

ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ХВИЛЬОВИЙ ПРИВІД НА ПОСТІЙНИХ МАГНІТАХ

Лихогуб В.О., бакалавр, Реуцький М.О., к.т.н., доцент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

Вступ. Актуальність проблеми полягає в тому, що велика кількість сучасних систем, зокрема у сферах робототехніки, авіації, космічних систем, ставлять високі вимоги перед електромеханічними перетворювачами. При необхідності отримання високого моменту на низьких обертах результат досягається передачею високошвидкісного обертального руху на редуктор. В порівнянні з системами, де обертовий рух передається напряму до виконавчого органу системи такі системи мають меншу надійність та більші маса-габаритні показники. З іншого боку, використання моментних машин значно ускладнює системи керування, які генерують систему напруг низької частоти у відповідності до сигналу зворотного зв'язку.

Мета роботи. Створення електромеханічного перетворювача енергії, в який закладений принцип редукції.

Матеріали і результати досліджень. Одним з найефективніших методів зміни параметрів обертального руху на сьогоднішній день є принцип хвильової редукції [1]. Перевагами даного методу є забезпечення високого передавального відношення, висока ефективність, відсутність люфту, компактність, висока надійність, можливість нести значний крутний момент.

Крутний момент в хвильовій передачі створюється за допомогою хвиль еластичного матеріалу (рисунки 1, 2), що входить в зачеплення з нерухомим елементом (рисунк 3) [2]. Хвилі можуть створюватись механічним, гідравлічним, пневматичним, електростатичним та електромагнітним способом.

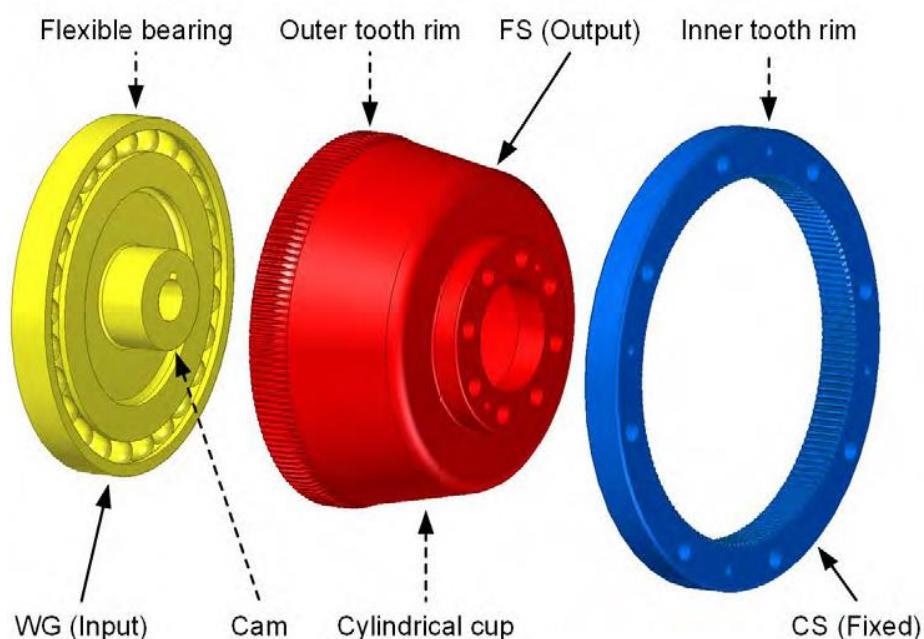


Рисунок 1 – Основні компоненти хвильової передачі (b-d) Залежність між періодом зчеплення та періодом обертання хвильової передачі

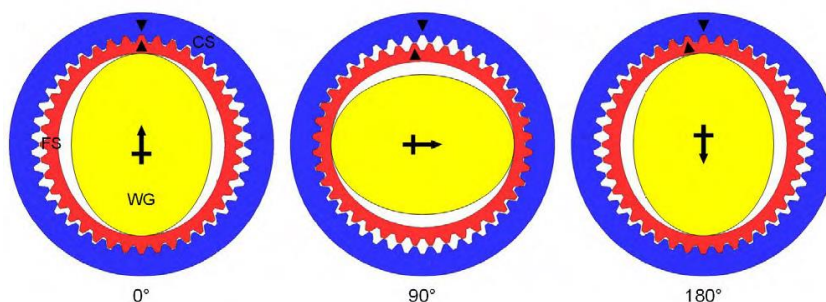


Рисунок 2 – Залежність між періодом зчеплення та періодом обертання хвильової передачі

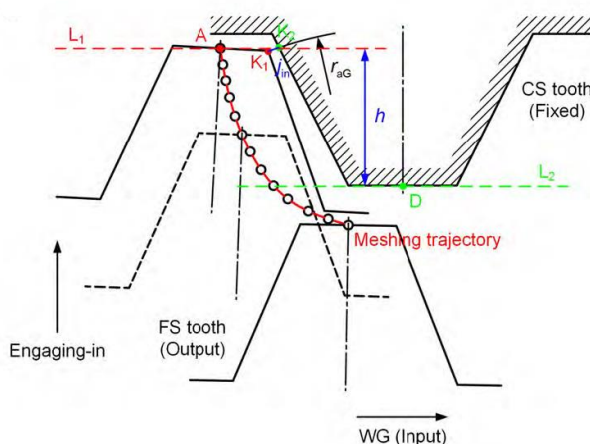


Рисунок 3 – Відносний рух у одній пази зубців у фазі зчеплення

У разі використання електромагнітного та електростатичного методів для отримання обертового руху хвильова передача споживає виключно електричну енергію і може використовуватись як електромеханічний перетворювач, що здатен забезпечувати високий крутний момент при малій частоті обертання.

Електромагнітний хвильовий привід вперше був запропонований Гердегом в 1963 [3] у роботі в якій відображені конструкція та розрахунок електромеханічного перетворювача, що працював за рахунок притягання гнучкого рухомого елемента до полюсів статора за рахунок магнітного поля, що створювався котушкою (рисунок 4).

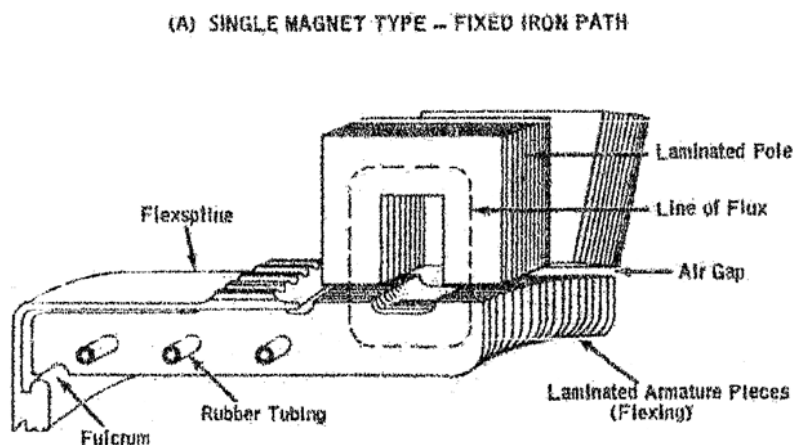


Рисунок 4 – Структура статора та гнучкого елемента

При умові, що котушки статора з'єднані у багатофазну систему (2 або більше фаз) при подачі відповідної системи напруг з відсіченими негативними півперіодами, гнучкий елемент притягується до статора формуючи механічні хвилі.

При пропусканні магнітного потоку, створеного полюсами статора, через магнітом'який матеріал, що знаходиться на гнучкому елементі, домени орієнтуються за напрямком зовнішнього магнітного поля, створюючи власне магнітне поле. Взаємодія цих двох полів і породжує притягання гнучкого до полюсів статора. При зміні напрямку магнітного потоку, що створюється котушкою на статорі, магнітне поле в магнітом'якому матеріалі теж змінює свій напрям, і в результаті напрям механічної сили залишається незмінним.

Недоліками даної системи являються:

- гнучкий елемент не здатен відштовхуватись від полюсів формуючи впадини, що знижує питому потужність та обмежує максимальну кількість механічних хвиль до двох
- відсутність фіксації положення при знятті напруги
- швидкий знос шару лаку на листах електротехнічної сталі та гумових трубок на гнучкому елементі

Для забезпечення відштовхування необхідно розмістити на гнучкому елементі незалежне джерело магнітного поля. Це може бути як електромагніт, так і постійний магніт.

Розміщення постійних магнітів на гнучкому елементі дозволить збільшити силу притягання та забезпечити відштовхування, що збільшить питому потужність електромеханічного перетворювача. Також дана конструкція не потребує шихтовки гнучкого елемента, що значно збільшить надійність.

Використання електромагніту забезпечить в рівній мірі як збільшення сили притягання, так і сили відштовхування. Хоч даний варіант і являє собою найскладніший в плані виготовлення, проте він забезпечує найкращі характеристики та найменші масо-габаритні показники.

Можливість забезпечити взаємодію в обидва напрямки дозволяє прикладати більшу силу для деформації гнучкого елемента та створювати більше 2 механічних хвиль, що розширює діапазон передавальних відношень.

Для надійного зчеплення зубців гнучкого елемента з зубцями статора необхідно прикладати силу максимально близько до місця контакту. Якщо прикладена сила буде занадто далеко, жорсткості гнучкого елемента може не вистачити для передачі зусилля (рисунок 5).

При прикладенні сили до гнучкого елемента безпосередньо під зоною контакту зубців отримуємо максимально ефективну систему з мінімальними деформаціями. Такий підхід значно знижує вимоги до міцності матеріалу гнучкого елемента.

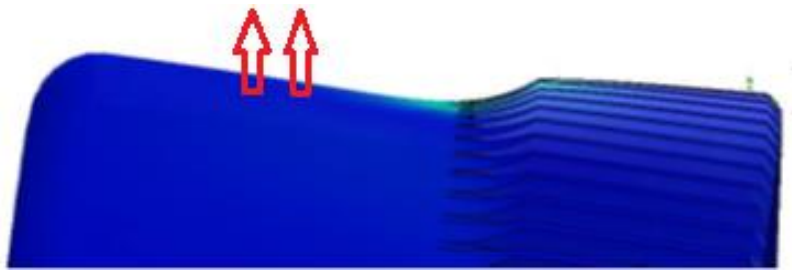


Рисунок 5 – Приклад деформації гнучкого елемента при прикладенні сили віддалено від зони контакту зубців.

Червоними стрілками позначене місце прикладення зусилля. Початкове положення гнучкого елемента до прикладення зусилля горизонтальне.

В конструкції запропонованій Гердегом неможливо забезпечити прикладення сили безпосередньо у зоні контакту зубців. Для вирішення даної проблеми необхідно розміщувати зубці та генератор хвиль по різні сторони гнучкого елемента. На рис. 6 зображений приклад з зовнішнім розміщенням зубців та внутрішнім розміщенням генератора хвиль. Усі магніти зорієнтовані однойменними полюсами всередину.

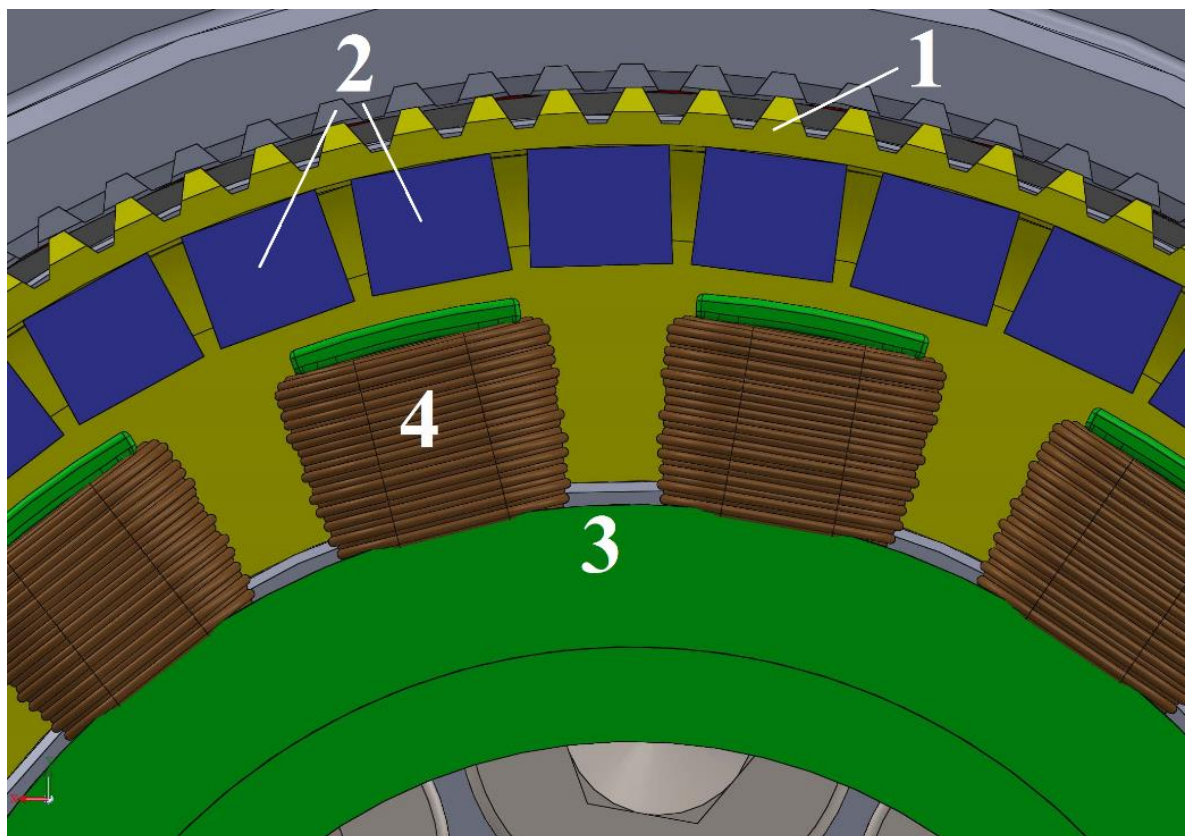


Рисунок 6 – Запропонована конструкція хвильової передачі з електромагнітним генератором хвиль: 1 – гнучкий елемент, 2 – постійні магніти, що прикріплені до гнучкого елемента, 3 – шихтований магнітопровід, 4 – обмотка.

У зв'язку з тим, що однойменні полюси магнітів направлені в одному напрямку виникають суттєві потоки розсіювання через те, що магнітному

поток не має шляху для замикання крім повітря. Одним з варіантів вирішення цієї проблеми є розміщення другого ряду постійних магнітів на гнучкому елементі з протилежною полярністю та другого статора навпроти нього (рисунок 7).

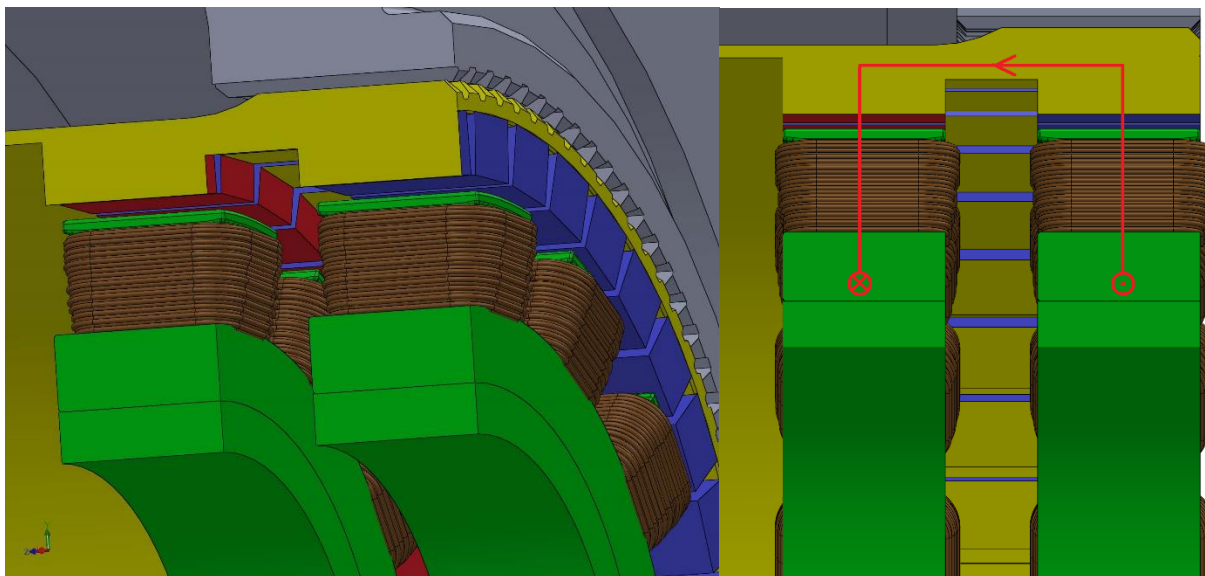


Рисунок 7 – Розміщення статорів та постійних магнітів (розріз). Червоною лінією показана середня лінія магнітного потоку

При такій конструкції магнітний потік замикається через другий статор і не розсіюється у повітрі. 2 шари магнітів з'єднуються феромагнітним матеріалом у основі кріплення, що також зменшує поля розсіювання.

При знятті керуючого сигналу з обмотки, сила притягання постійних магнітів до магнітопроводу у зоні мінімального зазору перевищує силу у зоні максимального зазору, що зберігає еліптичну форму гнучкого елемента. Данна властивість забезпечує самогальмування при відсутності напруги живлення.

Висновок. Дослідження хвильових приводів з електромагнітним генератором хвиль є перспективною сферою, яка зможе забезпечити ряд механізмів електромеханічним перетворювачем, що буде відповідати необхідним вимогам. Для подальшого розвитку даного напрямку необхідні розрахунки фізичних полів, підбір матеріалів, розробка систем керування, що дозволять оптимізувати конструкцію.

Перевагами запропонованої конструкції хвильового приводу з постійними магнітами перед конструкцією запропонованою Гердегом є збільшення питомої потужності, наявність фіксації положення при знятті керуючого сигналу, можливість реалізації багатохвильових систем.

Перелік посилань

1. C.W. Musser, "Strainwave gearing," U.S. Patent 2 906 143, Sep. 29, 1959.
2. Donghui Ma, Rui Wang, Pengfei Rao, Ruomin Sui, Shaoze Yan, "Automated analysis of meshing performance of harmonic drive gears under various operating conditions" Tsinghua University, Beijing 100084, China
3. Herdeg, D. F. , "Electromagnet Harmonic Drive Low Inertia Servo," AD442879. December 1963.