

Секція загальнотехнічних проблем

РОЗРОБЛЕННЯ ШТАНГООБЕРТАЧА БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ З ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

*Копей Б. В., Білик Н. Д., Мартинець О. Р.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
E-mail: koreyb@ukr.net*

Прототипом розробленого штангообертача вибрана робота [1], яка відноситься до вдосконалення обертачів насосних штанг безперервної дії з механічним приводом. Нами в цій роботі представлено новий штангообертач безперервної дії з електричним двигуном, який (рис. 1) розміщений на одній осі з вихідним валом штангообертача. Для його приводу було обрано кроковий електродвигун, який підключається за відповідною схемою (рис. 2).

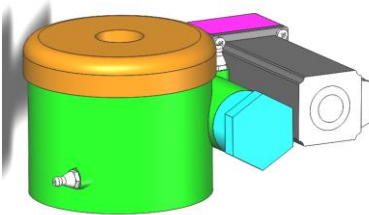


Рис. 1. Штангообертач з кроковим двигуном

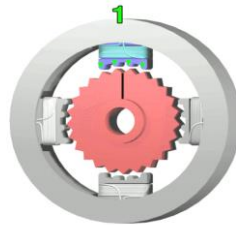


Рис. 2. Схема роботи крокового електродвигуна [2]

Кроковий двигун – електричний двигун, в якому імпульсне живлення електричним струмом призводить до того, що його ротор не обертається безперервно, а виконує щоразу обертальний рух на заданий кут. Завдяки цьому, кут повороту ротора залежить від числа поданих імпульсів струму, а кутова швидкість ротора точно рівна частоті імпульсів, помноженій на кут повороту ротора за один цикл роботи двигуна.

Кут повороту двигуна під впливом одного імпульсу може мати різні значення, залежні від конструкції двигуна, – як правило це значення в діапазоні від декількох градусів до декілька десятків градусів [2].

Конструктивно крокові електродвигуни складаються із статора, на якому розташовані обмотки збудження, і ротора, виконаного з магніто-м'якого (ферромагнітного) матеріалу або з магніто-твердого (магнітного) матеріалу. Крокові двигуни з магнітним ротором дозволяють отримувати більший крутний момент і забезпечують фіксацію ротора при знеструмлених обмотках.

Гібридні двигуни поєднують у собі найкращі риси двигунів зі змінним магнітним опором і двигунів з постійними магнітами [2].

Статор гібридного двигуна також має зубці, забезпечуючи велику кількість еквівалентних полюсів, на відміну від основних полюсів, на яких розташовані обмотки. Зазвичай використовують чотири основні полюси для 3,6 градусних двигунів і 8 основних полюсів для 1,8–0,9 градусних двигунів. Зубці ротора забезпечують менший опір магнітного ланцюга у певних положеннях ротора, що покращує статичний і динамічний момент. Це забезпечується відповідним розташуванням зубців, коли частина зубців ротора знаходиться строго навпроти зубців статора, а частина – між ними.

Ротор гібридного двигуна має зубці, розташовані в осьовому напрямку. Ротор розділений на дві частини, між якими розташований циліндричний постійний магніт. Таким чином, зубці верхньої половинки ротора є північними полюсами, а зубці нижньої половинки – південними. Крім того, верхня і нижня половинки ротора повернуті один відносно одного на половину кута кроку зубців. Число пар полюсів ротора дорівнює кількості зубців на одній з його половинок. Зубчасті полюсні наконечники ротора, як і статор, набрані з окремих пластин для зменшення втрат на вихрові струми.

Для вибору крокового двигуна необхідно визначити його крутний момент. Такий параметр як «момент» у двигуна характеризує його силу обертання. Він показує, якій максимальній силі протидії, прикладеній на певній відстані від своєї осі, двигун здатний протистояти.

Крутний момент визначають за формулою (1):

$$M = F \cdot R, \quad (1)$$

де M – момент сили в Н·м; F – сила протидії в Ньютонах; R – відстань точки прикладення сили від центру осі двигуна, в метрах.

За каталогом NEMA 23 [2] обрано кроковий електродвигун з запасом 30 % від крутного моменту на виході з штангообертача. Отже, крутний момент на електродвигуні буде становити 350 Н·м (див. рис. 3).

Технічна характеристика крокового електродвигуна наведена в таблиці 1.

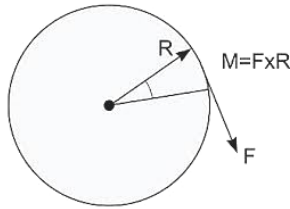


Рис. 3. Розрахункова схема визначення крутного моменту на кроковому електродвигуні

Таблиця 1 – Технічна характеристика крокового електродвигуна 57HS5630B4D8

Модель	Довжина	Номинальна напруга	Струм на фазу	Опір на фазу	Індуктивність фази	Крутний момент	Кількість виходів	Маса	Значення
З одним валом	L , мм	V	A	Ω	мГн	Н·см	N_0	кг	
57HS5630B4D8	56	3,2	3,0	0,9	1,2	3,5	4	0,72	
Кут кроку									1,8°
Максимальна температура									80 °C max
Температура навколишнього середовища									-20 °C ~ +50 °C
Опір ізоляції									100 MΩ min, 500VDC
Електрична міцність									500 VAC max 1 хв
Радіальне биття вала									0,02 max (навантаження 450g)
Осьове биття вала									0,08 max (навантаження 450 g)
Максимальна радіальна сила									75 Н (20 мм від торця)
Максимальне осьове зусилля									15Н

Перевагами обладнання є [2]:

- кут повороту двигуна пропорційний кількості вхідних імпульсів;
- двигун працює з повним моментом у стані спокою (якщо обмотки підключені до живлення);

- прецезійне позиціонування і повторюваність кроку – хороші крокові;
- двигуни мають точність близько 3–5 % кроку і ці помилки не накопичуються від кроку до кроку;
- швидкий розгін, гальмування і зміни напрямку руху;
- безвідмовність – у зв'язку з відсутністю щіток. Довговічність двигуна залежить тільки від довговічності підшипників;
- залежність обертів двигуна від дискретних імпульсів дозволяє керувати двигуном без зворотного зв'язку, завдяки чому кроковий двигун простіший і дешевший в керуванні;
- можливість досягнення дуже низьких швидкостей обертання з навантаженням закріпленим безпосередньо на осі двигуна;
- широкий діапазон швидкостей обертання отримуваний завдяки тому, що швидкість пропорційна частоті вхідних імпульсів.

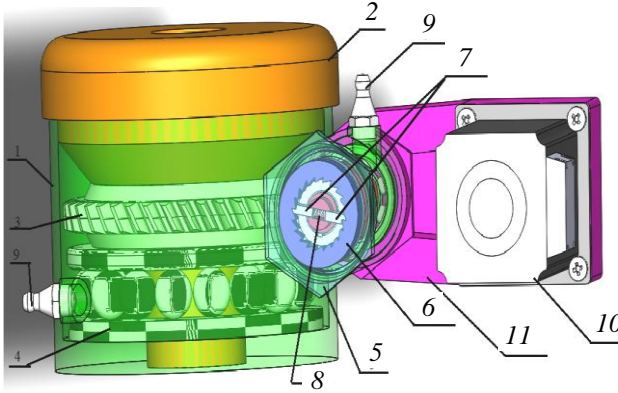
Недоліками обладнання є:

- механічний резонанс з'являється при неправильному керуванні;
- складнощі при роботі з дуже високими швидкостями;
- можлива втрата контролю положення у зв'язку з роботою без зворотного зв'язку;
- споживання електроенергії не зменшується навіть без навантаження;
- невисока питома потужність і відносно складна схема управління.

З використанням програми SOLIDWORKS 2020 нами з'єднано кроковий електродвигун 57HS5630B4D8 з корпусом обертача.

Штангообертач складається (рис. 4, 5) з корпусу 1, який встановлюється на штангову підвіску, всередині розміщений упорний кульковий підшипник 4, який сприймає навантаження від колони насосних штанг, над підшипником встановлюється черв'ячне колесо 3, яке виконує функцію зв'язної ланки між створенням крутного моменту і передаванням його на колону насосних штанг, над колесом встановлено клинова підвіска колони насосних штанг 2, на якій розвантажена вся колона насосних штанг. У корпусі розміщено черв'як 13, який монтується на двох підшипниках 13 та 15 в корпусі.

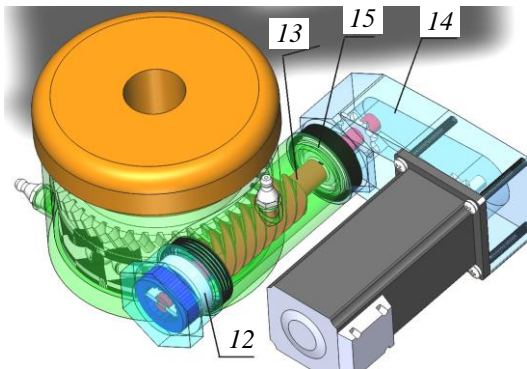
На протилежній стороні вихідного валу черв'яка розміщено храповий механізм 6–8, який виконує функцію стопоріння механізму при виникненні реактивного моменту, тобто запобігає зворотному русі. Підшипники (12) встановлюються на шпонку, оскільки храповий механізм і підшипник знаходиться в кришці 5 і встановлений там з натягом (рис. 4). Протилежний підшипник 15 встановлюється на вал з натягом і фіксується стопорними кільцями (рис. 5), а також модифіковано корпус для змащування підшипників і механічної передачі прес-маслянками 9.



- 1 – корпус; 2 – клинова підвіска; 3 – черв’ячне колесо;
4 – упорний підшипник; 5 – кришка; 6 – храпове колесо;
7 – штопорні пластини; 8 – пружина; 9 – прес-маслянка;
10 – кроковий електродвигун; 11 – кришка-кожух

Рис. 4. Будова розробленого штангообертача

На протилежній стороні вихідного валу черв’яка розміщено храповий механізм 6–8, який виконує функцію стопоріння механізму при виникненні реактивного моменту, тобто запобігає зворотному русі. Підшипники 12 устанавлюються на шпонку, оскільки храповий механізм і підшипник знаходиться в кришці 5 і устанавлений там з натягом (див. рис. 4).

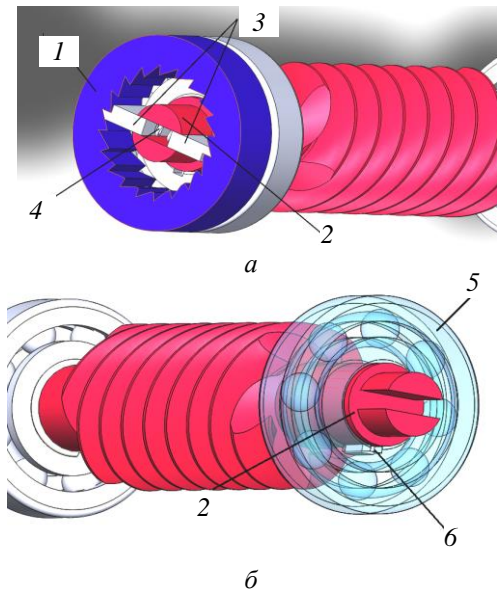


- 12 – кульковий радіальний підшипник; 13 – черв’як;
14 – механічна передачі між електродвигуном і черв’яком;
15 – кульковий радіальний підшипник

Рис. 5. Будова розробленого штангообертача (вигляд зверху)

Протилежний підшипник 15 встановлюється на вал з натягом і фіксується стопорними кільцями (див. рис. 5), та модифіковано корпус для змащування підшипників і механічної передачі прес-маслянками 9.

Принцип роботи розробленого штангообертача. Струм, підведений до електродвигуна, створює імпульс на обмотці, що обертає на певний кут вихідний вал електродвигуна, який в свою чергу за допомогою механічної передачі передається на вихідний вал черв'яка, він в свою чергу провертає черв'ячне колесо, на якому розміщено клинова підвіска і колона насосних штанг, для запобігання зворотному обертанню, на протилежному кінці черв'яка встановлений храповий механізм внутрішнього зачеплення (рис. 6).



1 – храпове колесо; 2 – черв'як; 3 – стопорні пластини;
4 – пружина; 5 – підшипник; 6 – шпонка

Рис. 6. Розміщення храпового механізму (а);
встановлення підшипника на шпонці (б)

Висновки. Таким чином, в роботі запропоновано модернізований штангообертач з незалежним приводом, висвітлено його переваги, модернізовані окремі частини. Описано будову і принцип дії даного обладнання. Такий обертач може бути використаним для обертання як сталевих, так і композитних насосних штанг.

Література

1. Копей Б. В. Вдосконалення черв'ячних обертачів безперервної дії колони склопластикових насосних штанг / Б. В. Копей, Юй Шуанжуй, В. І. Орленко // Научный взгляд в будущее. – Вып. 2 (2), т. 5. – Одесса : Куприенко С.В., 2016. – С. 71–74.
2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://unitech.com.ua/ua/shagovye-dvigateli/nema_23.

РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ РЕА ОСЕСИМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ

*Гонтар В. О., Макаришикін Д. А., Горошко А. В., Медзатий Д. М.
Хмельницький національний університет*

Тенденція до зниження масогабаритних характеристик, отриманню високої щільності електромонтажу і забезпечення герметичності радіоелектронної апаратури (РЕА) призвело до зниження жорсткості елементів, деталей і вузлів їх (достатньо складних) конструкцій. Експлуатація таких виробів з нових неметалевих матеріалів з недостатньо вивченими механічними властивостями в умовах експлуатації різноманітних об'єктів військової і цивільної техніки (ракет, літаків, бронемашин, судів, автомобілів, радіолокаційних станцій, стаціонарних та рухомих радіостанцій, комп'ютерів та ін.) за значних перепадів температури і тиску нерідко призводить до відмов через порушення цілісності окремих частин або розгерметизації. У електроніці через дію зовнішніх навантажень або недосконалих технологій виготовлення у виробах виникають напруження, від дії яких відбувається відхилення їх параметрів за межі технічних умов, що часто призводить до відмов ще задовго до поломок [1].

Конструкторські особливості сучасних РЕА обумовлюють необхідність спеціального вивчення питань їх міцності і герметичності, яким зараз приділяють недостатньо уваги, оскільки в процесі проектування і доведення РЕА дуже часто розглядаються лише їх електричні параметри. Що ж стосується конструкції герметичних РЕА, то тут основну увагу потрібно приділити вологозахисним властивостями застосованих в них полімерних матеріалів. У той же час їх механічна міцність і взаємодія з іншими складовими частинами конструкції можуть мати істотний вплив як на працездатність пристрою. Крім того, дуже рідко при проектуванні РЕА вивчається вплив їх механічних властивостей на значення електричних характеристик [2].