha - \operatorname{inv}\alpha_0}{\operatorname{tg}\alpha_0}, \quad \lambda = \frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha} - 1, \quad Z = \frac{z_1 + z_2}{2},$$

unde $\operatorname{inv}\alpha = \operatorname{tg}\alpha - \alpha$ iar α_0 este o constantă.

Ecuațiile (1) reprezintă familiile $H_1(x_1, x_2) = 0$ respectiv $H_2(x_1, x_2) = 0$, iar ecuațiile (2) reprezintă familiile $\Pi_1(x_1, x_2) = 0$ și respectiv $\Pi_2(x_1, x_2) = 0$.

Variabilele curente sînt x_1 și x_2. Parametrii z_1 și z_2 reprezintă numărul de dinți a primei și respectiv a celei de-a doua roți și iau toate combinațiile valorilor 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 și 125, astfel ca $z_1 \leqslant z_2$, iar α este unghiul de angrenare. η_1 și η_2 sînt parametrii care iau valorile — 0,5 ; 0 ; 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 ; 3 ; 5 ; 7 ; 10 ; iar P_1 și P_2 de asemenea sînt parametri și iau valorile : 0,3 ; 0,6 ; . . . ; 8,7 ; 9.

1. Programarea calculului coordonatelor familiilor de curbe $H_1(x_1, x_2) = 0$

Volumul mare de calcule (pentru calculul coordonatelor punctelor familiilor de curbe $H_1(x_1, x_2) = 0$ și $H_2(x_1, x_2) = 0$ este necesar de a rezolva aproximativ 9 000 de ecuații) face ca executarea acestor calcule să fie practic imposibilă fără o mașină electronică.

Deoarece ecuația $H_2(x_1, x_2) = 0$ se obține printr-o permutare între ele a variabilelor x_1 cu x_2 și a parametrilor z_1 cu z_2, din ecuația $H_1(x_1, x_2) = 0$, vom prezenta aici programul de calcul numai pentru ecuația $H_1(x_1, x_2) = 0$.

Ecuația

$$a - \rho_2\left(1 + \frac{z_1}{z_2}\,\frac{1}{1+\eta_1}\right) = 0$$

reprezintă în planul (x_1, x_2) familiile de curbe $\eta_1 = \text{const.}$ Intersecția acestor familii de curbe cu o dreaptă $\alpha = \text{const.}$ conduce la rezolvarea unei ecuații de gradul doi

$$x_1^2 - B\,x_1 + C = 0, \tag{3}$$

unde

$$B = 2 + z_2 + 2Z\lambda,$$

$$C = 1 + \frac{z_2^2}{4}\sin^2\alpha_0 + z_2 + Z\lambda\,(2 + z_2 + Z\lambda) - \frac{Z^2\cos^2\alpha_0\operatorname{tg}^2\alpha}{\left(1 + \frac{z_1}{z_2}\,\frac{1}{1+\eta_1}\right)^2}.$$

Discriminantul acestei ecuații

$$d = \frac{z_2^2}{4}\sin^2\alpha_0 + \frac{Z^2\cos^2\alpha_0\operatorname{tg}^2\alpha}{\left(1 + \frac{z_1}{z_2}\,\frac{1}{1+\eta_1}\right)^2},$$

este pozitiv pentru orice valoare a lui α. Rezultă de aici că dreptele $\alpha = \text{const.}$ vor intersecta întotdeauna curba considerată.

Pentru a nu mări volumul calculelor și pentru a avea totuși suficiente puncte necesare construirii familiilor de curbe considerate, s-a ales pentru variația parametrului α următoarea expresie

$$\alpha_i = \sqrt[3]{\frac{0{,}155\,i}{\sqrt{Z}}}, \qquad i = 0, 1, 2, \ldots$$

Pentru fiecare curbă se calculează coordonatele punctelor M_i pentru care $\alpha_i \leqslant \alpha_{\max}$, unde

$$\alpha_{\max} = 0{,}0000052\,Z^2 - 0{,}0014623\,Z + 0{,}55.$$

Folosind metoda operațională de programare [1], vom da următoarea schemă generală a programului de calcul

$$\overset{12}{\underset{12}{\sqsupset}}\;\overset{4}{\underset{4}{\sqsupset}}\;\mathsf{V}_1\;\underset{10}{\llcorner}\;\mathsf{A}_2\;\underset{8}{\lrcorner}\;\mathsf{V}_3\;\overset{5}{\ulcorner}\;\mathsf{O}_4\;\overset{1}{\underset{1}{\sqsubset}}\;\mathsf{O}_5\;\mathsf{A}_6\;\overset{9}{\underset{9}{\sqsupset}}\;\mathsf{A}_7^{\mathrm{i}},$$

$$\mathsf{V}_8^{\mathrm{i}}\;\underset{3}{\llcorner}\;\mathsf{S}_9^{\mathrm{i}}\;\overset{7}{\underset{7}{\sqsubset}}\;\mathsf{V}_{10}\;\underset{13}{\llcorner}\;\mathsf{F}_{11}\;\mathsf{O}_{12}\;\overset{1}{\underset{1}{\sqsubset}}\;\mathsf{H}_{13}\,.$$

În această schemă intervin operatorii aritmetici A_2, A_6 și $\mathsf{A}_7^{\mathrm{i}}$, operatorii logici V_1, V_3, $\mathsf{V}_8^{\mathrm{i}}$ și V_{10}, operatorul de readresare F_{11}, operatorii de restabilire O_4 și O_{12}, operatorul de schimbare al indicelui $\mathsf{S}_9^{\mathrm{i}}$ și operatorul H_{13} care realizează oprirea calculului.

Operatorul aritmetic A_2 alege valoarea corespunzătoare a lui z_1 pentru un cuplu dat (z_1, z_2) și tipărește valoarea z_1; operatorul A_6 realizează același lucru pentru z_2 și mai calculează suma $z_1 + z_2$ și valoarea $\alpha_{\max}$, iar operatorul $\mathsf{A}_7^{\mathrm{i}}$ rezolvă ecuația (3) și tipărește coordonatele unui punct al curbei.

Operatorii logici V_1 și V_3 realizează condițiile logice $p_1(z_1 < z_{\max})$ și respectiv $p_3(z_2 < z_{\max})$, iar operatorii $\mathsf{V}_8^{\mathrm{i}}$ și V_{10} realizează condițiile $p_8\ (\alpha_i < \alpha_{\max})$ și respectiv $p_{10}\,(\eta < \eta_{\max})$.

Operatorii O_4 și O_5 restabilesc valoarea inițială a lui α, i și z_2 după executarea calculelor coordonatelor unui punct sau a tuturor punctelor unei curbe, operatorul F_{11} realizează readresarea referitoare la calculul succesiv a coordonatelor tuturor familiilor de curbe $\eta = \text{const.}$, adică realizează trecerea la calculul coordonatelor următoarei familii de curbe $\eta = \text{const.}$, iar operatorul S_9^i realizează mărirea indicelui i cu o unitate pentru pasul următor.

Transcrierea instrucțiunilor programului de pe această schemă se face ușor și permite un bun control al programului. Vom da aici programul efectiv, exceptînd operatorul A_7^i care de altfel este o programare simplă după formule, folosind codul mașinii CIFA-1 [2].

PROGRAMUL

001	01–470	03–216	ν_1
002	07–003	10–040	
003	01–220	02–221	A_2
004	11–220	11–022	
005	01–007	02–221	
006	11–007	13–000	
007	01–201	11–470	
010	16–000	17–000	
011	01–467	03–216	ν_3
012	06–013	10–016	
013	01–200	11–467	O_4
014	11–222	11–227	
015	10–001	13–000	
016	01–200	11–222	O_5
017	11–227	13–000	
020	01–022	02–221	A_6
021	11–022	13–000	
022	01–200	11–467	
023	16–000	17–000	
024	01–470	02–467	
025	11–472	04–224	
026	04–226	11–471	
027	01–472	04–472	
030	04–230	04–231	
031	03–471	02–232	
032	05–215	11–223	
033	10–A_7	13–000	
034	01–222	03–223	ν_8
035	07–036	10–011	
036	01–227	02–203	S_9
037	11–227	10–A_7	
040	01–250	03–247	ν_{10}
041	06–046	13–000	
042	01–044	02–221	F_{11}
043	11–044	13–000	
044	01–236	11–250	
045	01–200	11–470	O_{12}
046	11–467	10–001	
047	00–000		H_{13}

Distribuția celulelor memoriei este dată în tabela următoare :

200 = 0	210 = 32	220 = 01–200	11 –467	232 = 0,055
201 = 0	211 = 40	221 = 00–001	00–000	236 = –0,5
202 = 8	212 = 50	222 = α		237 = 0
203 = 10	213 = 63	223 = $\alpha_{\max}$		240 = 0,5
204 = 12	214 = 80	224 = 0,5		241 = 1
205 = 16	215 = 100	225 = 0,155		242 = 1,5
206 = 20	216 = 125	226 = 0,14623		243 = 2
207 = 25	247 = 10	227 = i		244 = 3
250 = η	472 = $z_1 + z_2$	230 = 0,25		245 = 5
471 = liber	470 = z_1	231 = 0,52		246 = 7
467 = z_2				

2. Programarea calculului coordonatelor familiilor de curbe

$$\Pi_1(x_1, x_2) = 0.$$

Familiile de curbe $\Pi_1(x_1, x_2) = 0$ sînt definite de ecuația

$$(\rho_1 - p)(a + p - \rho_1) - P_1 a = 0. \tag{4}$$

Fie ρ_1 rădăcina ecuației (4), privită ca ecuație în ρ_1. Intersecția unei curbe a familiei cu o dreaptă $\alpha = \text{const.}$, conduce ca și în cazul precedent la rezolvarea unei ecuații de gradul doi

$$x_1^2 - B x_1 + C = 0, \tag{5}$$

unde

$$B = 2 + z_1 + 2 Z \lambda,$$

$$C = 1 + \frac{z_1^2}{4} \sin^2 \alpha_0 + z_1 + Z \lambda (2 + z_1 + Z \lambda) - \rho_1^2.$$

Și în acest caz discriminantul ecuației (5), $d = \dfrac{z_1^2}{4} \sin^2 \alpha_0 + \rho_1^2$, este pozitiv pentru orice valoare a lui α. Rezultă deci ca și în cazul precedent că dreptele $\alpha = \text{const.}$ intersectează orice curbă a familiei.

Putem alege și în acest caz același pas pentru α_i și aceeași funcție pentru determinarea valorii maxime a lui α pentru o curbă dată

$$\alpha_{\max} = \alpha_{\max}(Z)$$

În mod analog vom scrie schema generală a programului de calcul în felul următor :

$$\overset{14}{\underset{14}{\sqsupset}}\ \overset{4}{\underset{4}{\sqsupset}}\ \nu_1 \underset{12}{\llcorner}\ A_2 \underset{10}{\lrcorner}\ \nu_3 \overset{5}{\ulcorner}\ O_4 \overset{1}{\underset{1}{\sqsubset}}\ O_5\ A_6 \overset{11}{\underset{11}{\sqsupset}}\ A_7^i\ \nu_8^i \underset{10}{\llcorner},$$

$$A_9^i \underset{8}{\lrcorner}\ \nu_{10}^i \underset{3}{\llcorner}\ S_{11}^i \overset{7}{\underset{7}{\sqsubset}}\ \nu_{12} \underset{15}{\llcorner}\ F_{13}\ O_{14} \overset{1}{\underset{1}{\sqsubset}}\ H_{15}.$$

Schema este diferită de schema programului calculului coordonatelor familiilor de curbe $H_1(x_1, x_2) = 0$, prin faptul că apare în plus operatorul aritmetic A_7^i care efectuează calculul lui α_i şi rezolvă ecuaţia (4) precum şi operatorul logic $\vee_8^i$ care realizează condiţia logică p_8 $(d_i > 0)$. Operatorul logic $\vee_{12}$ este acelaşi şi ca operatorul logic $\vee_{10}$ din schema precedentă numai că de data aceasta, condiţia logică se referă la parametrul P_1. Restul operatorilor sînt aceiaşi ca şi în cazul precedent, bineînţeles cu alţi indici. Din această cauză nu vom mai da aici programul pentru familiile de curbe $\Pi_1(x_1, x_2) = 0$, el fiind în general acelaşi în afară de modificările amintite mai sus.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ РАСЧЕТА КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕХАНИЗМОВ С ЗУБЧАТЫМИ КОЛЕСАМИ С ВВЕДЕННЫМИ ПОПРАВКАМИ

РЕЗЮМЕ

В статье разрабатывается программа для электронной машины CIFA-1 с целью вычисления качественных показателей, даваемых семействами характеристических кривых (1) и (2), входящих в расчет поправок зубчатых колес.

Приводится общая схема вычислений для семейств кривых $H_1(x_1, x_2) = 0$ и $\Pi_1(x_1, x_2) = 0$, а для семейств $H_1(x_1, x_2) = 0$ приводится также и программа вычислений для машины CIFA-1.

PROGRAMME DU CALCUL DE CERTAINS INDICES DE QUALITÉ DES ENGRENAGES À ROUES DENTÉES CORRIGÉES

RÉSUMÉ

Dans ce travail, l'auteur présente un programme, pour la machine électronique CIFA-1, en vue du calcul de certains indices de qualité, fournis par les familles de courbes caractéristiques (1) et (2) intervenant dans le calcul pour la correction des roues dentées.

Il donne le schéma général pour le calcul des familles de courbes $H_1(x_1, x_2) = 0$ et $\Pi_1(x_1, x_2) = 0$. En ce qui concerne les familles $H_1(x_1, x_2) = 0$, il donne en outre le programme de calcul pour la machine CIFA-1.

BIBLIOGRAFIE

1. A. A. Ляпунов, *О логических схемах программ.* Проблемы кибернетики, 1, 46–75 (1958).
2. E. Munteanu, *Programarea calculului corijării roţilor dinţate.* Studii şi cercetări matematice (Cluj), **IX**, *1–4*, 225–236 (1958).
3. V. Toma, *Calculatorul electronic al Institutului de fizică atomică CIFA-1.* Bul. ştiinţ. Acad. R.P.R., Secţia de ştiinţe matematice şi fizice, **1**, *9*, 209–215, (1957).

Primit la 17.IX. 1959.