



УКРАЇНА

(19) UA (11) 91304 (13) C2
(51) МПК (2009)
H02K 23/00
H02K 17/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ЕЛЕКТРИЧНИЙ ДВИГУН ЧЕРНОГОРОВА (ВАРІАНТИ)

1

(21) а200908199

(22) 03.08.2009

(24) 12.07.2010

(46) 12.07.2010, Бюл.№ 13, 2010 р.

(72) ЧЕРНОГОРОВ АНАТОЛІЙ ДМИТРИЕВИЧ,
СКОМОРОХ ВІКТОР ГРИГОРОВИЧ, ТРИШИН
ОЛЕГ МИХАЙЛОВИЧ(73) ЧЕРНОГОРОВ АНАТОЛІЙ ДМИТРИЕВИЧ,
СКОМОРОХ ВІКТОР ГРИГОРОВИЧ, ТРИШИН
ОЛЕГ МИХАЙЛОВИЧ

(56) FR 2590743 A1, 29.05.1987

SU 1436210 A1, 07.11.1988

SU 1032553 A, 30.07.1983

UA 73083 C2, 15.06.2005

(57) 1.Електричний двигун постійного струму й однофазного змінного струму, що складається зі станини (статора) (1) з магнітними полюсами (2) і якоря (ротора) (5) з колектором (6) і щітковим механізмом (11) з послідовно включеними обмотками на станині (статорі) (1) з обмотками якоря (ротора) (5), який **відрізняється** тим, що якірна (роторна) обмотка на шихтованому барабанному якорі (роторі) (5) виконується прямою обмоткою, кожний виток якої виготовлений з мідної шини (12) і укладається в пазах (10) навколо кожного зуба (9) і кожний окремий виток з'єднується послідовно із сусіднім у єдину обмотку на суміжних, замкнутих між собою пластинах (ламелях) колектора (6), або вивернутою обмоткою, кожний виток (13) якої в кожному пази (10) якоря (ротора) охоплює лише по одній стороні два сусідніх зуби (9) і з'єднується в єдину якірну (роторну) обмотку на пластинах (ламелях) колектора (16), або одночасно в одних пазах (10) якоря (ротора) (5) можуть укладатися дві розгорнуті на 180° або прямі, або вивернуті, або пряма і вивернута обмотки, кожна зі своїм колектором (6 і 16), розташовані з обох сторін якоря (ротора) і паралельно або послідовно з'єднані між собою на колекторах через щітки (7) або

2

стрижневою обмоткою, шини (21) якої комутуються у витки і обмотку на двох розташованих на кінцях вала (4) колекторах (6 і 16) на принципі розгорнутих на 180° прямої і вивернутої обмоток, а електромагніти на станині (статорі) (1) є системою електромагнітів взаємодії, що послідовно з'єднані з обмотками якоря (ротора) (5), а зрушенням щіток (7) на колекторах осі полюсів якоря (ротора) (5) можна зрушувати щодо осей полюсів системи взаємодії на станині (статорі) (1) і тим самим, не змінюючи напрямку струмів у якорі (роторі) (5), змінювати напрямок обертання якоря (ротора) (5), а самі магнітні полюси взаємодії (2) на станині (статорі) (1) набираються шихтованими з ізолюваних листів електротехнічної сталі і виконуються явно вираженими з наконечниками або неявно вираженими з пазами (26), у які покладені окремі витки, які з'єднуються безпосередньо в пряму або вивернуту обмотки взаємодії на торцях полюсів, а для комутації магнітних полюсів на якорі (роторі) (5), незалежно від того, яка на ньому виконана обмотка (пряма або вивернута, або дві розгорнуті на 180° прямі або вивернуті обмотки, або пряма і вивернута обмотки, або стрижнева обмотка) на колекторах між замкнутими пластинами з'єднання витків в обмотки використовуються холості (вільні) пластили (ламелі) (23) для того, щоб кожна щітка (7) перекривала при обертанні якоря (ротора) (5) більше число пластин.

2. Електричний двигун по п. 1, який **відрізняється** тим, що в кожному пази (10) якоря (ротора) (5) упресований короткозамкнений виток (20) на всю довжину паза для коректування замикання магнітного потоку магнітних полюсів якоря (ротора) (5) при комутаціях (переміщеннях), а також у пазах неявно виражених полюсів системи взаємодії, якщо електродвигун живиться однофазним змінним струмом.

Винахід відноситься до електричних машин - електродвигунів постійного й однофазного змінного струму. По суті електродвигун Черногорова як

постійного, так і однофазного змінного струму є електромагнітним двигуном, і знайде широке застосування у всіх галузях промисловості й на тра-

(19) UA (11) 91304 (13) C2

нспорті, де використовуються електродвигуни постійного або однофазного змінного струму, тому що пропонувані електродвигуни мають більш високий коефіцієнт корисної дії й ряд переваг порівняно з відомими електродвигунами.

Класична конструкція двигуна постійного струму зі станиною, до якої прикріплені електромагніти системи збудження й барабанний якір, який обертається у підшипниках у магнітному полі системи збудження з обмоткою й колектором, на пластини (ламелі) якого замикаються кінці котушок якірної обмотки з передачею струму на останню через щітковий механізм, відома вже порядку ста років і описана в багатьох довідкових книгах і підручниках з електричних машин постійного струму (Hütte «Справочная книга для инженеров, архитекторов, механиков и студентов» Том П. Издание двенадцатое. Москва - 1929г. стр. 1220-1242). М.П. Костенко, Л.М. Пиотровский. Электрические машины, часть первая - машины постоянного тока. Учебник для студентов ВТУЗов. «Энергия», 1964, стр. 69-75.

Протягом останніх ста років такі двигуни постійного струму випускалися й випускаються в наш час у багатьох промислово розвинених країнах без яких-небудь серйозних змін у їхніх конструкціях. Такі двигуни були і є оборотними електричними машинами, тобто двигун може бути генератором, генератор може бути двигуном. А це значить, що в руховому режимі в обмотці якоря наводиться протиЕДС, спрямована проти напруги, яка підводиться до двигуна з усіма наслідками, що випливають звідси.

Такий електродвигун узятий у якості одного з аналогів. А саме, пристрій якоря й обмоток збудження. В аналога якір барабанного типу з петльової або хвильової обмоткою й обмотка якоря виконується на таке ж число пар полюсів, як і обмотка збудження, виконана на станині. Обмотка збудження може бути шунтовою, серісною або компаунд (змішаною) залежно від призначення двигуна. Зміна напрямку обертання двигуна постійного струму й однофазного колекторного двигуна змінного струму ((М.П. Костенко, Л.М. Пиотровский. Электрические машины, часть вторая. Машины переменного тока. «Энергия», 1973, Раздел четвертый, стр. 568-575) досягається зміною полярності електричного струму, який підводиться або до обмотки якоря (ротора), або до системи збудження.

Технічне завдання, на рішення якого спрямований винахід, у створенні нового покоління не-оборотних електродвигунів, переваги яких - малі витрати споживаної електроенергії, більш високі коефіцієнти корисної дії й значні спрощення обмоток якорів (роторів).

Рішення завдання, яке досягнуте в пропонованих електромагнітних двигунах постійного й однофазного змінного струму, засновано не на взаємодії з магнітним полем збудження провідників зі струмом, покладених у пази барабанного якоря (ротора) у вигляді петльових або хвильових обмоток (із числом пар полюсів, рівних числу пар полюсів системи збудження), і працюючих по відомому «правилу лівої руки», а на відомому ще зі шкільних підручників фізики законі Кулона, що ізолюваний

магнітний полюс із силою полюса ті викликає в іншому ізолюваному полюсі з силою m_2 , що перебуває на відстані l силу P , величина якої

$$P = f \frac{m_1 m_2}{\mu l^2},$$

де m_1 і m_2 - магнітні заряди, μ - магнітна проникність середовища,

f - коеф. пропорційності середовища, що залежить від вибору системи одиниць,

l - відстань між магнітами.

Одноименні полюси відштовхуються, різноименні - притягаються. Таким чином, у пропонованих електромагнітних двигунів якорі (ротори) також являють собою систему магнітних полюсів з такою ж кількістю магнітних полюсів, як і магнітна система, яка розташована на станині (статорі). Тільки на полюси якоря (ротора) струм подається через колектор і щітковий механізм. Обмотка якоря (ротора) стає більш простою. Відсутні такі поняття, як число витків на полюс і фазу, крок обмотки та ін. Електричні двигуни, втрачаючи силову обмотку на якорі (роторі) стають двигунами із двома системами магнітних полюсів, обертаючі моменти в яких визначаються силами Кулона при взаємодії магнітних полів полюсів барабанного якоря (ротора) з магнітними полями полюсів системи, розташованої на станині (статорі), яку надалі будемо називати не системою збудження, тому що вона в електромагнітному двигуні нічого не збуджує, а магнітною системою взаємодії.

Електромагнітний двигун постійного струму й однофазного змінного струму складається зі станини (статора) 1 (Фіг.1) з магнітними полюсами взаємодії 2, на яких перебувають обмотки 3. В однофазних електромагнітних двигунів змінного струму система магнітних полюсів взаємодії на статорі повинна бути виконана шихтованою з ізолюваних листів електротехнічної сталі. Причому магнітні полюси взаємодії на станині (статорі) можуть бути як явно вираженими (у вигляді башмаків, набраних шихтованими з електротехнічної сталі з наконечниками), так і неявно вираженими, з покладеними в пази обмотками.

У зв'язку з тим, що для "Електричних двигунів Черногорова" винайдені нові обмотки, описів яких немає ще в технічній літературі, то цим обмоткам дані наступні нові назви:

пряма обмотка;

вивернута обмотка;

розгорнуті на 180° вищезгадані обмотки, покладені в одні пази;

стрижнева обмотка.

Ці обмотки не є не хвильовими і не петльовими.

Барабанний якір (ротор) 5, набраний із шихтованих пакетів електротехнічної сталі, має вал 4. З однієї сторони на вал 4 жорстко насаджений колектор 6 (якщо в пази якоря вкладається пряма обмотка) або колектор 16 (якщо в пази якоря вкладається вивернута обмотка). У принципі ці колектори нічим не відрізняються друг від друга, але вони повинні розрізнятися на прикладених схемах і фігурах, якщо на якорі (роторі) покладені дві обмотки, кожна зі своїм колектором або використовується стрижнева обмотка із двома колекторами. Щітко-

вий механізм 11 із щітками 7 може повертатися щодо колектора 6 (16) на кут $90-120^\circ$ і фіксуватися в будь-якому положенні. Якір (ротор) 5 може обертатися в підшипниках в повітряному зазорі 8 і складається із прямих пазів 10, розділених між собою зубами 9. Якірна (роторна) обмотка 12 (Фіг.2) називається прямою, якщо один виток обертається в пази 10 навколо свого зуба 9 і окремі витки 12 з'єднуються між собою в єдину обмотку перемичками на петушках колекторних пластин, якщо початок і кінець витків двох сусідніх зубів приходять на сусідні пластини або з'єднуються на загальних пластинах. Витки прямої обмотки виконані мідними шинами й покладені в паз показані у верхній частині паза 10 на Фіг.10.

Вивернута обмотка (Фіг.3) укладається одним витком у кожний паз 10 якоря (ротора), охоплюючи однією половиною витка 13 один зуб 9 з одного боку, а іншою половиною витка 13 - другий зуб з іншої сторони. Кожний виток 13 з'єднується із сусіднім у єдину обмотку перемичками на петушках ламелій колекторних пластин або на загальних колекторних пластинах. Вивернута обмотка виконується мідною шиною. На Фіг.9 показано, як покладений виток 13 вивернутої обмотки в пази 10.

Ширина і вхідної частини паза 10 між двома сусідніми зубами 9 вибирається такою, щоб і при прямій, і при вивернутій обмотках (Фіг.9 і 10) у пазах 10 шини 12 і 13 були розклинені ізоляційними планками 19. Верхні частини пазів 10 з покладеними обмотками заклинюються дерев'яними або пластмасовими шпугами 15. Пази 10 зсередини вистилаються ізоляційним матеріалом 17 (пресшпаном або склотканиною).

Залежно від того, як протікають струми по витках, покладених у пази 10 (а це залежить від розташування щіток), зуби 9 якоря (ротора) 5 між щітками 7 різних полярностей токи стають або північними, або південними полюсами (Фіг.1), як би набраними з окремих однойменних електромагнітів.

У могутніших електромагнітних двигунів в одних пазах якоря (ротора) можуть бути покладені дві прямі обмотки або дві вивернуті, або пряма і вивернута, розгорнуті на 180° одна щодо іншої, причому в кожній з обмоток має свій колектор з кожної сторони якоря (ротора). На Фіг.8 показаний якір (ротор) 5 з розгорнутими на 180° прямою і вивернутою обмотками. У нижній частині пазів якоря (ротора) 5 покладена вивернута обмотка 13 з виводами на колектор 16, а у верхній частині якоря (ротора) 5 покладена пряма обмотка 12 з виводами через петушки 14 на колектор 6. Обмотки можуть з'єднуватися через щітки паралельно або послідовно.

На Фіг.10 показано, як покладені витки розгорнутих на 180° вивернутої і прямої обмоток у кожному пази 10 якоря (ротора) 5. Паз 10 вистилається ізоляційним матеріалом 17. Витки 13 і 12 розклинаються ізоляційними планками 19. Одна обмотка від іншої відділяється ізоляційною прокладкою 18.

На Фіг.4 показана стрижнева обмотка. По суті це сполучені пряма й вивернута обмотки, мідні ізольовані стрижні 21 яких зібрані на двох колекторах 6 і 16 за допомогою перемичок 22. Якір (ротор)

5 зі стрижневою обмоткою показаний на Фіг. 11. З кожної сторони вала 4 розташовані два однакових колектори 6 і 16. На якорі (роторі) 5 показані два стрижні 21, які покладені в одному пази 10 і впаяні в петушки 14 колекторів 6 і 16.

Однополярні щітки 7 на колекторах якорів (роторів) 5 з розгорнутими на 180° прямими або прямою і вивернутою обмотками працюють з'єднаними чи послідовно паралельно, а на колекторах стрижневої обмотки працюють паралельно, що полегшує підведення й відвід струмів від обмоток і роблять більш м'якою комутацію на колекторах під щітками. Механізми пересування щіток щодо колекторів виконуються таким чином, щоб щітки синхронно переміщалися в строго однаковому напрямку на обох колекторах і в кожному положенні фіксувалися одночасно.

На Фіг.1 показаний чотирьохполюсний електромагнітний двигун з однією прямою або однією вивернутою обмоткою на якорі (роторі) 5. У верхній частині якоря (ротора) 5 показане розташування пазів 10, які приходяться на один полюс якоря (ротора) 5, у цьому випадку «південний». Обмотка в пазах не показана, щоб не завантажувати креслення. Границі полюсів якоря (ротора) 5 на Фіг.1 проходять по осевих лініях щіток 7 незалежно від того, чи обертається якір (ротор) 5 або стоїть загальмованим.

Осьові лінії полюсів якоря (ротора) 5 «оп», «оп₁», «оп₂», «оп₃» переміщуються разом із щітковим апаратом 11. При такому положенні осей полюсів якоря (ротора) 5, як зображено на Фіг.1, якір (ротор) 5 обертається проти годинникової стрілки. У цьому напрямку обертання магнітні полюси 2 системи взаємодії встановлені на станині (статорі) 1 притягають різнойменні полюси якоря (ротора) 5, однойменні відштовхують. Якщо щітковий механізм 11 почати зрушувати проти годинникової стрілки так, щоб ось верхнього південного полюса якоря (ротора) 5 «Ся «оп» почати переміщати на кут «- α» проти годинникової стрілки, якір (ротор) 5 почне сповільнювати обертати й у зоні кута «β» біля осі «от» північного полюса «Нв» (обмотки взаємодії) якір (ротор) 5 зупиниться. При подальшому обертанні щіткового механізму проти годинникової стрілки, коли ось «оп» південного полюса якоря (ротора) 5 проходить за межі кута «β» у зону кута «+ α», якір (ротор) 5 почне обертатися за годинниковою стрілкою. Максимальний момент обертання якоря (ротора) 5, а отже й максимальні обертати будуть у момент, коли вісь «оп» займе положення «оп₁». Таким чином, у пропонованому електромагнітному двигуні обертати можна міняти не тільки зміною полярності струму в обмотці якоря або в обмотці взаємодії, але й зрушенням щіток [що рівнозначно зрушенню осей магнітних полюсів якоря (ротора) 5] на $45-60^\circ$ в одну або іншу сторону (за годинниковою стрілкою або проти). Щоб уникнути бічних навантажень на підшипники якоря (ротора) 5, останні виконуються із прямими пазами. Косі пази в електромагнітних двигунів створюють бічні навантаження на підшипники якоря (ротора) 5.

Пропоновані електромагнітні двигуни можуть виконуватися на значно більше число пар полюсів, чим $2P=4$ і відрізняються виконанням обмоток, покладених на якорях (роторах) 5. На опорі міді

обмоток зовсім не позначається «ефект близькості». Введення в колектор, незалежно від схеми обмотки, холостих ламелій 23 (Фіг.5, 6, 7) поліпшує комутацію під щітками, тому що щітка стає ширше й замість трьох перекриває чотири ламелі на колекторі, а це створює пульсацію магнітного поля на полюсах обертового якоря (ротора) уздовж напрямку обертання, що за рахунок розбіжки, створює підвищений крутний момент і продовжує термін служби щіток. У підставу кожного паза 10 якоря (ротора) на всю довжину паза запресовується короткозамкнений мідний виток 20 (Фіг.9 і 10). Ці короткозамкнені витки, пронизуючись магнітними силовими лініями під час перекомутації витка обмотки при обертанні якоря (ротора), створюють на вході в паз із боку якоря (ротора) своє магнітне поле, спрямоване проти магнітного поля витка обмотки усередині паза, що дозволяє магнітним силовим лініям витка обмотки замикатися через зуби 9 і виходити у повітряний зазор 8 і взаємодіяти з магнітним полем системи взаємодії, а усередині якоря (ротора) 5, через його залізо замикатися на різноименні магнітні полюси самого якоря (ротора) 5. Електромагнітний двигун, у якого на якорі (роторі) встановлений один колектор (Фіг.1), може мати тільки пряму або тільки вивернуту обмотку, яка складається з окремих одинарних витків, виконаних окремими шинами. Однак не виключаються такі обмотки, виконані в пази 10 (вивернута обмотка) або навколо зуба 9 (пряма обмотка) декількома витками. Виконати такі обмотки буде складніше, але можливо. Це дозволить зменшити щільність струму під щіткою й робити колектори менших розмірів завдяки зменшенню кількості паралельно працюючих щіток.

Електромагнітні двигуни великих потужностей, у яких на валах по два колектора (Фіг. 8 - з розгорнутими на 180° двома прямими або двома вивернутими, або прямою і вивернутою обмотками, Фіг.11 - зі стрижневою обмоткою) повинні мати механізми зрушення щіток, що дозволяють щіткам на обох колекторах переміщатися синхронно.

Питання охолодження електромагнітних двигунів по кожній серійній конструкції машин вирішуються окремо з урахуванням застосування вже напружених за сто останнього років методів.

З огляду на, що протиток ЕРС в обмотках електромагнітних двигунів не наводяться, а опір міді обмоток дуже малий (біля сотих і навіть тисячних часток Ома разом із щітково-колекторними переходами), електромагнітні двигуни працюють при дуже низьких напругах (до декількох вольт). Із цієї причини електромагнітні двигуни, як правило серійні, тобто з послідовним з'єднанням полюсів на станині (статорі) з обмоткою якоря (ротора) (див. схему електричних з'єднань чотирьохполюсного електромагнітного двигуна, наведену на Фіг.12). Обмотки взаємодії ОВ попарно з'єднані з обмотками якоря (ротора) ОЯ. В електромагнітних двигунах постійного струму можливе живлення обмоток взаємодії від незалежного джерела, яким може бути окремий навантажувальний трансформатор НТр із окремими випрямлячами й окремим регулюванням. В електромагнітних двигунів однофазного змінного струму реактansi обмоток взаємодії ОВ дуже малі. Кожна обмотка взаємодії має кілька

витків, які включені за схемою Фіг.12 на клемах «яв». Через малу індуктивність обмоток взаємодії зрушення між струмом і магнітним потоком в обмотках ОВ практично відсутні і магнітні потоки обмотки взаємодії ОВ і обмотки ротора ОЯ також синхронні (без зрушення), що необхідно для роботи двигуна.

В електромагнітного двигуна, на якорі (роторі) якого покладені розгорнуті на 180° , припустимо пряма і вивернута обмотки, або дві прямі, вони підключаються послідовно одна з іншою і послідовно з всіма обмотками полюсів взаємодії.

У зв'язку з дуже малим опором міді обмоток якорів (роторів) електромагнітні двигуни і постійного, і однофазного змінного струму живляться через навантажувальні трансформатори НТр (Фіг.13), у яких первинна обмотка розрахована на змінні 220В, а вторинна обмотка виконана мідною шиною, розрахованою на номінальний вторинний струм від 200А до 1000А (залежно від потужності й призначення двигуна) і номінальна вторинна напруга до 5В. Таким чином, потужність навантажувального трансформатора НТр може коливатися від 1 кВА до 5 кВА для самого широкого спектра застосування електромагнітних двигунів. Завдяки регульовальному автотрансформатору АвТр вторинний струм навантажувального трансформатора НТр може регулюватися в самих широких межах (від 0 до $I_{ном.}$). Для електромагнітних двигунів однофазного змінного струму навантажувальна (робоча) схема живлення обмежується клемами «ав» на Фіг.13, до яких підключається електромагнітний двигун змінного струму, схема якого показана на Фіг.12.

Для електромагнітних двигунів постійного струму схема навантажувального трансформатора НТр доповнюється двонапівперіодним діодним випрямлячем «В» з ємністю, що згладжує, «С». Схема електромагнітного двигуна постійного струму (Фіг.12) клемами «+» і «-» підключається на клемах «+» і «-» Фіг.13.

У електромагнітних двигунів однофазного змінного струму статор і полюси набираються шихтованими з ізолюваних листів електротехнічної сталі. Пази на полюсах взаємодії виконуються як для прямої, так і для вивернутої обмотки. На Фіг.14 показаний магнітний полюс взаємодії статора, виконаний із прямою обмоткою. Такі магнітні полюси можуть виконуватися і в електромагнітних двигунів постійного струму. Електромагнітні двигуни з такими полюсами можуть працювати як на змінному, так і на постійному струмі. Обмотки в них виконуються мідними шинами, які в пази 26 вставляються з торців статора (станіни) 1 по одному витку 24 уздовж кожного зуба 25. Так само з торців статора (станіни) 1 витки 24 розклинаються в пазах 26 пластинами 27 з термостійкого ізоляційного матеріалу, у торцевому перетині вони нагадують клини і кожний паз закривається дерев'яною або пластмасовою шпугою 28. Крайні витки на кожному полюсі із прямою обмоткою притискаються до крайніх зубів 25 упорами 29, які болтами кріпляться до станіни (статору) 1. При застосуванні вивернутої обмотки пази полюсу виконуються за формою, зображеною на Фіг.9. Відрізняються пази на неявно виражених полюсах взаємодії з

вивернутою й прямою обмотками у двигунів постійного струму відсутністю короткозамкнених впресованих витків 20, як повинні виконуватися в пазах якоря (ротора). У зв'язку з тим, що магнітні полюси взаємодії на станинах і статорах нерухливі, кінці витків 24 послідовно спаюються (з'єднуються) один з одним, утворюючи послідовну пряму або вивернуту обмотки. Переваги магнітних полюсів із прямою й вивернутою обмотками - відсутність індуктивності. При використанні вивернутих обмоток до кожного крайнього витка обмотки приєднуються по одному напіввитку, які також притискаються до крайніх зубів електромагніта статора (станини) упорами 29 і через ці напіввитки подається живлення на магнітні полюси.

На Фіг.14 в електромагнітного двигуна як постійного, так і однофазного змінного струму, якір (ротор) 5 має радіус R1. Зовнішня окружність повітряного зазору 8 має радіус R2, який більше радіуса якоря (ротора) 5 на величину повітряного зазору 8. Внутрішній радіус магнітного полюса R3 вибирається більше радіуса R2 на таку величину, щоб на кінцях магнітного полюса зазори між полюсом і зовнішньою границею повітряного зазору з радіусом R2 складали значні величини і тим більше, чим вище потужність двигуна (3-10мм), для того, щоб збільшити дії магнітних сил, які діють по дотичних до окружності якоря (ротора) 5. На осі «то» магнітного полюса у точці «К» внутрішня окружність полюса з радіусом R3 дотикається зовнішньої окружності радіусом R2 повітряного зазору 8.

Перелік фігур на кресленнях

Фіг.1 - на кресленні зображений поперечний розріз електромагнітного двигуна, виконаного на $2P=4$ полюсів у системі взаємодії на станині (статорі) і на $2P=4$ полюсів на якорі (роторі). До роботи електромагнітного двигуна «правило лівої руки» не застосовується. На якорі (роторі) виконана одна з обмоток, що може бути «прямою» або «вивернутою». На двигуні, зображеному на Фіг.1 на якорі (роторі) є один колектор і одна обмотка. Щітковий механізм дозволяє всім щіткам [їх число дорівнює числу магнітних полюсів на якорі (роторі)] зрушуватися одночасно на кут $45-60^\circ$ по ходу або проти ходу обертання якоря (ротора). На станині й полюсах системи взаємодії пунктирними лініями зі стрілками показані напрямки магнітних силових ліній системи взаємодії для електромагнітного двигуна постійного струму.

Фіг.2 - на кресленні зображена пряма обмотка якоря (ротора) з колектором електромагнітного двигуна. Електричний струм, який протікає по обмотці між позитивними й негативними щітками створює на якорі північний й південні полюси, які взаємодіють із полюсами взаємодії станини(статора), і відповідно до закону Кулона змушують якір (ротор) двигуна обертатися.

Фіг.3 - на кресленні зображена вивернута обмотка якоря (ротора) з колектором електромагнітного двигуна. Вона працює аналогічно прямій обмотці, створюючи електромагнітні полюси на якорі (роторі).

Фіг.4 - на кресленні зображена стрижнева обмотка потужного електромагнітного двигуна. Вона сполучить у єдиній обмотці якість прямої і вивер-

нутої обмоток і скомутована на двох колекторах. У відмінності від розгорнутих на 180° прямої і вивернутої обмоток, покладених в одні пази барабанного якоря (ротора), стрижнева обмотка значно простіше у виготовленні.

Фіг.5 - на кресленні показана частина розгорнутої прямої обмотки якоря (ротора) з холостими (вільними) ламелями колектора.

Фіг.6 - на кресленні показана частина розгорнутої вивернутої обмотки якоря (ротора) з холостими (вільними) ламелями колектора.

Фіг.7 - на кресленні показана частина розгорнутої стрижневої обмотки якоря (ротора) з холостими (вільними) ламелями на обох колекторах.

Фіг.8 - на кресленні зображений якір (ротор) з розгорнутими на 180° прямою і вивернутою обмотками. Кожна обмотка має свій колектор з однаковою кількістю колекторних пластин (ламелій). Колектор нижньої обмотки має діаметр менших розмірів, ніж колектор верхньої обмотки. Щітки однієї полярності на кожному колекторі працюють паралельно.

Фіг.9 - на кресленні показаний паз якоря (ротора) з покладеним витком вивернутої обмотки. У нижній частині паза показаний упресований короткозамкнений виток 20.

Фіг.10 - на кресленні показаний паз якоря (ротора) з покладеними витками вивернутих на 180° прямої і вивернутої обмоток. У нижній частині паза показані два напіввитки сусідніх витків прямої обмотки, у нижній частині паза показаний виток вивернутої обмотки. У нижній частині паза показаний упресований короткозамкнений виток 20.

Фіг.11 - на кресленні показаний якір (ротор) стрижневої обмотки із двома однаковими колекторами. Щітки однієї полярності на обох колекторах працюють паралельно. Між колекторами в пази барабана показані два стрижні стрижневої обмотки, упаяні в петушки колекторних пластин обох колекторів. В одного з колекторів всі стрижні 21 стрижневої обмотки мають вигини для температурної компенсації.

Фіг.12 - на кресленні зображена електрична схема з'єднання обмоток чотирьохполюсного електромагнітного двигуна постійного й однофазного змінного струму. Обмотки полюсів взаємодії ОВ станини (статора) включені послідовно з обмотками полюсів ОЯ якоря (ротора).

Фіг.13 - на кресленні зображена електрична схема навантажувального трансформатора НТр із регулюванням струму живлення електромагнітних двигунів однофазного змінного струму (клеми «ав») і постійного струму (клеми «+»і«-») через регулювальний автотрансформатор АвТр.

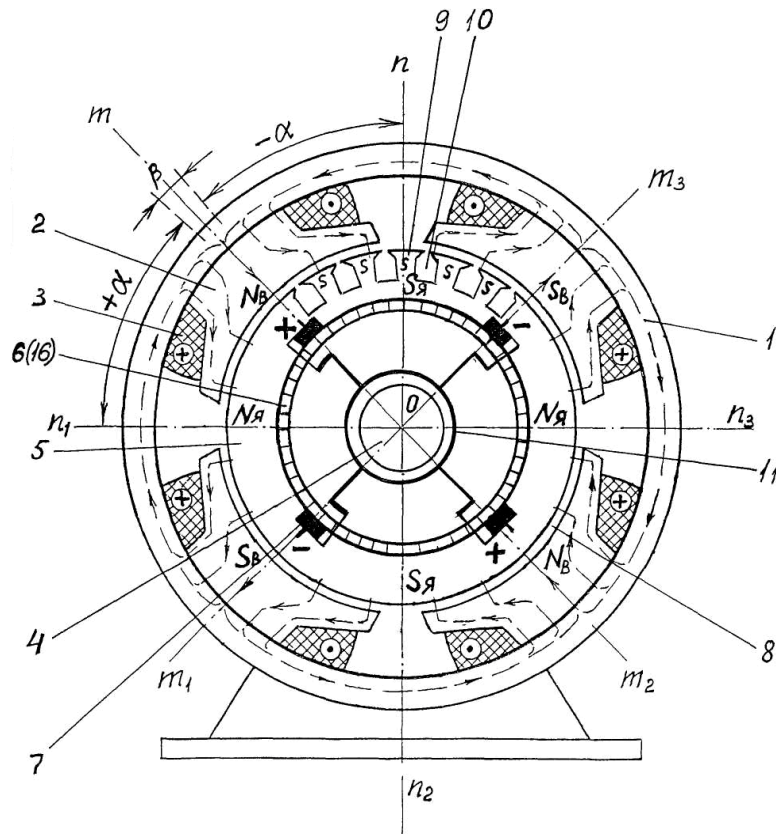
Фіг.14 - на кресленні зображений шихтований з ізолюваних листів електротехнічної сталі магнітний полюс взаємодії електромагнітного двигуна постійного й однофазного змінного струму на станині (статорі) з послідовно з'єднаними витками прямої обмотки. Кожний виток, виконаний мідною шиною, обгинає свій зуб (окремий маленький полюс). Всі витки з'єднані послідовно й утворюють один полюс (у цьому випадку північний при тому напрямку струму, що показано в кожному витку).

У зв'язку з тим, що в електромагнітних двигунах і постійного, і однофазного змінного струму

добуток напруги на ввіді на струм через двигун визначає лише його споживану потужність, але не визначає механічну потужність двигуна на валу, остання для електромагнітних двигунів для кожної серії, що випускається, визначається експериментально за розробленою для електромагнітних двигунів методикою.

При випробуваннях і на постійному, і на однофазному змінному струмі електромагнітні двигуни показали дуже високі економічні результати.

І як показали експериментальні електромагнітні двигуни, завдання створення нових необоротних двигунів успішно вирішено. Електричні двигуни Черногорова з різними варіантами виконання якорів (роторів) знайдуть широке застосування в самий найближчий час, як самі економічні електродвигуни.

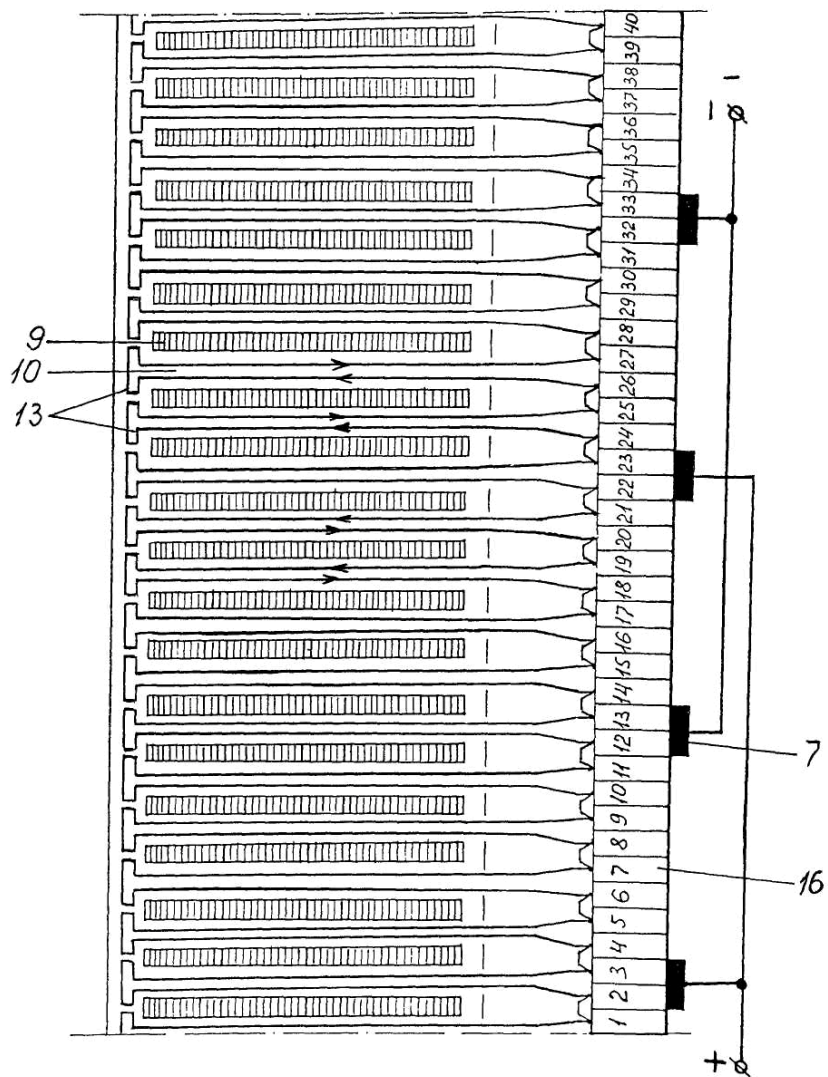


Фиг. 1

15

91304

16



Φir.3

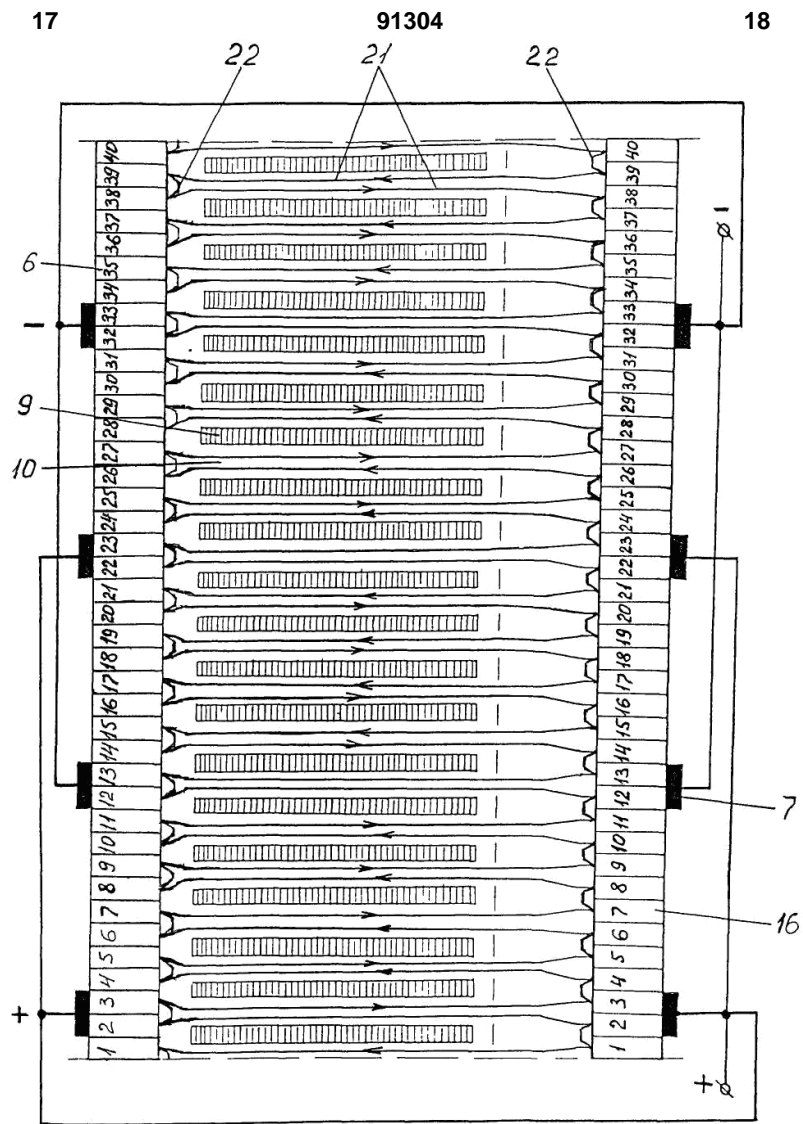


Fig. 4

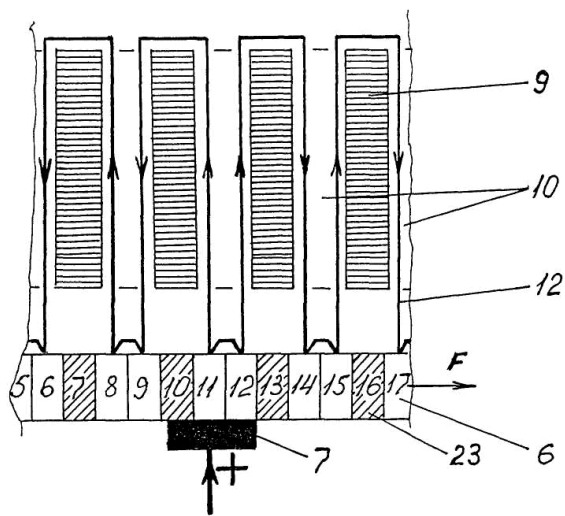


Fig. 5

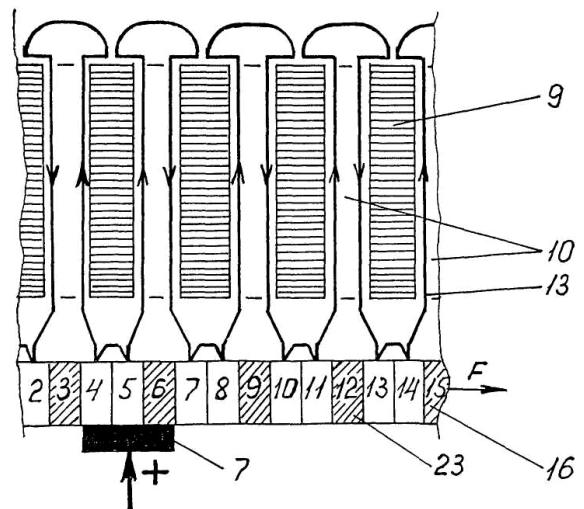
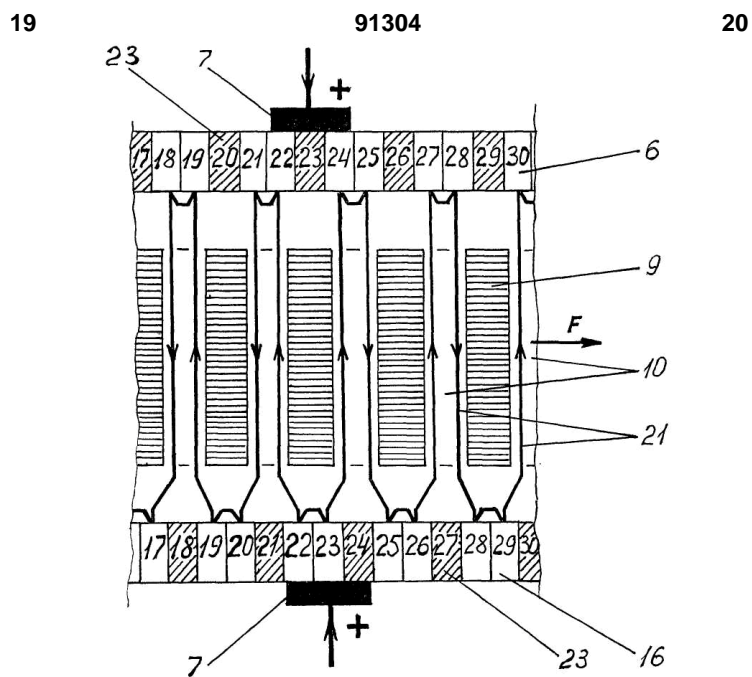
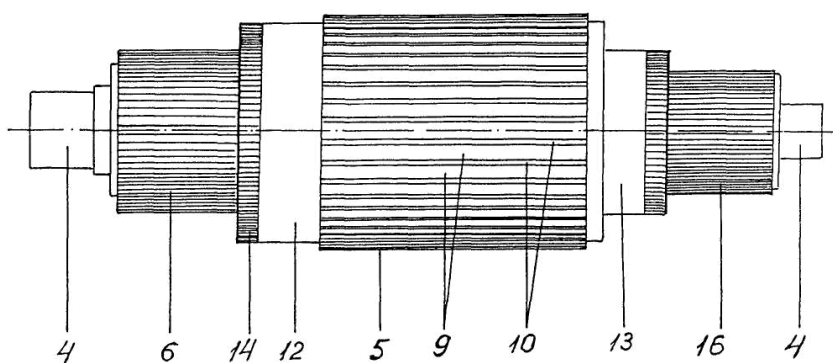


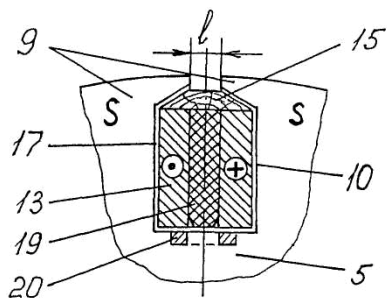
Fig. 6



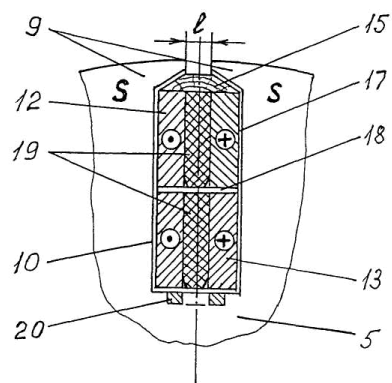
Φir.7



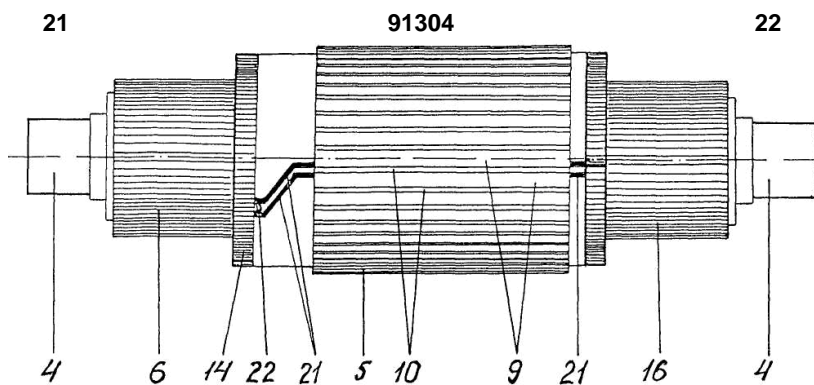
Φir.8



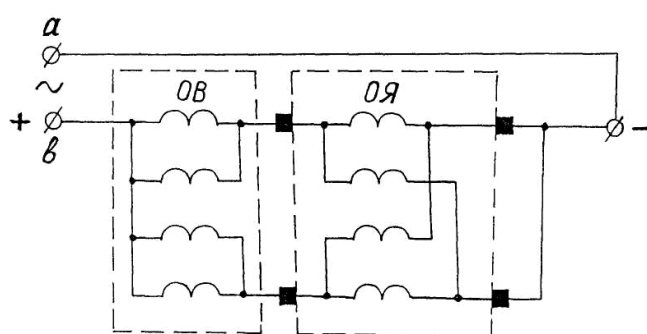
Φir.9



Φir.10

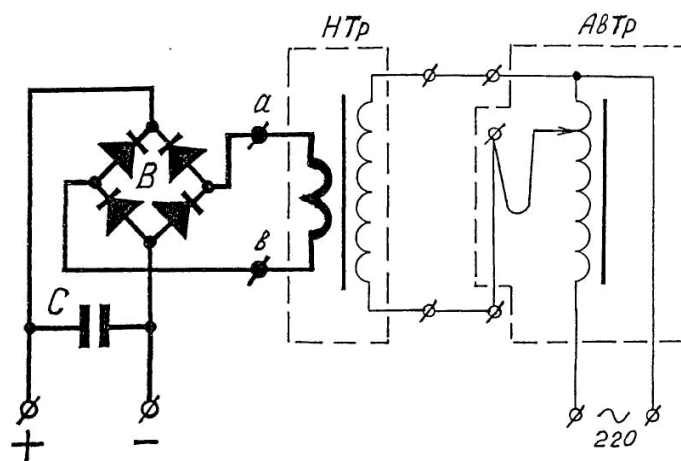


Фиг.11



■ расположение щёток на якоре

Фиг.12



Фиг.13

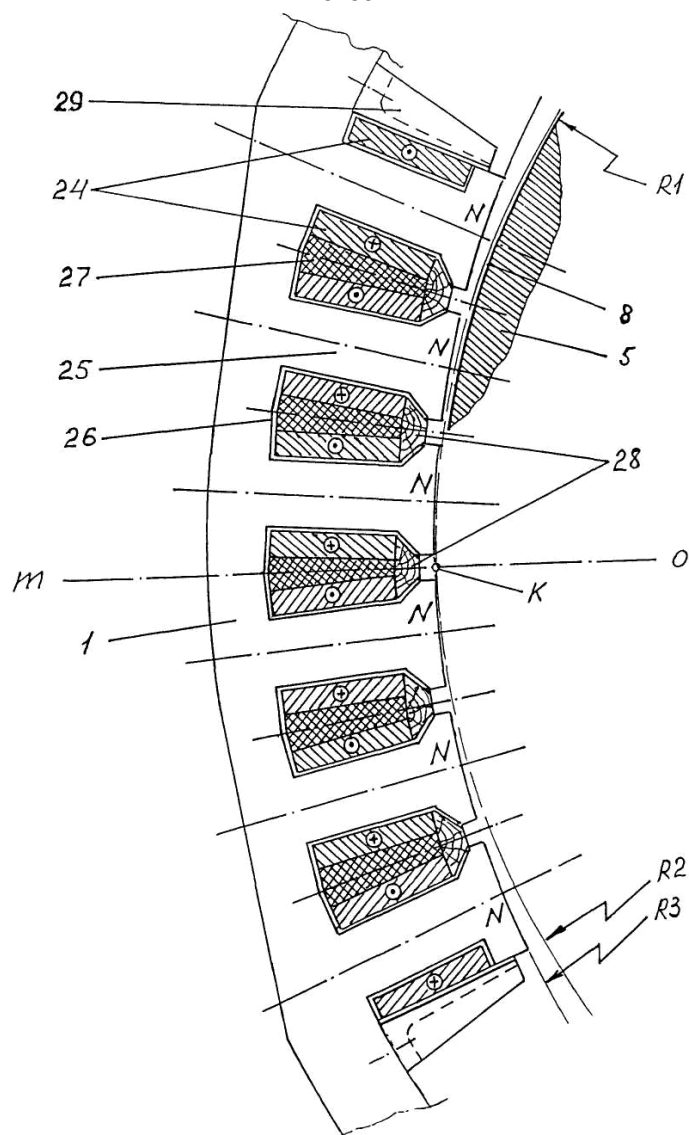


Fig. 14