

Оптимизиране на геометричните параметри на вътрешното зацепване по критерия контактна якост

Антоанета Добрева

Optimization of Geometry Parameters of Gear Trains with Internal Meshing considering the Criterion Contact Strength: The paper presents the theoretical analysis of the parameters, which have an influence upon the contact strength of the gear trains. Optimization research of gearings with internal meshing and small difference between the teeth number of the pinion and the ring with internal teeth based upon the criterion the contact strength is implemented. Conclusions are deduced.

Key words: Gear Trains with Internal Meshing, Contact Strength, Optimization of Geometry Parameters, Application of Software System.

ВЪВЕДЕНИЕ

Проблемите на изследването на зъбни предавки с вътрешно зацепване, свързани с оптимизацията на геометричните им параметри зависят от функционалната годност на трансмисията, от трибологичните показатели на зацепването и от прецизното определянето на геометричните граници на съществуване на зъбни предавки с вътрешно зацепване. В научните трудове на преподавателите от Русенския университет са представени научни изследвания и програмни продукти за якостно и геометрично пресмятане на зъбни предавки с помощта на геометрични и силови блокиращи контури. Резултати от тези изследвания са обобщени в [1, 2].

За различните видове предавки с вътрешно зацепване съществуват блокиращи контури, представени в [3]. За предавки с големи предавателни числа, като отделните степени на предавката са с вътрешно зацепване, а в някои случаи и с малка разлика в броя на зъбите, тези блокиращи контури не винаги могат да бъдат използвани.

Целта на представеното изследване е: на базата на прецизираната от автора методика за определяне на геометричните граници на предавки с вътрешно зацепване и малка разлика в броя на зъбите да се оптимизират геометричните параметри на зацепването по критерия контактна якост.

ТЕОРЕТИЧЕН АНАЛИЗ НА ПАРАМЕТРИТЕ, ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ КОНТАКТНАТА ЯКОСТ

Изчисленията по критерия контактна якост са базирани на прецизното определяне на номиналните контактни напрежения в зацепването σ_H , най-често, в полюса на зацепване. За да бъде оразмерена правилно зъбната предавка по критерия контактна якост, изчисленото номиналното контактено напрежение σ_H трябва да бъде по-малко от (или равно на) допустимото контактено напрежение σ_{Hr} . Определянето на номиналното контактено напрежение се извършва съгласно следната зависимост, дефинирана в [7]:

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_E \cdot Z_\epsilon \cdot Z_\beta \cdot [(F_t \cdot (u+1) \cdot (K_A \cdot K_v \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha})) / (d_1 \cdot b \cdot u)]^{1/2} \quad (1)$$

В уравнение (1) са включени следните параметри:

- H - коефициент, отчитащ формата на зацепените зъбни повърхнини в полюса на зацепване;
- E - коефициент, отчитащ механичните свойства на материалите на зацепените зъбни колела;
- ε - коефициент, отчитащ сумарната дължина на контактните линии;
- ε - коефициент, отчитащ наклона на зъбите;

β	- периферна сила по делителните цилиндри в челно сечение;
t	- предавателно число; - коефициент, отчитащ външното натоварване;
A	- коефициент, отчитащ вътрешното динамично натоварване;
v	- коефициент, отчитащ разпределението на натоварването по дължина на контактните линии;
n_{β}	- коефициент, отчитащ разпределението на натоварването между зацепените зъбни двойки;
n_{α}	- делителен диаметър на малкото зъбно колело 1;
1	- работна широчина на зацепените зъбни колела.

От значението на изброените параметри става ясно, че влиянието на геометрията на зацепването върху стойностите на номиналните контактни напрежения се определя основно от коефициента, отчитащ формата на зацепените зъбни повърхнини в полюса на зацепване Z_H . Един от начините за изчисляване на стойностите му е използване на следната аналитична зависимост, [7]:

$$Z_H = (2 \cdot \cos \beta_b \cdot \cot \alpha_{wt} / \cos^2 \alpha_t)^{1/2} \quad (2)$$

В уравнение (2) значението на използваните параметри е следното: β_b - основен ъгъл на наклона на зъбите; α_{wt} - ъгъл на зацепване; α_t - делителен ъгъл на зъбния профил в челно сечение.

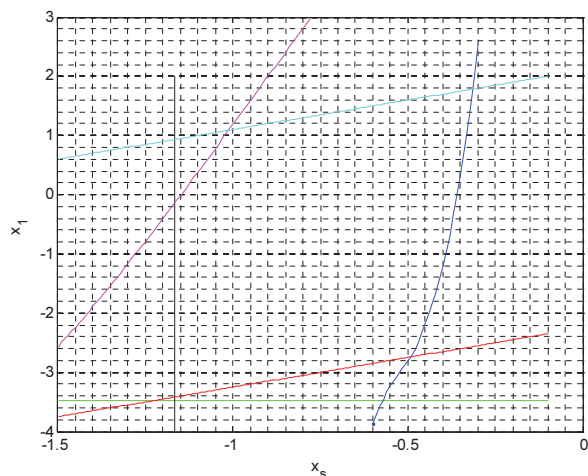
В процеса на провеждане на теоретичното изследване, основната задача е да се определят зоните с минимални стойности на номиналните контактни напрежения за вътрешното зацепване от областта на допустимите решения за зъбни предавки с вътрешно зацепване и малка разлика в броя на зъбите, определена от геометричните граници на съществуване на този вид предавки с вътрешно зацепване. За целта, стойността на фактора Z_H е желателно да бъде също възможно най-ниска.

ОПТИМИЗАЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРЕДАВКИ С ВЪТРЕШНО ЗАЦЕПВАНЕ ПО КРИТЕРИЯ КОНТАКТНА ЯКОСТ

Определянето на геометричните граници на съществуване на зъбни предавки с вътрешно зацепване и малка разлика в броя на зъбите между венца с вътрешни зъби и малкото зъбно колело е извършено на базата на методиката, описана в [4,5].

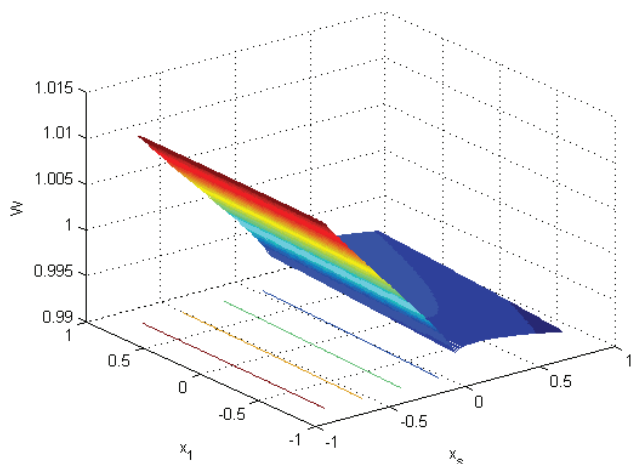
Разработена е софтуерна система GeoMat2012, основана изцяло на тази методика. Спецификата и предимствата на софтуерния продукт GeoMat2012 са представени подробно в [8]. Софтуерната система подпомага оптимизирането на геометричните и якостни параметри на зацепването в зависимост от коефициентите на изместване на изходния контур за колелото с външни зъби (x_1) и венца с вътрешни зъби (x_2), както и от тяхната сума x_s .

Софтуерният алгоритъм включва изчисляване на стойностите на съответните геометрични и якостни параметри и проверка на изпълнението на необходимите условия, посочени в [4, 5]. Визуализацията на геометричните граници, определящи областта на допустими решения за зъбни предавки с малка разлика в броя на зъбите в правоъгълна координатна система с абсциса x_s и ордината x_1 , е представена на Фиг.1. Значението на посочените на Фиг.1 параметри е следното: z_1 - брой зъби на малкото зъбно колело, z_2 - брой зъби на венца и m - модул на зацепването.



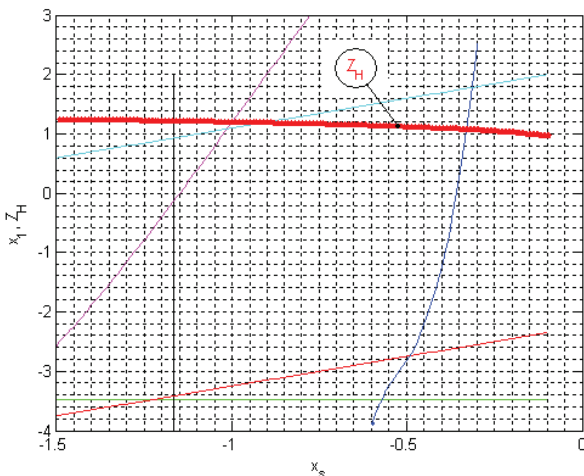
Фиг. 1. Геометрични граници, определящи областта на допустими решения, за зъбни предавки с малка разлика в броя на зъбите и параметри: $z_1 = 106$, $z_2 = -110$ и $m = 2$ mm, където: Линия 1 – зелен цвят, линия 2 – червен цвят, линия 3 – син цвят, линия 4 – светло син цвят, линия 5 – лилав цвят, линия 6 – черен цвят

Първата геометрична граница е определена от минималната допустима стойност на x_1 (линия 1). Аналитичното и графично определяне на втората геометрична граница (линия 2) е част от метода, описан подробно в [6]. Стойностите на x_s и x_1 , които съответстват на третата геометрична граница (линия 3), се намират в допустимата област, определена от вида интерференция, специфична само за вътрешно зацепване с малка разлика в броя на зъбите. Зависимостта на отношението W , определящо третата геометрична граница съгласно [4, 5] е представена графично на Фиг. 2.



Фиг. 2. Зависимостта на отношението W , определящо третата геометрична граница, при $z_1 = 106$, $z_2 = -110$ и $m = 2$ mm

Четвъртото и пето условие (линия 4, линия 5) съгласно [4,5] ограничават допустимата област отгоре и отляво, както е показано на Фиг.1. Шестата геометрична граница (линия 6) представлява линия, затваряща областта на допустими решения за зъбни предавки с малка разлика в броя на зъбите отляво. Нейното аналитично и графично определяне е описано в [6].



Фиг. 3. Стойностите на параметъра Z_H при $z_1 = 106$, $z_2 = -110$ и $m = 2$ mm

В посочените примерни решения на Фиг.1, Фиг.2 и Фиг.3, за броя зъби на венца z_2 се използва знакът (-) съгласно методиката за геометрично пресмятане на предавки с вътрешно зацепване, разгледана подробно в [3].

Софтуерната система GeoMat2012 изчислява стойностите на параметъра Z_H , отчитащ формата на зацепените зъбни повърхнини в полюса на зацепване при изчисляване на номиналните контактни напрежения. Получените резултати са показани на Фиг.3. Става ясно, че минималните стойности за изследвания параметър се намират в най-дясната част на областта на допустими решения за зъбни предавки с малка разлика в броя на зъбите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Извършеното теоретично изследване на зъбни предавки с вътрешно зацепване, подпомогнато от създадения програмен продукт GeoMat2012, дава основание да се направят следните изводи:

1. Апробирана е успешно прецизираната методика, разработена от автора, за определянето на геометричните граници на съществуване на зъбни предавки с вътрешно зацепване и малка разлика в броя на зъбите между венца с вътрешни зъби и малкото зъбно колело;

2. Определена е еднозначно зоната за минималните стойности на номиналните контактни напрежения в рамките на областта на допустими решения за зъбни предавки с малка разлика в броя на зъбите.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Angelova, E., V. Ronkova, P. Nenov, Increasing Load Capacity of Cylindrical Gear by Optimizing Their Geometric Parameters, „INMATEH – Agricultural Engineering”,

may-august, vol 31, №2/2010, National Institute of Research-Development for Machines and Installations Designed to Agriculture and Food Industry-INMA Bucharest, ISSN:2068-2239, ISSN:2068-4215, 40-46.

[2] Angelova, E., P. Nenov, B. Kaloyanov, V. Vyrbanov. Usage of 2D-Models for Optimization of the Gear Ratio of Cylindrical Reducers. Scientific conference ADEMS'09, Technical University Kluzh-Napoka, Rumania, 2009.

[3] DIN 3993. Geometrische Auslegung von Zylindrischen Innerradpaaren mit Evolventenverzahnung, 1981.

[4] Dobрева, A. Improving Tribological Characteristics of Gear Trains with Internal Meshing: In: Scientific proceedings of Ruse University, Том 50, s. 4, Publishing centre at RU, Ruse, 2011, pp 175 – 180.

[5] Dobрева, A. Theoretical investigation of the energy efficiency of planetary gear trains. Power transmissions, the 4th International conference on power transmissions – “pt 12”, June 20-23, 2012, Sinaia, Romania.

[6] Dobрева, A. Method for optimization of geometry parameters of gear trains with internal meshing and small difference between the teeth number considering the criteria contact strength, /prepared for publishing/

[7] ISO 6336-2_2006: Calculation of load capacity of spur and helical gears, Part 2: Calculation of surface durability (pitting)

[8] Stoyanov, S. Special features and advantage of the software system GeoMat2012, /prepared for publishing/

За контакти:

Доц. д-р Антоанета Добрева, Катедра “ММЕИГ”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 0359887746311, e-mail: adobreva@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.

РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ „АНГЕЛ КЪНЧЕВ“
UNIVERSITY OF RUSE „ANGEL KANCHEV“

ДИПЛОМА

Програмният комитет на
Научната конференция РУ&СУ'12
награждава с КРИСТАЛЕН ПРИЗ
“THE BEST PAPER”

доц. д-р АНТОАНЕТА ДОБРЕВА
автор на доклада

“Оптимизиране на геометричните параметри
на вътрешното зацепване
по критерия контактна якост”

DIPLOMA

The Programme Committee of
the Scientific Conference RU&SU'12
Awards the Crystal Prize "THE BEST PAPER"
to Assoc. Prof. ANTOANETA DOBREVA, PhD
author of the paper

“Optimization of Geometry Parameters of Gear Trains
with Internal Meshing
considering the Criterion Contact Strength”

РЕКТОР
RECTOR



проф. д.т.н. Христо Белоев
Prof. DSc Hristo Beloev, DHC

12.11.2012