

УДК 621.83.06

ИССЛЕДОВАНИЕ КПД ПЛАНЕТАРНОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВЕДУЩИХ ЗВЕНЬЯХ

М. Е. ЛУСТЕНКОВ, С. А. ЗЫЛЬ, Б. Б. СКАРЫНО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Планетарные зубчатые передачи и передачи новых типов [1, 2] широко применяются в различных областях промышленности, где требуется высокая нагрузочная способность при малых габаритах привода. Потери мощности в планетарных передачах зависят от многих параметров, включая характеристики материалов контактирующих деталей, действующие нагрузки, систему смазки и т. д., комплексное влияние которых может быть оценено экспериментально. При этом теоретическое определение КПД планетарных передач на стадии проектирования при заданном передаточном отношении позволяет сравнить различные их схемы и выбрать наиболее рациональную, обеспечивающую необходимые кинематические характеристики и минимальные потери мощности [3]. Целью работы являлась теоретическая оценка КПД простой одноступенчатой зубчатой планетарной передачи в зависимости от потерь в зацеплениях, передаточного отношения и применяемой схемы. Исследовалась схема $2k-h$, при которой два центральных колеса a и b контактируют с сателлитами g , оси которых зафиксированы на водиле h (рис. 1, a).

Получены выражения для определения КПД передачи вращения и нагрузки при ведомом водиле, но различных ведущих звеньях. КПД при ведущем центральном солнечном колесе a и ведущем корончатом колесе b будет определяться соответственно по формулам

$$\eta_{ah}^b = \frac{1 - \eta_0 \cdot (1 - i_{ah}^b)}{i_{ah}^b}; \quad \eta_{bh}^a = \frac{1 - \eta_0 \cdot (1 - i_{bh}^a)}{i_{bh}^a}, \quad (1)$$

где i_{ah}^b , i_{bh}^a – передаточные отношения механизмов, где верхний индекс указывает на остановленное звено, а нижние индексы показывают направление передачи движения от ведущего к ведомому звену; η_0 – КПД обращенного механизма.

В качестве обращенного механизма рассматриваем передачу с остановленным водилом h . Передаточные отношения в формулах (1) выражаются через числа зубьев колес:

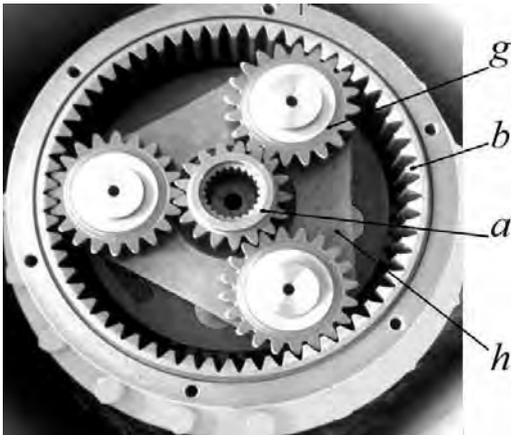
$$i_{ah}^b = 1 + \frac{z_b}{z_a}; \quad i_{bh}^a = 1 + \frac{z_a}{z_b}. \quad (2)$$

При выводе формул (1) предполагалось, что в обращенном механизме ведущее звено (колесо a или b) сохраняет свою функцию, а ведомым звеном

становится колесо, неподвижное в исследуемой схеме.

Результаты анализа приведены на рис. 1, б. В рассмотренных схемах КПД передачи достигает больших значений, нежели КПД обращенного механизма. Он асимптотически приближается к значению η_0 с увеличением передаточного отношения. Больший КПД имеют передачи, в которых ведущим является корончатое колесо b , однако передаточные отношения при этом имеют ограниченный диапазон для применения: $1 \dots 2$.

а)



б)

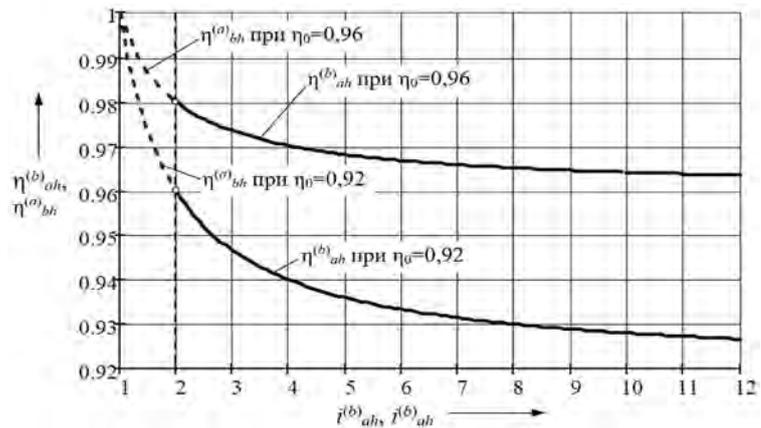


Рис. 1. Структура планетарной передачи (а) и зависимость ее КПД от применяемой схемы и потерь в обращенном механизме (б)

В обеих рассматриваемых схемах направление вектора угловой скорости вращения ведомого водила совпадает с направлением вектора угловой скорости ведущего колеса, передаточные отношения имеют положительные значения. КПД, теоретически равный единице, может быть достигнут в передаче с передаточным отношением $i^{ab} = 1$. Данное условие выполняется при $z_a = 0$ или $z_b = \infty$, что на практике не осуществимо. Особый случай возникает при $i^{ab} = 2$. КПД при схеме с ведущим центральным колесом a максимален. Данный случай характеризует механизм конического дифференциала, у которого $z_a = z_b$. Однако в этом случае потери мощности в обращенном механизме будут повышены, т. к. коническое зацепление имеет более низкий КПД по сравнению с цилиндрическими колесами. Наиболее перспективной для больших передаточных отношений (до 12,5) является известная схема с ведущим солнечным колесом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лустенков, М. Е. Сферические роликовые передачи с двухрядным сателлитом для малогабаритных приводов: монография / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2024. – 191 с. : ил.
2. Lustenkov, M. Comparative Analysis of Dynamic Characteristics of Spherical and Eccentric Transmissions with a Double-Ring Satellite / M. Lustenkov, I. Khalilov, A. Moiseenko // Advances in Science and Technology. – 2024. – Vol. 148. – P. 103–110.
3. Лустенков, М. Е. Силовой анализ передач с промежуточными телами качения / М. Е. Лустенков // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2016. – № 10. – С. 26–31.