

Проблеми в планетните предавки и начин на отстраняването им

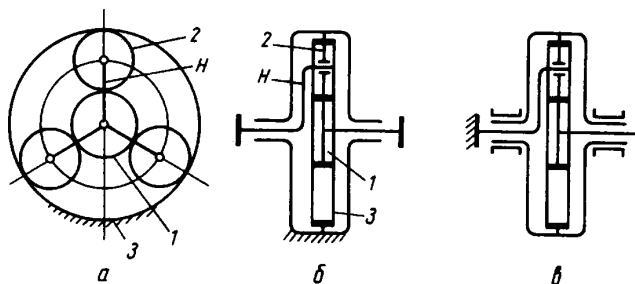
Георги Георгиев, Антоанета Добрева, Васко Добрев

Planetary gears are located and are widely used in building and as such they are subject to examination and usavershenstvuvane. Here is discussed the problem of uneven distribution of load between satellites in planetary gears, one of the sources for the emergence of noise and vibration. Indicated elements of the gear in which the inaccuracy of their production leads to the emergence of noise and vibration and other causes for their appearance. Konstruktivni presented different solutions to prevent the uneven load distribution - gear coupling, the presence of a floating element (satellites, central wheel, water), the presence of an elastic element in the elements of the gear. Have made an overview of the findings in the field of planetary gears.

Key words: Planetary gears, problems

ВЪВЕДЕНИЕ

Планетните предавки имат елементи с подвижни оси, които извършват движение подобно на планетите. На фиг. 1 е показана кинематичната схема на най-често срещания най-проста планетна предавка. Тя се състои от централно слънчево колело 1 външни зъби; зъбен венец 3 с вътрешни зъби и водило H, към което са лагирувани сателитите с външни зъби 2.



Фиг. 1. Схема на планетна предавка

Планетните предавки в сравнение с обикновените са от 2 до 4 пъти по-малка тегло [1], а често и най-добри компоновачни характеристики, те могат да бъдат с по-малки размери от размера на другите предавки, като предават същите или по-високи въртящи моменти, което позволява да се създадат удобни конструкции с добро пространствено разположение. Това се обяснява със следното: Мощността тук се предава чрез няколко сателита, т.е. силовият поток се разлага на няколко клона (в случая 3). Поради симетричното натоварване се намалява натоварването на зъбите; намалява се натоварването на опорите и опростяване на тяхната конструкция, намаляват се загубите от триене. Вследствие на това в условията на енергийна ефективност планетните предавки са по-енергийно ефективни, КПД е 98 % [4] спрямо обикновените при които КПД е 55 % [4]. Те имат лесна поддръжка. Могат да се постигнат големи предавателни числа. Използването на компютри и специализирани софтуер, въз основа на стандартите ISO от инженерно техническия персонал, позволява проектиране на планетни предавки с голяма работоспособност, надеждност и безопасност при експлоатация. Гъвкавия дизайн предлага нестандартни решения на изпълнение на предавката. Коаксиален аранжимент на планетната предавка, като напълно запечатана универсална система позволява тя да се монтира директно на съоръжения, използващи енергия. Тя може да събира и разделя движението, т.е. да се използва като сумиращ и диференциален механизъм.

Следствие на тези качества планетните предавки намират все по-голямо приложение в различни отрасли на машиностроенето (автомобилостроене, селскостопански машиностроене, вътрешно- заводски транспорт, повдигателни съоръжения и др.)

ИЗЛОЖЕНИЕ

В основата на проблема при планетните предавки стои работата им с повишен шум и вибрации, дължащи се на неравномерно разпределение на натоварването между сателитите, поради неточности в изработване на отделните елементите на предавката:

- зъбен венец;
- централно колело и сателити;
- водило;
- обработване на корпусните детайли;
- неточности при монтажа;

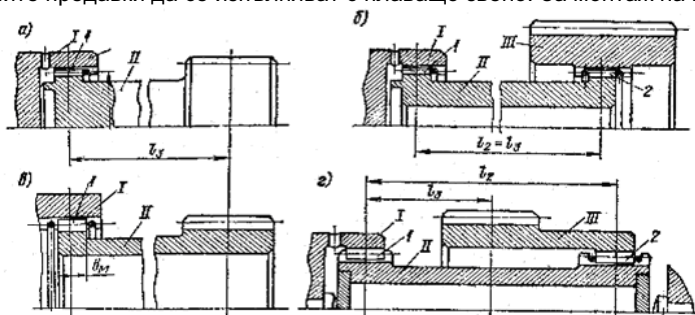
Повишения шум и вибрации се дължат също и на:

- Грешката на който и да е геометричен параметър на елементите на предавката (зъбен профил, стъпка, дебелината на зъба, отклонение от дължината на общата нормала и др.)
- Избора на степенята на точност на параметрите, които определят кинематичната точност, плавността на работа на колелата и контакта между зъбите
- радиалните хлабини между сателитите и венеца и между сателитите и централното колело;
- наличието на интерференция, съпроводена с допълнително динамично натоварване и повишаване на напреженията в зъба;

При изработването на единични бройки предавки неточностите в нарязване на елементите неточности в последващата обработка на елементите, осигуряване на постоянно предавателното отношение и равномерно разпределение натоварването на сателитите може да бъде избегнато. При серийното производство това е доста трудно.

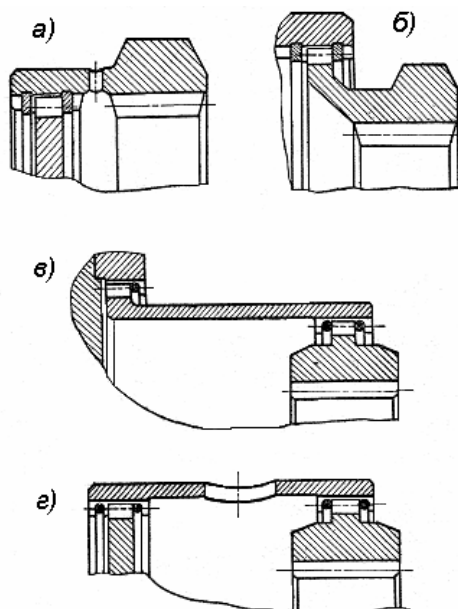
МЕТОДИ ЗА ОТСТРАНЯВАНЕ НА НЕРАВНОМЕРНОТО РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА НАТОВАРВАНЕТО

За да се избегне неравномерното разпределение на натоварването, което може да бъде посочено като основен източник на вибрации и шум се предприема планетните предавки да се изпълняват с плаващо звено. За монтаж на плаващо



фиг. 2

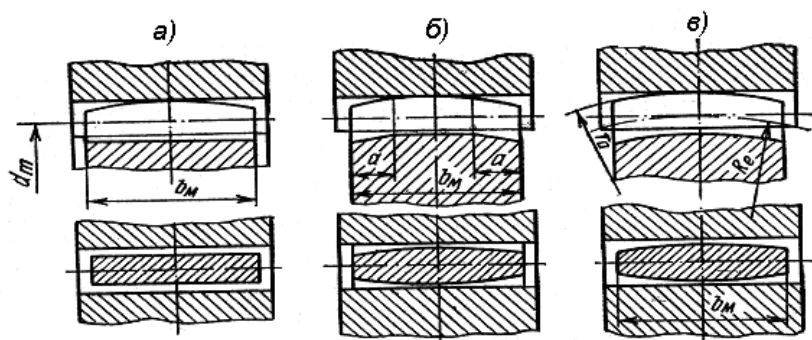
звено, често се използват зъбните съединения [3], които могат да бъдат с външно и вътрешно зацепване, а така също с единично и двойно зацепване.



фиг. 3

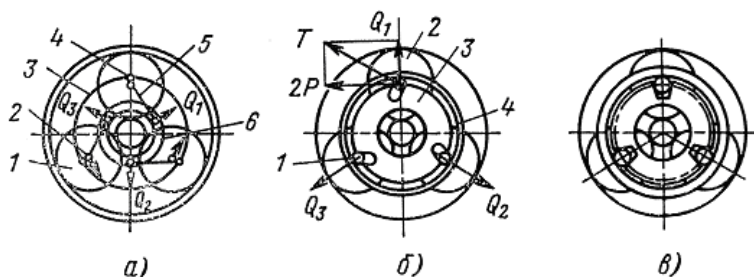
На фиг. 2 са показани конструкции на зъбни съединения на централното колело с външно зацепване, а на фиг. 3 конструкции на зъбни съединения на централното колело с вътрешно зацепване. Те обезпечават необходимата радиална хлабина на основните звена в процес на компенсация на грешката от изработката. Муфите на плаващите звена с едно зъбно съединение фиг. 2 а) и в) е допустимо да се прилагат при малка дължина l_3 в сравнение с муфите имащи едно зъбно съединение, муфите с две зъбни съединения са по сложни, но са способни да обезпечат малък коефициент на неравномерно разпределение на натоварването. Съединителните муфи с вътрешно зацепване, са изпълнени като едно цяло с централното колело с външни зъби или водилото, имат относително тесен венец. При несъосие на такова съединение не възниква съществена неравномерност на разпределение на

натоварването по дължината на зъбното съединение.



фиг. 4

Муфи изпълнени на централното колело с външно зацепване, при малък диаметър могат да бъдат изпълнени по начин показан на фиг.4, в зависимост от отношението b_m / d_m . При $b_m / d_m = 0.2 - 0.3$, целесъобразно е муфите да се изпълняват с бъчкообразни форми (в). При $b_m / d_m = 0.01 - 0.03$ целесъобразно е муфите да се изпълняват с правообразуваща форма (а). По технологични причини за нарязване на бъчкообразни зъби, а так също и при $b_m / d_m = 0.1 - 0.2$ муфите се изработват, съгласно (б).



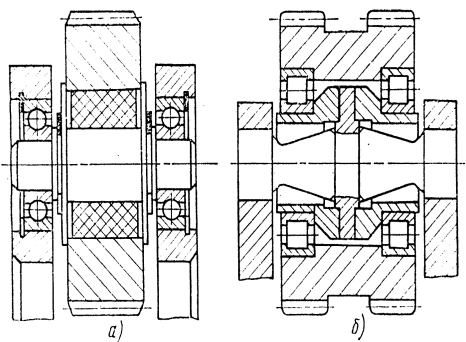
фиг. 5

На фиг. 5 [2] Плаващите сателити са взаимно свързани. Осите на които са монтирани сателитите, са свързани и имат възможност да се движат в канали, при което движението на единия сателит определя движението на останалите.

а) С помощта на лост – трите сателита 1 са монтирани на сферични лагери и ексцентрични оси 2 и са закрепени във водилото 3. Осите 2 относно водилото, могат да се завъртат на лагерите 4. Лоста 5 е монтиран към оста 2, а щифовете на свободния край могат свободно да плъзгат колелото 6, което при нееднаква реакция Q_i се премества и спомага за изравняване на натоварването предавано на сателитите.

б) С наклонени канали за нереверсивни предавки – осите на сателитите 2 са разположени в каналите на водилото 3 и се захващат неподвижно колелото 4, което при нееднаква радиална проекция на Q_i на силата F натоварвайки осите на сателитите принуждава водилото 3 да се премести и да способства за изравняване на натоварването на сателитите.

в) С радиални канали за реверсивни механизми и принципа на действие е същия както в т. б).

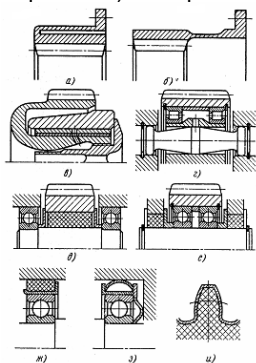


фиг. 6

На фиг. 6 [2] сателитите са монтирани на еластични опори. При:
- вариант а) сателита е монтиран на еластичен елемент;
- вариант б) оста на сателита е напълнена с еластичен елемент.
При работа на планетната предавка грешки в зацепването и неравномерното зпределение на натоварването между сателитите, се компенсират вследствие на деформация на еластичния елемент. Като еластични елементи се използва обикновено каучук.

На фиг.7 [2] е са представени конструкции на елементите на планетни предавки с минимална наравномерност на разпределение на натоварването.

Вариант а) и вариант б) представляват гъвкави венци приложими в бързоходни предавки и в предавки с двувенцови сателити. Грешката в зацепването се компенсира от податливостта на елементите на предавката.



фиг. 7

При вариант в) - сателита е във формата на камбана.

При вариант г) остта на сателита е във форма на гребен с равно съпротивление.

При вариант д) изравняващ сателит на каучукова основа.

При вариант е) - остта на сателита е на еластична опора във водилото;

При вариант ж) и з) лагерната опора е оформена като легло от каучук и стоманена сферична пружина.

При вариант и) – зъбен венец на сателитите от каучук с повърхност от метално покритие, използван в кинематични предавки.

ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ:

От гореизложеното могат да се направят следните изводи:

1. Планетните предавки работят със вибрации и шум вследствие на неравномерно натоварване на сателитите.

2. Използване на плаващо звено е често срещан метод за предотвратяване на неравномерно натоварване на сателитите. Налице са и други методи за отстраняване на проблема като използване на еластични елементи в предавките – каучук, пружини и комбинация от двата елемента.

3. Считаме, че в качеството си на еластични елементи с по-голяма трайност, могат да се използват материали на карбонова основа, или фибростъкло.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Димитров И. П., Лефтеров Л.С., Йорданов П. В., Ганчев Е. Х. Машинни елементи— Техника, София 1994.
- [2] Кожевников С. Н., Есипенко Я. У., Раскин Я. М. Механизмы: Машиностроение, 1976.
- [3] Под ред. Кудрявцева В. Н., Кирдяшева Ю. Н. Планетарные передачи: Справочник : Машиностроение, 1977.
- [4] www.engineeringtalk.com

За контакти:

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

Доц. д-р инж. Антоанета Добрева, Катедра ММЕИГ, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 348, e-mail: adobрева@ru.acad.bg;

Доц. д-р инж. Васко Добрев, Катедра ММЕИГ, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 492, e-mail: vdobrev@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.