

Относно определянето коефициента на неравномерност в планетни предавки

Георги Георгиев

Fixing the irregularity of planetary gears: The study of the uneven distribution of load among satellites in certain static and static indefinite planetary gear type 2K-H shows that knowledge of the coefficient of uniformity is insufficient to assess the rationality of one or other sketch of the planetary gear. It is therefore necessary to thoroughly address this coefficient.

ВЪВЕДЕНИЕ

Планетните предавки имат редица предимства описани в [1] в сравнение с другите зъбни предавки. В следствие на тези качества те намират все по-голямо приложение в различни отрасли на машиностроенето [4],[5],[6] (автомобилостроене, селскостопански машини, вътрешно- заводски транспорт, повдигателни съоръжения и др.)

Но те имат специфичен проблем – неравномерно разпределение на натоварването между сателитите. При изчисленията на планетните предавки тази особеност се отчита с коефициент на неравномерност на разпределение на натоварването Ω .

ИЗЛОЖЕНИЕ

Проучването на неравномерно разпределение на товара между сателитите в статично определени и статично неопределени планетни предавки тип 2K-H показва, че знанията за коефициента на неравномерност Ω (коефициент на претоварване) е недостатъчно за да прецени рационалността на една или друга схема на планетна предавка.

На фиг. 1 са показани силите в зацепване в планетна предавка.

В случай че имаме равномерно разпределение на натоварването периферната сила [2] на централното(слънчевото колело) е:

$$F_{ta} = \frac{2T_a}{d_a \cdot c} \quad \text{където:} \quad (1)$$

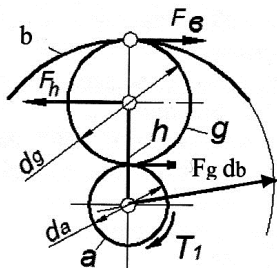
T_a - момента действащ на централното колело;

c - брой на сателитите.

Но в действителност тази зависимост трябва да бъде коригирана с коефициента Ω , отчитащ неравномерността на натоварването, т.е зависимостта ще бъде:

$$F_{ta} = \frac{2T_a}{d_a \cdot c} \cdot \Omega \quad (2)$$

Описаните в техническата литература методи за определяне на коефициента на неравномерност не вземат предвид редица фактори, които оказват значително въздействие върху работоспособността и ресурса на планетните предавки. Това води до разнообразие от коефициенти на неравномерност, препоръчвани от различни автори.



Фиг.1 Схема на натоварване на планетна предавка

Така например, в [3] коефициента на неравномерност (претоварване) се определя като съотношение на максимално натоварване на един от сателитите към средно аритметично натоварване в даден участък от запис сигнал показващ натоварването върху сателитите, т.е.

$$\Omega = \frac{P_{\max}}{\frac{\sum_1^c P_i}{c}}, \text{ където:} \quad (3)$$

c – брой сателити

В [3] коефициентът на неравномерност на разпределение на натоварване на сателитите, се определя като съотношение между действителното натоварване на осите на сателитите към теоретичното (като се предполага, че имаме равномерно разпределение на натоварването), т.е.

$$\Omega = \frac{P_{\text{д}}}{P_{\text{т}}} \quad (4)$$

но за реалните стойности на тези коефициенти са взети средни им стойности пресметнати като средната аритметична стойност на натоварването на отделните сателити:

$$\Omega_{\kappa} = \frac{\sum_1^n \frac{P_i^k}{P_t}}{n}, \text{ където} \quad (5)$$

n - броя интервали на които е разделен участък от запис на натоварването избран за обработка;

P_t - стойност на натоварването при предположение че то е равномерно;

P_i^k - текущо значение на натоварването на сателитите.

Първият метод обикновено дават по-високи стойности на коефициента на неравномерност, а вторият - твърде ниска. И двата метода на отчитат ресурса на предавката при предаване на натоварване от сателитите надвишаващи стойността на средното им натоварване .

Ето защо, може да може да имаме различен характер (различен характер на записа на натоварването) на разпределение на товара между сателитите, но може да има едно и също средно натоварване и по този начин едни и същи стойности на коефициентите неравномерност. Това може да доведе до подвеждащи заключения, когато се оценява структурен дизайн на схеми на различни планетни зъбни колела.

В допълнение, редица методи, включително и изложения по-горе, с номериране на сателитите и поставяне на датчици на опорите симетрично около оста на симетрия на ширината на зъбния венец не е възможно да се определи ефектът от огъване на оста на сателита при регистрираната стойност на натоварването и по този начин да се установи качествено влиянието на различните структурни схеми за статичната определомост на планетна предавка.

По тази причина, изследователите на планетни предавки на различни структурни схеми е необходимо да монтират, тензодатчиците извън сателитите, а осите изпълнени като конзола. По този начин, големината на огъващият момент върху оста на сателита записани от тензодатчиците, зависи както от големината на равнодействащата окръжна сила в областта на сателита, така от рамото на нейното прилагане. Използването на сателити с тесни зъби [10 мм] показва, че при плаващо слънчево колело натоварването се разпределя равномерно [3], и колебанията на огъващият момент върху оста на сателита са причинени основно от пресичането на осите в зацепването във връзка с което окръжната сила се премества по дължината на зъбите, което води до периодични колебания на записа на натоварване. Преместването на силата по дължината на зъбите води до концентрация на натоварването в краищата на зъбите или в някои участъци на зъбите, което е равносилно на увеличение в на огъващите и контактни напрежения на зъбите от неравномерното разпределение на товара. По тази причина, коефициентът на неравномерност, получени след третирането на тези вълни, е като комплекс коефициент, който отчита на двата фактора - неравномерно разпределение на товара между сателитите и концентрацията на товара по протежение на зъбите.

По тази причина, коефициентът на неравномерност, получени след обработка на запис на натоварването, е като комплекс коефициент, който отчита двата фактора - неравномерно разпределение на натоварване между сателитите и концентрацията на товара по дължината на зъбите.

Но, много методи за определяне на коефициента на неравномерност са представени така, че не може да се вземе предвид средното влияние на натоварването върху трайността на предаването на натоварване. За да се направи това се определя средното отклонение от средноаритметичната стойност на въртящия момент на натоварването на сателитите:

$$\bar{\theta} = \frac{\sum(T_i - \bar{T}_k).n_i}{\sum n_i}, \text{ където} \quad (6)$$

T_i - текущо значение на момента предаван от сателитите;

\bar{T}_k - средно аритметично значение на предавания момент от сателитите на водилото;

n_i - стойността на честотата на възникване на променливата величина

$$\bar{T}_k = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} T_i . n_i}{\sum n_i} \quad (7)$$

При разглеждане на даден запис не винаги сумата от средните стойности на въртящия момент на всеки сателит съвпада с натоварване на изхода на водилото, което потвърждава изместването на периферната сила на сателита спрямо оста на симетрия на на зъбния венец. Като се знае позицията на оста на симетрия на зъбния венец, можем да определим изместването на равнодействащата сила от зависимостта.

$$x = A - B \quad (8)$$

A - разстояние от оста на симетрия на зъбния венец до края на водилото, B - разстоянието между равнодействащата сила до същия край.

$$B = \frac{\overline{T_k} \cdot A}{T_t} \quad (9)$$

$\overline{T_k}$ - средно аритметично значение на предавания момент от сателитите на водилото;

T_t - значение на въртящия момент при условие че имаме равномерно разпределение на натоварването между сателитите и по дължина на зъбния венец.

$$T_t = \frac{T_H \cdot c}{c} \quad (10)$$

T_H - момент на водилото.

По този начин, средното значение на натоварването ни позволява да се определят само размера на изместване, т.е. центъра на равнодействащите сили, които в резултат на пресичането на осите в зацепването водят до колебания около този център което води до колебания на огъващият момент върху оста на сателита, а оттам и върху вида на сигнала, т.е. средното отклонение. $\overline{\theta}$ което, въпреки че е отклонение от средната стойност на $\overline{T_k}$ може да се счита за средното отклонение на товара при условие, че се разпределя равномерно между сателитите. Практически при обработка на дадени сигнали от измерване ние трябва да се интересуваме повече от колебание на натоварването, отколкото от средната стойност, което позволява да се определи мястото на равнодействащата сила върху сателитите.

След казаното до тук коефициента на неравномерност се определят израза:

$$\Omega = \frac{T_m + \overline{\theta}_k}{T_m} \quad (11)$$

или

$$\Omega = 1 + \frac{\overline{\theta}_k}{T_m} \quad (12)$$

Очевидно е, че планетни зъбни колела с голямо средно отклонение ще бъде по-голям и коефициента Ω .

По този начин въвеждането на формула за определяне на коефициента на неравномерност на средното отклонение дава възможност за анализ и определяне на различните структурни модели на планетни предавки

. Например, за статично неопределена планетна предавка с плаващо слънчево колело при $\bar{\theta} = 286 \text{ Nm}$ както и за статично определима с плаващо слънчево колело и сателити при $\bar{\theta} = 733 \text{ Nm}$ при едно и също натоварване на 3000 Nm, коефициента Ω е, съответно 1.280 и 1.073 [7].

Ако коефициента Ω се определи от условието за средните стойности на моментите, то той практически се получава еднакъв за повечето планетни предавки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение можем да кажем За определянето на коефициента на неравномерност на разпределение на натоварването Ω е необходима апаратура с достатъчна точност;

Необходим е достатъчен на брой опити за доказване достоверността на резултатите

ЛИТЕРАТУРА

[1] Георгиев Г., Добрева А., Добрев В. „Проблеми в планетните предавки и начин на отстраняването им“.

[2] Ненов П., Ангелова Е., Добрева А., Добрев В. Машинни елементи, РУ”А. Кънчев” 2010.

[3] Шаткус Д.И. Разпределение на грузки среди сателитов в планетарных передач „Тракторы и сельхозмашины №2 -1980 г.

[4] Добрева А., В. Добрев. Проблеми и възможности за изследвания в областта на механични предавки // Научни трудове на Русенски университет, Том 45, серия 2.2 “Транспорт и машинознание”, Русе 10 – 11 ноември 2006, с. 225 – 229. ISSN 1311 – 3321.

[5] Добрева, А., В. Добрев, Г. Георгиев. Иновативни конструкции на цилиндрични и планетни предавки с повишена енергийна ефективност и подобро разпределение на натоварването. Научни трудове на РУ, Том 49, с. 4, Русе, 2010, с. 116 – 120.

[6] Stoyanov, S., A.Dobрева. Development, Design and Optimization of Planetary Gear Trains for Vehicles – Computer Aided Frequency Analysis of Planetary Gears. VDI – Berichte 2108.2. International Conference on Gears. VDI Verlag GmbH – Duesseldorf 2010. pp 1423 – 1426.

[7] Перевалов Н. Е. Исследование влияния некоторых факторов на разпределение на грузки в планетарных передачах Дисертация Киев, 1964.

За контакти:

Инж. Георги Георгиев, Катедра ММЕИГ, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 492, e-mail: gdgeorgiev@ru.acad.bg ;

Изследванията са подкрепени по договор BG051PO001-3.3.04/28 ” Подкрепа за развитие на научните кадри в областта на инженерните научни изследвания и иновациите ”. Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на оперативна програма „ Развитие на човешките ресурси ” 2007-2013, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз.

Докладът е рецензиран.