

УДК 621.833

Волков Г.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

### **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МАГНІТНИХ РЕДУКТОРІВ В МАШИНОБУДУВАННІ**

Магнітні редуктора – пристрої, що використовують безконтактні передачі через магнітне поле постійних або керованих електромагнітів, поки не отримали широкого застосування в машинобудуванні. Крім того, в технічній літературі про них досить мало інформації, що викликає інтерес і бажання розібратися в перспективах цих конструкцій.

Прикладне вивчення магнітних передач розпочалося на початку 2000-х років. Піонерами в цьому напрямку можна вважати групу під керівництвом Аталлаха Каїса з Шеффільдського університету (Великобританія). Надалі на їх основі було створено єдине відоме комерційне підприємство Magnomatics LTD, продукцією якої є магнітні передачі та електричні машини на їх основі. Учасники цієї наукової групи вперше показали ефективність застосування магнітних передач і цим привернули увагу до проблем проектування таких пристроїв. Нині над питанням розробки магнітних передач працюють кілька зарубіжних наукових груп. Найбільш помітні з них: наукова група під керівництвом Пітера Расмуссена з університету м. Ольборга (Данія), Роджера Ванга з університету м. Стелленбоса (ПАР) та Ніколаса Франка з

університету Техасу (США). Принцип роботи магнітного редуктора можна пояснити за аналогією з роботою механічного планетарного редуктора, де основу складають три основні частини:

- внутрішня ведена секція, що вільно обертається (сонячна шестерня) з радіальним намагнічуванням і полярністю постійних магнітів, що чергуються, змонтованих на порожній круглій сталевій ступиці;

- центральний фіксований вузол (сателіти) складається з кількох сталевих стрижнів;

- зовнішня секція (епіцикл), що вільно обертається, складається з декількох магнітів з радіальним намагнічуванням і полярністю, що чергуються, змонтованих усередині сталевій труби.

Відношенням числа магнітів внутрішньої секції до магнітів зовнішньої секції визначають передатне відношення магнітного редуктора. Можна порівняно легко визначити характеристики проєктованого магнітного редуктора, включаючи швидкості обертання частин, що рухаються, і переданий момент.

У редукторі, що розглядається як приклад, внутрішній ротор обертається з постійною швидкістю 833 об/хв. Зовнішній ротор обертається під навантаженням з урахуванням сил в'язкого тертя зі швидкістю - 151,5 об/хв (обертання у протилежному напрямку).

Передача крутного моменту, шляхом взаємодії магнітного поля, здійснюється під впливом обертання внутрішнього ротора з постійною швидкістю при поступовому збільшенні навантаження на зовнішній ротор. Слід зазначити, що коли навантаження перевищує граничний момент, зовнішній ротор починає «прослизати». До перевищення граничного моменту зовнішній ротор відставатиме від внутрішнього ротора. Залежність між моментом, що розвивається, і кутом відставання є приблизно синусоїдальною з періодом рівним  $360/22$  градуси. Крутий момент таких редукторів поки що невеликий. Наприклад, характеристики однієї з реальних конструкцій до 665 Н·м на метр довжини ротор.

Обертання внутрішнього та зовнішнього роторів може бути контрольованим. Вхідний вал, пов'язаний із внутрішнім ротором, має задане значення швидкості обертання. На прикладі відомої конструкції, обертання внутрішнього ротора задається таким чином, що його швидкість збільшується з нуля до 833 об/хв за 10 мс і потім підтримується постійною (тобто моделюється процес запуску магнітного редуктора з подальшою стабілізацією швидкості).

Реакція зовнішнього ротора наперед невідома, тому зовнішній ротор сприймається як ведений елемент. Слід враховувати втрати на опір при роботі редуктора. Для цього випадку враховувалося також і в'язке тертя середовища з коефіцієнтом рівним 0,01 Нм/(рад/с).

У міру збільшення швидкості обертання центральних стрижнів передатне відношення редуктора буде зменшуватися, доки зовнішній ротор не зупиниться. Подальше збільшення швидкості обертання центральних стрижнів призведе до того, що зовнішній та внутрішній ротори почнуть обертатись у однаковому напрямку. Якщо швидкості обертання внутрішнього ротора і центральних стрижнів однакові, то швидкість обертання зовнішнього ротора буде такою ж.

Перспективи використання магнітного редуктора в машинобудуванні порівняно з механічними передачами в цілому зводяться до наступного:

1. Магнітний редуктор малошумний у роботі.
2. Він не боїться великих обертів. При цьому слабкою ланкою в ньому є лише підшипники.
3. Має високу довговічність. Через відсутність механічного зачеплення у ньому виключені поломки (крім підшипників).
4. Редуктор здатний плавно передавати і утримувати крутний момент. Наприклад, механізм захоплення з таким редуктором не зруйнує тендітний предмет.
5. Такий редуктор захищений від перевантаження. Якщо на валі механічного редуктора перевищити допустиме навантаження, то шестерні в ньому можуть зруйнуватись та заклинити. Магнітний редуктор просто повернеться, оскільки момент редуктора обмежений кількістю та максимальною силою магнітів.

До недоліків магнітного редуктора слід віднести:

1. При однакових габаритах здатність передавати потужність суттєво поступається механічному редуктору.
2. Магніти редуктора чутливі до температури та можуть розмагнітись при перегріві.
3. Оскільки в редукторі використовуються магніти з дефіцитних рідкісноземельних металів, створення габаритних редукторів такого типу проблематично.

Виходячи з розглянутих результатів можна погодитись із запропонованими областями застосування приводів з редукторами такого типу:

1. Механізми захоплення та переміщення предметів, де потрібне точне позиціонування з одного боку (що досягається безлюфтовістю редуктора) та є високий ризик пошкодження предметів, з якими працює маніпулятор.
2. У промислових пристроях, у яких в обмеженому просторі працюють високошвидкісні двигуни (електричні чи пневматичні), крутний момент яких необхідно збільшити, а швидкість знизити до необхідного дозволеного значення.

3. У приладах, до яких висуваються високі вимоги щодо низької шумності виробу.

На даний момент тестування розробок конструкцій та методів їх розрахунку триває. Очевидно, що з появою нових, потужніших магнітів характеристики приводів з таким типом редукторів будуть зростати, а отже, і зростатиме галузь їх застосування.