

Корисна модель належить до галузі електрики, а саме до динамоелектричних машин таких як двофазні синхронні двигуни з постійними магнітами, що застосовуються у приводах із високими вимогами до рівномірності крутного моменту, низьких пульсацій, підвищеної ефективності та можливості модульного масштабування потужності.

З рівня техніки відомий безколекторний електродвигун (UA 108499, МПК H02K 16/00, H02K 1/06, опубліковано 25.07.2016 р.), що містить зовнішній та внутрішній статори, де радіальні зубці зовнішнього статора розташовані посередині проміжків зубців внутрішнього статора, а ротор виконано у вигляді циліндра, що обертається між зовнішнім та внутрішнім статорами, при цьому магніти ротора мають постійну полярність, а кожен полюс магнітів взаємодіє одразу з трьома обмотками як внутрішнього, так зовнішнього статорів.

Недоліками аналога є невизначеність фазової структури через неоднозначну взаємодію одного магніту з трьома обмотками, електромагнітна асиметрія між внутрішнім і зовнішнім статорами, що спричиняє зміни моментів та пульсації, відсутність можливості модульного масштабування конструкції через жорстку геометричну прив'язку двох статорів, а також підсилення пульсацій моменту при високих навантаженнях внаслідок різного ступеня магнітного насичення внутрішнього і зовнішнього статорів та зміщення електричних кутів між ними.

Найближчим аналогом заявленої корисної моделі є двофазний синхронний електродвигун з постійними магнітами (KR 101287335, МПК H02K 1/27, H02P 6/08, опубліковано 23.07.2013 р.), що містить пару сердечників статора блока, кожен з яких має U-подібну форму, та які розташовані поруч один з одним, статор, в якому обмотки розташовані у двох фазах у кожному сердечнику статора блока, ротор, що має пару постійних магнітів, вставлених у відкриту частину сердечника статора блока, і вал, з яким пара постійних магнітів аксіально з'єднана, і приводна схема для приведення в рух ротора щодо статора, при цьому приводна схема включає датчик для визначення положення ротора, причому датчик визначає положення ротора, тим самим подаючи харчування на обмотки статора.

Недоліками найближчого аналога є обмежена масштабованість конструкції, оскільки розширення потужності можливе лише шляхом додавання окремих U-подібних модулів по колу зі збільшенням довжини лобових частин обмоток і втрат у провідниках, часткова асиметрія магнітного поля, спричинена взаємним розворотом постійних магнітів ротора, що формує паразитні поперечні складові та зменшує ефективну індукцію у робочому зазорі, підвищення пульсації крутного моменту через залежність від миттєвого положення магнітів та імпульсний характер зчеплення, ускладнення силової частини при додаванні додаткових модулів по колу, що потребує балансування опорів та складнішого трасування провідників, неможливість повноцінної компенсації осьових сил в аксіальному виконанні, а також погіршення динамічних характеристик при масштабуванні внаслідок зростання індуктивності та реактивних втрат.

Задачею корисної моделі є створення двофазного синхронного електродвигуна з постійними магнітами із покращеною та підвищеною стабільністю роботи двигуна, підвищення коефіцієнта корисної дії, ресурсу, зменшення енергетичних втрат під час роботи.

Поставлена задача вирішується тим, що двофазний синхронний електродвигун з постійними магнітами, що містить статор, ротор з постійними магнітами, згідно з корисною моделлю, статор складається з парної кількості статорних секцій двох типів А і В, розташованих по чергово уздовж осі та зміщених одна відносно одної по колу на кут, що відповідає половині кроку полюса із збігом осі полюсних зубців секцій типу А з осями міжполюсних проміжків сусідніх секцій типу В, при цьому кожна секція статора має полюсні зубці з концентрованими обмотками, полярність сусідніх зубців у межах однієї секції чергується, обмотки всіх секцій типу А з'єднані між собою і утворюють фазу А, обмотки секцій типу В з'єднані між собою і утворюють фазу В, електродвигун виконаний із можливістю живлення кожної фази незалежно керованими струмами, зсунутими на 90 електричних градусів, а ротор складається з одного магніту або кількох секцій з постійними магнітами, при цьому магніти розташовано з чергуванням полярності - північний/південний полюси по колу, кількість полюсів у кожній роторній секції дорівнює кількості полюсів відповідної статорної секції.

При цьому, згідно з корисною моделлю, містить два повномостові інвертори, кожен з яких окремо з'єднаний з обмоткою фаз А або В.

При цьому, згідно з пропозицією, має аксіальне виконання, при якому кількість роторних секцій є непарною, а на краях статора містяться крайові магнітопроводи, виконані з можливістю розміщення у складі статора або ротора залежно від конфігурації.

При цьому, згідно з корисною моделлю, має радіальне виконання, статорні секції розміщені всередині або зовні ротора, а кількість роторних секцій дорівнює кількості статорних секцій.

При цьому, згідно з корисною моделлю, концентровані обмотки на полюсних зубцях у межах кожної статорної секції та/або обмотки секцій одного типу з'єднані послідовно та/або паралельно.

При цьому, згідно з корисною моделлю, містить засоби комутації для перемикання обмоток секцій одного типу та/або концентрованих обмоток на полюсних зубцях у межах статорної секції, які виконані з можливістю роботи у послідовному та/або паралельному, та/або комбінованому режимі, та з

можливістю статичної та/або динамічної, та/або покрокової комутації під час роботи з узгодженням з умовами живлення, діапазоном швидкостей та режимом навантаження.

Перелічені ознаки запропонованого технічного рішення є суттєвими ознаками корисної моделі, що заявляється, а їх сукупність забезпечує отримання технічного результату - забезпечення симетрії магнітного поля та стабільності крутного моменту, усунення внутрішніх викривлень магнітного потоку в роторі, зменшення індукційності фази та покращення динамічної реакції, забезпечення можливості масштабування потужності осьовим способом без зміни системи керування, що призводить до покращення та підвищення стабільності роботи двигуна, підвищення коефіцієнта корисної дії, ресурсу, зменшення енергетичних втрат під час роботи.

Причинно-наслідковий зв'язок між суттєвими ознаками корисної моделі, що заявляється, і одержаним технічним результатом полягає в наступному.

Розташування статорних секцій двох типів А і В по чергово вздовж осі та їхнє зміщення по колу на кут, що відповідає половині полюсного кроку, забезпечує формування просторової квадратури магнітних полів без необхідності змінювати орієнтацію магнітів ротора. Завдяки цьому магнітні напрями фаз А і В є строго ортогональними, що створює симетричне магнітне поле у робочому зазорі та стабільний результуючий вектор магнітного потоку незалежно від положення ротора.

Концентрована обмотка на кожному полюсному зубці з чергуванням полярності сусідніх зубців у межах однієї секції формує локальні магнітні полюси з високою насичуваністю та низькою розсіювальною індуктивністю. Це зменшує індуктивність фази, скорочує сталу часу струму і забезпечує покращення динамічної реакції під час зміни навантаження чи швидкості.

З'єднання обмоток усіх секцій типу А в одну фазу та всіх секцій типу В у другу фазу забезпечує електричну симетрію фаз та однакові електромагнітні умови у кожній секції. Незалежне керування фазами А і В струмами, зсунутими на 90 електричних градусів, дозволяє формувати синусоїдальний, рівномірний крутний момент без пульсацій, а також забезпечує плавний старт і рівномірну роботу на всьому діапазоні обертів.

Ротор, виконаний з одного або кількох дисків з постійними магнітами, у яких магніти чергуються за полярністю по колу і кількість полюсів відповідає кількості полюсів відповідної статорної секції, забезпечує максимально ефективне зчеплення магнітного поля статора з полем ротора. Відсутність взаємного перекриття полів сусідніх магнітів у такій конфігурації усуває внутрішні викривлення магнітного потоку, стабілізує форму магнітного поля і підвищує ККД.

Наявність двох повномостових інверторів, підключених до обмоток статора, дозволяє точно реалізовувати двофазне керування з високою точністю зсуву фаз та високою швидкодією, що додатково забезпечує стабільність крутного моменту та ефективність роботи електродвигуна.

Аксіальне виконання з непарною кількістю роторних секцій і крайовими магнітопроводами забезпечує компенсацію осьових магнітних сил, що зменшує навантаження на підшипники, підвищує ресурс двигуна і забезпечує стабільність зазорів між статором і ротором. Така конструкція дозволяє масштабувати потужність шляхом осьового додавання секцій без зміни структури керування.

Радіальне виконання з можливістю розміщення статорних секцій всередині або зовні ротора дозволяє адаптувати конструкцію під різні технологічні вимоги та забезпечує рівномірний розподіл магнітного потоку у радіальному напрямку.

Засоби комутації для перемикання обмоток секцій одного типу та/або полюсних обмоток між послідовною, паралельною або комбінованою конфігураціями дозволяють адаптувати роботу електродвигуна до різних умов живлення, режимів навантаження та діапазонів швидкості. Можливість статичної, динамічної та покрокової комутації забезпечує зменшення енергетичних втрат, оптимізацію крутного моменту та підвищення загальної ефективності.

Таким чином, двофазний синхронний електродвигун з постійними магнітами забезпечує формування магнітного поля з рівномірною амплітудою, стабільний крутний момент із мінімальними пульсаціями, усунення внутрішніх викривлень магнітного потоку ротора, можливість масштабування потужності осьовим способом без зміни системи керування, зменшення індуктивності фази та підвищення динамічної швидкодії, компенсацію осьових магнітних сил в аксіальному виконанні, зниження енергетичних втрат, підвищення ресурсу та загального коефіцієнта корисної дії двигуна.

Подальша сутність корисної моделі пояснюється в описі, який наведено нижче як необмежувальний приклад, з посиланням на ілюстративний матеріал, на якому зображено:

фіг. 1 - часовий графік зсуву живлення двох окремих фаз;

фіг. 2 - схематичне зображення засобу комутації для перемикання обмоток секцій одного типу та/або полюсних обмоток у межах статорної секції;

фіг. 3 - схематичне зображення зібраного двофазного синхронного електродвигуна з постійними магнітами у аксіальному варіанті виконання;

фіг. 4 - схематичне зображення частково розібраного статора у аксіальному варіанті виконання;

фіг. 5 - схематичне зображення ротора у аксіальному варіанті виконання;

фіг. 6 - схематичне зображення частково розібраного двофазного синхронного електродвигуна з постійними магнітами у аксіальному варіанті виконання;

фіг. 7 - схематичне зображення повністю розібраного статора у аксіальному варіанті виконання;
фіг. 8 - схематичне зображення повністю розібраного ротора у аксіальному варіанті виконання;
фіг. 9 - схематичне зображення зібраного двофазного синхронного електродвигуна з постійними магнітами у радіальному варіанті виконання;
фіг. 10 - схематичне зображення частково розібраного двофазного синхронного електродвигуна з постійними магнітами у радіальному варіанті виконання;
фіг. 11 - схематичне зображення частково розібраного статора у радіальному варіанті виконання.

Запропонований двофазний синхронний електродвигун з постійними магнітами, у варіанті виконання, що не обмежує інших варіантів втілення, включає вал 2 з упором 4 встановлений у опорному підшипниковому вузлі ротора 7, при цьому з боку ротора вал спирається на конструкційний елемент підшипникового торцевого вузла 16, а зі сторони статора на елемент торцевого підшипникового вузла з боку статора 17, що забезпечує осьове центрування та можливість обертання. На валу 2 розташовані шліци 14, які взаємодіють із посадковими елементами обойми утримувача магнітів ротора 21, завдяки чому забезпечується фіксація обойми 21 для утримання магнітів ротора відносно вала 2. На обоймі утримувача магнітів ротора 21 встановлено постійні магніти ротора аксіально намагнічені 10а та 10b і постійні магніти ротора радіально намагнічені 11а та 11b, при цьому їх положення додатково закріплено через шліци обойми-утримувача магнітів ротора 13. У кінцевих зонах ротора встановлені крайові магнітопроводи 3, вирівняні відносно обойми 21 через корпусний центральний елемент 18.

У варіанті виконання корпус магнітопроводу ротора 1 встановлений співвісно з валом 2 і функціонально утворює магнітний контур із крайовими магнітопроводами 3 та магнітопроводом обмотки статора 12. Усередині корпусу магнітопроводу ротора 1 розміщено статор, що включає осердя електромагнітів статора 5, на яких встановлено обойму 20 для утримання обмоток. На осердях електромагнітів статора 5 розміщені обмотки котушок статора типу А 8а та 8b і типу В 9а та 9b, при цьому обмотки намотані по чергово з протифазною орієнтацією відносно зубців магнітопроводу. Секції статора розділено між собою корпусним центральним-міжсекційним елементом 19, який забезпечує точність кроку полюсів та фіксацію геометрії.

Електричне живлення виконане таким чином: обмотки котушок електромагнітів статора типу А 8а і 8b об'єднані у спільну фазу і виведені через виводи живлення 22а та 22b, а обмотки типу В 9а і 9b утворюють другу фазу з виводами живлення 23а і 23b. Фази підключені до повномостових драйверів 31 для фази А та повномостових драйверів 32 для фази В. Повномостові драйвери 31 і 32 керуються блоком керування 28, який формує сигнали живлення зі зсувом 90 електричних градусів. Між драйверами та обмотками встановлені блоки комутації 29 для фази А та 30 для фази В, які дозволяють перемикає послідовну, паралельну або комбіновану конфігурацію з'єднання обмоток.

Джерелом живлення засобу комутації для перемикає обмоток є батареї 34, які підключено до системи через блок комутації живлення 33, що забезпечує можливість перемикає у послідовний або паралельний режим залежно від робочого режиму двигуна та завдання керування.

Двофазний синхронний електродвигун з постійними магнітами працює наступним чином.

Робота двигуна починається з живлення від батарей 34, з'єднаних через блок комутації живлення 33, який задає послідовний або паралельний режим живлення залежно від необхідних швидкості та крутного моменту. Електричні сигнали надходять до повномостових драйверів: для фази А - драйвер 31, для фази В - драйвер 32. Драйвери керуються блоком керування 28, який формує струми із фазовим зсувом 90 електричних градусів, створюючи умову для формування двофазної часової квадратури. Між драйверами та обмотками статора розміщені блоки комутації: для фази А - блок 29, для фази В - блок 30, які перемикають обмотки між послідовним, паралельним або комбінованим режимами.

Повномостові інвертори подають на фази А та В керовані струми у відповідні виводи: для фази А - через виводи 22а і 22b, для фази В - через виводи 23а і 23b, де електричний сигнал передається в обмотки котушок: фази А - 8а, 8b, фази В - 9а, 9b. Кожна обмотка намотана на осердя електромагнітів 5, які закріплені в обоймі утримувача обмоток статора 20, а їх взаємне положення та крок полюсів контролює корпусний центральний-міжсекційний елемент 19.

У результаті живлення обмотки формують магнітні полюси, які по черзі підсилюються відповідно до синусоїдальної форми керованого струму. По чергове наростання магнітної сили фази А та фази В, зміщених у часі, формує обертовий магнітний вектор сталої амплітуди.

Цей обертовий магнітний потік взаємодіє з ротором, що складається з обойми утримувача магнітів 21, встановленої на валу 2, який має шліци 14, що взаємодіють зі шліцями 13 обойми утримувача магнітів 21, забезпечуючи точне кутове і осьове фіксування. На обоймі 21 закріплені постійні магніти двох типів: аксіально намагнічені 10а, 10b, та радіально намагнічені 11а, 11b, розташовані з чергуванням полюсів N/S, що створює магнітну структуру ротора, чутливу до зміни напрямку магнітного поля статора.

Ротор обертається на валу 2, який підтримується опорним підшипниковим вузлом 7. З боку ротора вал опирається на конструкційний елемент підшипникового торцевого вузла 16, а з боку статора - на

торцевий підшипниковий елемент 17, що забезпечує стабільне центрування, мінімізацію тертя та плавність обертання. Крайові магнітопроводи 3, вирівняні корпусним центрувальним елементом 18, разом із корпусом магнітопроводу ротора 1 і магнітопроводом обмотки статора 12 замикають магнітний контур, забезпечуючи мінімальні втрати потоку.

Під час роботи, коли блок керування 28 подає сигнали, блоки комутації 29, 30 та 33 можуть перемикатися, змінюючи конфігурацію обмоток і живлення, забезпечуючи режим високого крутного моменту на малих швидкостях або режим високих обертів при зниженій індуктивності системи.

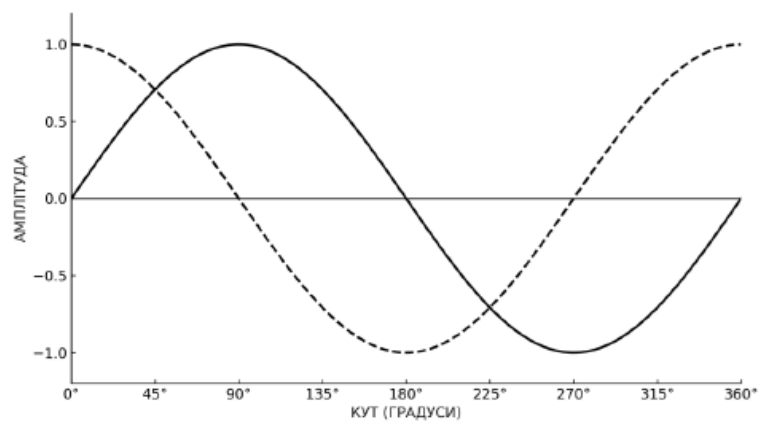
Обертовий магнітний вектор, створений статорами фаз А та В, тягне ротор за собою синхронно з частотою керованого струму. Якщо необхідно змінити напрям обертання, контролер змінює полярність або фазовий зсув сигналу, але реверс відбувається тільки після повної зупинки системи.

Таким чином, використання заявленого двофазного синхронного електродвигуна з постійними магнітами забезпечує симетрію магнітного поля та стабільність крутного моменту, усуває внутрішні викривлення магнітного потоку в роторі, зменшує індукційність фази та покращує динамічну реакцію, забезпечує можливість масштабування потужності осьовим способом без зміни системи керування, що призводить до покращення та підвищення стабільності роботи двигуна, підвищення коефіцієнту корисної дії, ресурсу, зменшення енергетичних втрат під час роботи, двофазний синхронний електродвигун з постійними магнітами може користуватись великим попитом із розширенням кола користувачів.

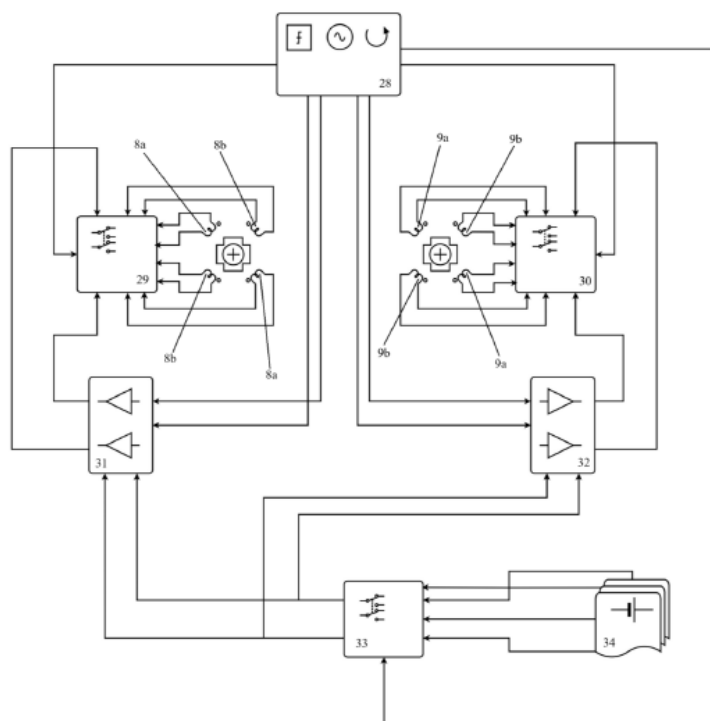
Порівняльний аналіз вищевказаного технічного рішення з найбільш близьким аналогом показав, що реалізація сукупності суттєвих ознак, які характеризують запропоновану корисну модель, призводить до появи якісно нових технічних властивостей, вказаних вище.

При цьому у відомих джерелах патентної та іншої науково-технічної інформації не виявлено двофазного синхронного електродвигуна з постійними магнітами із вказаною в пропозиції сукупністю суттєвих ознак.

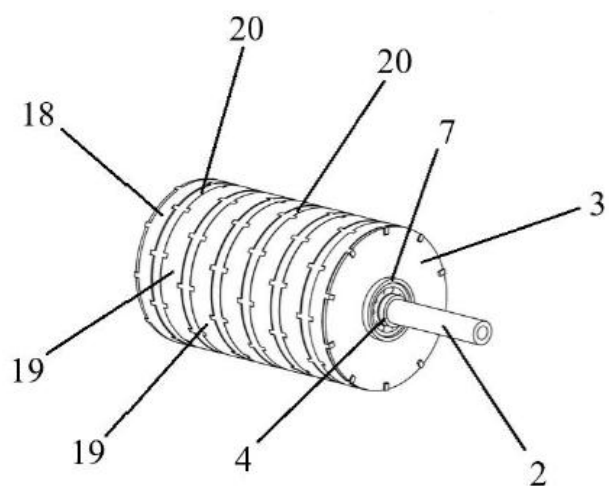
Крім цього, за результатами перевірки на практиці, двофазний синхронний електродвигун з постійними магнітами, що пропонується, є придатним для промислового застосування, оскільки не містить у своєму складі жодних конструктивних елементів чи матеріалів та операцій, які неможливо було б відтворити на сучасному етапі розвитку науки і техніки, зокрема, у галузі електрики, та можуть бути реалізовані з використанням відомих технологій.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

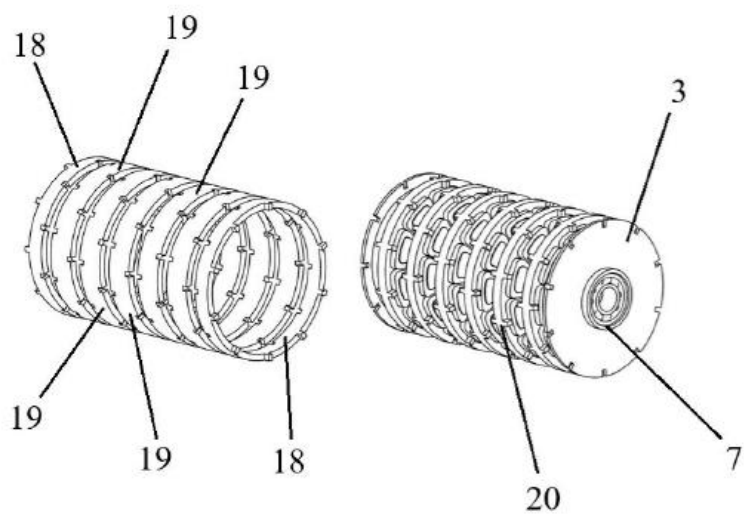


Fig. 4

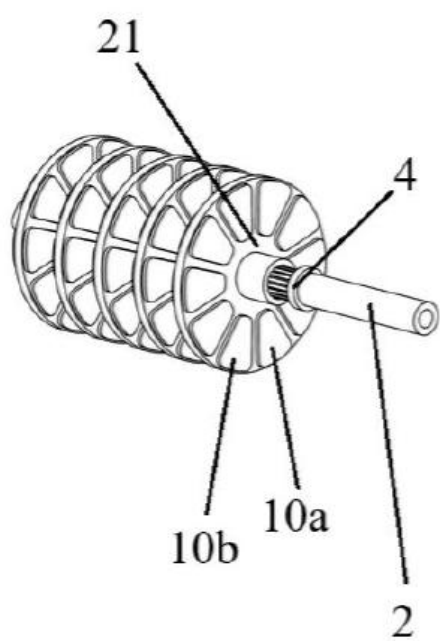
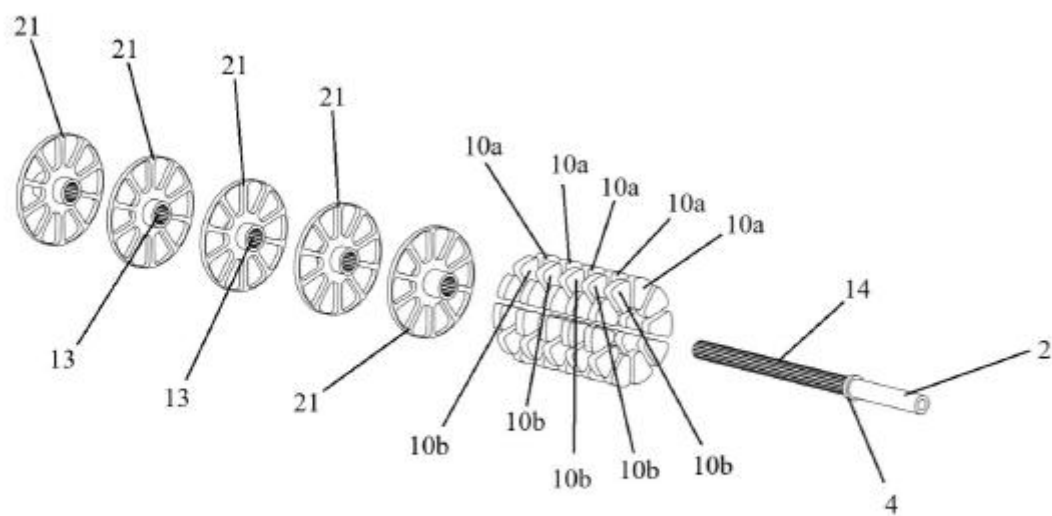
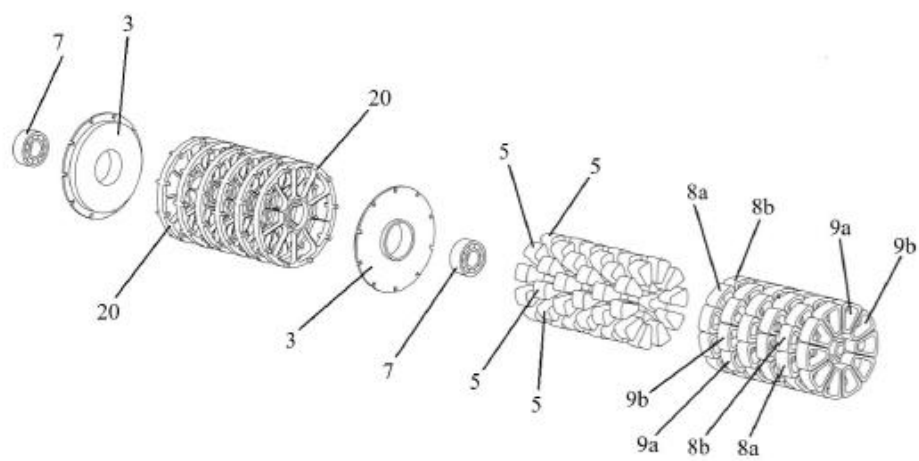
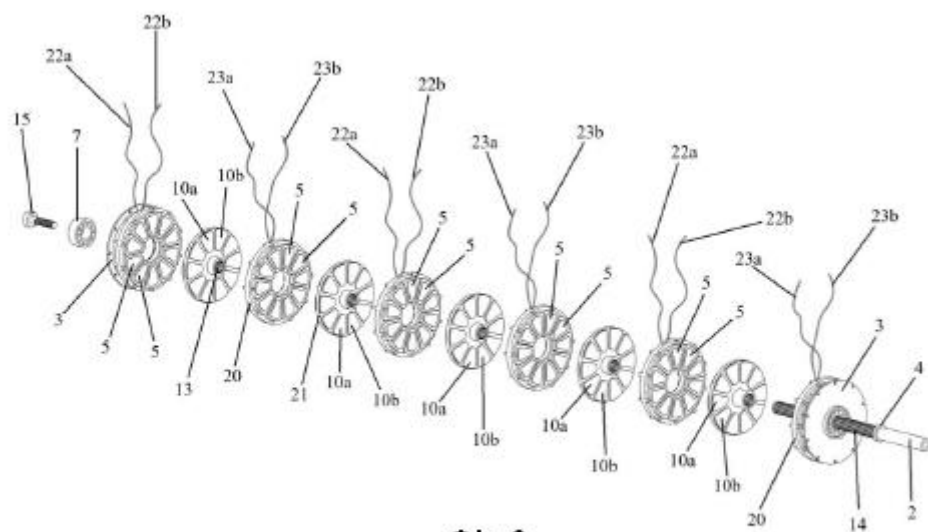
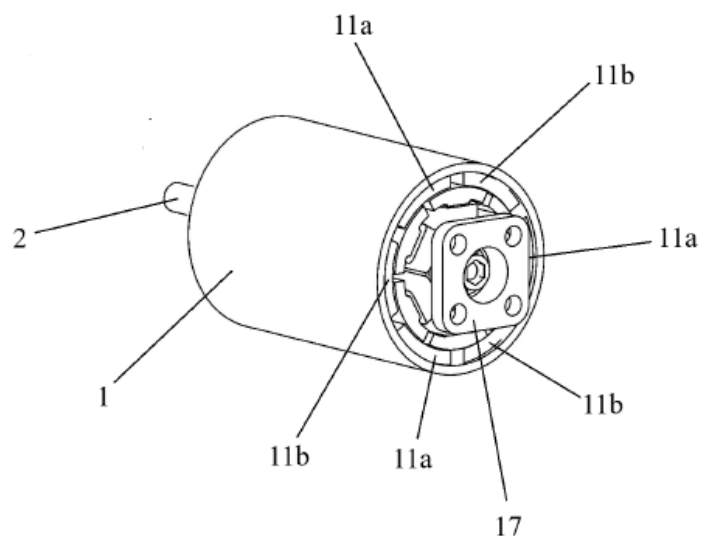
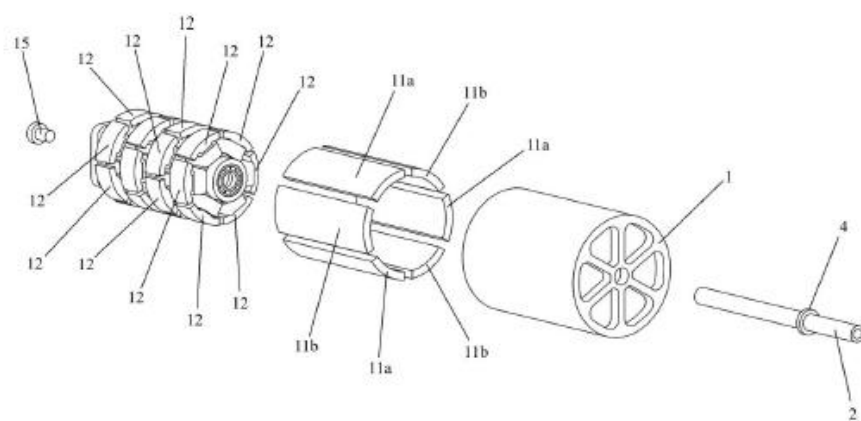


Fig. 5

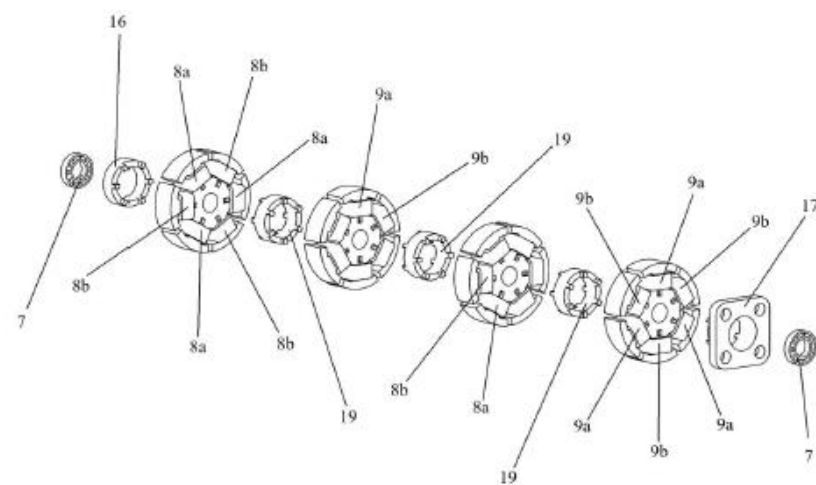




Φir. 9



Φir. 10



Φir. 11