



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **159513** (13) **U**
(51) МПК
H02K 1/06 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

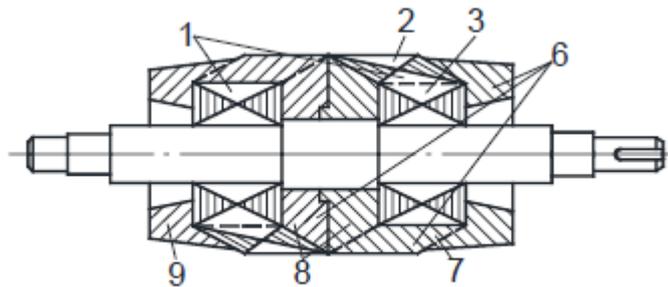
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2024 06232	(72) Винахідник(и): Ставинський Андрій Андрійович (UA), Шебанін В'ячеслав Сергійович (UA), Ставинський Ростислав Андрійович (UA), Циганов Олександр Миколайович (UA), Авдєєва Олена Андріївна (UA), Вахоніна Лариса Володимирівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 26.12.2024	(73) Володілець (володільці): МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Георгія Гонгадзе, 9, м. Миколаїв, 54008 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 05.06.2025	(74) Представник: Кубінець Ольга Іванівна
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 04.06.2025, Бюл.№ 23	

(54) РОТОР АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

(57) Реферат:

Ротор асинхронного двигуна містить дві секції обмотки зі стрижнями і замикаючими ділянками та двосекційний магнітопровід, що складається з зубців і ярем та шихтований з кругових шарів електротехнічної сталі з зубцевими виступами. При цьому зубцеві виступи розташовані з зустрічним нахилом та сполученням в крайніх шарах з серединними замикаючими ділянками обмотки. Висота зубцевих виступів перевищує висоту зубців приблизно вдвоє і при складанні магнітопроводу суміжні шари або їх групи зсуваються в межах кроку виступів по круговому контуру та ці виступи вигинаються під кутом 60° .



Фиг. 1

UA 159513 U

Корисна модель належить до галузі електротехнічної промисловості, що виготовляє електричні машини, може бути використана при виробництві короткозамкнених асинхронних двигунів і вирішує задачу підвищення коефіцієнту корисної дії при покращенні пускових та віброакустичних характеристик таких двигунів.

5 Відомо про варіанти будови ротора асинхронного двигуна, який містить дві секції обмотки з стрижнями, що з'єднані крайніми і середнім проміжковим короткозамикаючими кільцями. Вказані варіанти відрізняються скосом стрижнів в секціях та тангенціальним зсувом секційних стрижнів на частину їх кроку, що покращує пускові та віброакустичні характеристики. Проміжкові кільця між секціями обмотки і магнітопроводу зменшують та вилучають додаткові втрати від поперечних струмів між стрижнями відповідно при скошених та прямих секційних зубцевих ділянках. (Унифицированная серия асинхронных двигателей Интер-электро. В.И. Радин, Й. Лондин, В.Д. Розенкноп и др... М.: Энергоатомиздат, 1990 – 416 с., с. 163, 164). Наявність проміжкового кільця роторної обмотки обумовлює секціонування (розділення на дві частини) магнітопроводу ротора. При традиційній будові зубчастих штамповано-шихтованих магнітопроводів, що складені з плоских шарів електротехнічної сталі, присутність між секціями проміжкового кільця вилучає корисну електромагнітну дію середньої частини статора на ширині кільця, тобто погіршує використання активного об'єму. Також в проміжковому кільці виникають додаткові витрати поверхневого ефекту, що погіршує енергетику.

20 Ознаками вказаних аналогів, що співпадають з конструкцією корисної моделі, є наявність в роторі двох секцій короткозамкненої обмотки і двосекційного зубчастого магнітопроводу.

Також відома конструкція ротора, який містить дві секції обмотки з стрижнями і замикаючими ділянками та двосекційний магнітопровід, що складається з зубців і ярем та шихтований з кругових шарів сталі з зубцевими виступами, причому зубцеві виступи розташовані із зустрічним нахилом та сполученням в крайніх шарах з серединними замикаючими ділянками обмотки, яка прийнята за прототип (авторське свідоцтво СРСР № 1693685, опубл. в Б.И., 1991, № 43). Нахилені зубцеві виступи, тобто конусно-площинна структура шарів магнітопроводу ротора, забезпечують феромагнітне закриття середніх ділянок обмоткових секцій, що замикають стрижні (міжсекційних кілець в будові оберненого двигуна з двома напівроторами або загального проміжкового кільця). Це підвищує використання активного об'єму при покращенні енергетичних, пускових та віброакустичних показників двигуна при зсуві секційних стрижнів в тангенціальному напрямку.

35 Як відомо, підвищення пускового моменту і зниження пускового струму в двигунах традиційної будови з плоскими шарами сталі магнітопроводу ротора досягається двома способами. За першим способом застосовуються глибокі пази (підвищується висота зубцевих ділянок шарів сталі, тобто роторних пластин). Другим способом є збільшення активного опору обмотки ротора. При застосуванні глибоких пазів в двигунах з зовнішнім ротором погіршується використання сталі зубців при збільшенні відстані між осями роторних пазів та підвищуються зовнішній діаметр, металомісткість та інерційність махових мас. Цей спосіб є неможливим для застосування в двигунах малої потужності традиційної будови (з внутрішнім ротором) у зв'язку із обмеженим об'ємом ротора. Збільшення активного опору обмотки ротора використовується в двигунах малої потужності традиційної будови у зв'язку з обмеженим об'ємом, що охоплений активною поверхнею статора. При цьому підвищуються втрати активної потужності.

45 Конусно-площинна структура магнітопроводу ротора збільшує висоту зубцевих виступів шарів сталі відносно радіальної висоти зубців, що підвищує ефект витискання струму в стрижнях обмотки і покращує пускові характеристики. Однак така структура в прототипі утворюється витяжкою (утоншенням) зубцевих виступів додатковою технологічною операцією при штампуванні шарів магнітопроводу. При цьому кут нахилу зубцевих виступів пластин секцій магнітопроводу обмежений механічними властивостями і умовою насичення більш тонких ділянок сталі в зонах зубців. Тому збільшення висоти зубцевих виступів відносно висоти зубців та підвищення ефекту витискання струму є незначними.

50 Ознаками близького аналога, які збігаються з корисною моделлю, є те, що ротор асинхронного двигуна містить дві секції обмотки з стрижнями і замикаючими ділянками та двосекційний магнітопровід, що складається з зубців та ярем і шихтований з кругових шарів сталі з зубцевими виступами, причому зубцеві виступи розташовані з зустрічним нахилом та сполученням в крайніх шарах з серединними замикаючими ділянками обмотки.

55 В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення ротора, в якому певні особливості будови і конфігурацій та сполучень елементів магнітопроводу приводять до покращення пускових, віброакустичних та енергетичних характеристик короткозамкненого асинхронного двигуна.

Поставлена задача вирішується тим, що в роторі асинхронного двигуна, що містить дві секції обмотки зі стрижнями і замикаючими ділянками та двосекційний магнітопровід, що складається з зубців і ярем та шихтований з кругових шарів електротехнічної сталі з зубцевими виступами, причому зубцеві виступи розташовані з зустрічним нахилом та сполученням в
 5 крайніх шарах з серединними замикаючими ділянками обмотки, згідно з корисною моделлю, висота зубцевих виступів перевищує висоту зубців приблизно вдвоє і при складанні магнітопроводу суміжні шари або їх групи зсуваються в межах кроку виступів по круговому контуру та ці виступи вигинаються під кутом 60° .

Ділянки зубцевих виступів подвоєної висоти формуються в зонах пазових виїмок штамповки шарів магнітопроводу статора.

Сукупність вказаних ознак, тобто виконання ротора асинхронного двигуна таким чином, що висота зубцевих виступів шарів сталі перевищує висоту зубців приблизно вдвоє і при складанні магнітопроводу суміжні шари або їх групи зсуваються в межах кроку виступів по круговому контуру та ці виступи вигинаються під кутом 60° , утворює подвоєння висоти зубцевого шару, що визначає ефект витискання струму в стрижнях, відносно радіальної висоти пазів (перерізів стрижнів). Це дозволяє суттєво поліпшити пускові характеристики двигунів з обмеженими діаметрами статора і ротора, зокрема вбудованих у трубчасті оболонки та малої потужності, а також поліпшити пускові характеристики двигунів з зовнішнім ротором при зниженні зовнішніх діаметрів і металоемкості. Зсув суміжних шарів або груп з двох, трьох шарів в межах кроку виступів по круговому контуру та вигин цих виступів під кутом 60° призводить до тангенціального зсуву і протифазності роторних зубцевих гармонік магнітного поля в суміжних вздовж активної довжини шарах активного об'єму, що викликає взаємну компенсацію роторних зубцевих складових електрорушійних сил. Наслідком вказаного зсуву є зниження додаткових втрат, сил і моментів та покращення показників асинхронного двигуна.

Формування ділянок зубцевих виступів подвоєної висоти в зонах пазових виїмок шихтування шарів магнітопроводу статора дозволяє створити конусно-площинну структуру магнітопроводу ротора з кутом конусності 60° без підвищення загальної металоемкості виробництва двигуна та при зниженні внутрішніх відходів технологічного розкroeння електротехнічної сталі.

Корисна модель ілюструється графічними зображеннями, що пояснюють конструкцію короткозамкненого ротора. На фіг. 1 і фіг. 2 зображено конструктивну схему короткозамкненого ротора та схема розкroeння зубцево-пазових шарів електротехнічної сталі статорі і ротора. На фіг. 3, фіг. 4 та фіг. 5 показано особливості структури конусно-площинного магнітопроводу та розподілу силових ліній магнітного поля в його суміжних шарах. Фіг. 6 характеризує відміни роторних зубцевих викривлень магнітного поля зазору в зонах суміжних шарів магнітопроводу.

Короткозамкнений ротор (фіг. 1) містить двосекційний магнітопровід 1, що складається з зубців 2 та ярем 3. Магнітопровід 1 шихтований з кругових заготовок 4 шарів електротехнічної сталі з зубцевими виступами 5 (фіг. 2). Ротор (фіг. 1) також містить секціоновану обмотку 6 зі стрижнями 7 і двома серединними (або одним загальним серединним) 8 та крайніми 9 замикаючими ділянками, тобто короткозамикаючими кільцями. Висота h_5 зубцевих виступів 5 перевищує висоту h_3 зубців 2 (фіг. 2, фіг. 3) приблизно вдвоє і при складанні магнітопроводу 1 суміжні шари 10, 11 (фіг. 3 - фіг. 5) зсуваються в межах кутового кроку α_5 виступів 5 по круговому контуру. Виступи 5 вигинаються під кутом 60° з утворенням зубців 2. Ділянки зубцевих виступів 5 шарів 10, 11 формуються в зонах пазових виїмок 12 штампування шарів 13 (фіг. 2) магнітопроводу 14 статора 15. Формування ділянок зубцевих виступів 5 заготовок 4 шарів 10, 11 магнітопроводу 1 в зонах пазових виїмок 12 шарів 13 статора 15 утворює рівність чисел зубцевих виступів 5 і зубців 16, що, як відомо, мінімізує поверхневі і пульсаційні додаткові втрати зубцевого викривлення розподілу магнітного поля. При цьому також відомо, що при рівності чисел зубців статора і ротора при включенні двигуна традиційної будови виникають значні синхронні реактивні додаткові моменти, які утворюють неможливість пуску. Однак ці моменти взаємно компенсуються при зсуві зубцевих виступів 5 суміжних шарів 10, 11 на половину їх кроку $\square\alpha_5/2$, тому що утворюється протифазність роторних викривлювань магнітного поля зон вказаних шарів (фіг. 6). Відповідно виникає протифазність роторних зубцевих гармонік електрорушійних сил. Особливості структури магнітопроводу (фіг. 1 - фіг. 5) призводять до зменшення вдвоє перерізу кожного зубця 2 відносно зубця з плоских шарів традиційного еквівалентного магнітопроводу. Однак насичення виступів 5, що утворюють зубці 2 не відбувається, тому що число зубців 2 ротора подвоюється відносно числа виступів 5. Тому силові лінії магнітного поля (пунктирні лінії на фіг. 4, фіг.5) при напівзакритих пазових виїмках 12 замикаються в межах пазового кроку α_5 статора 15 одночасно в трьох суміжних виступах 5, що зсунуті на кути $\alpha_5/2$.

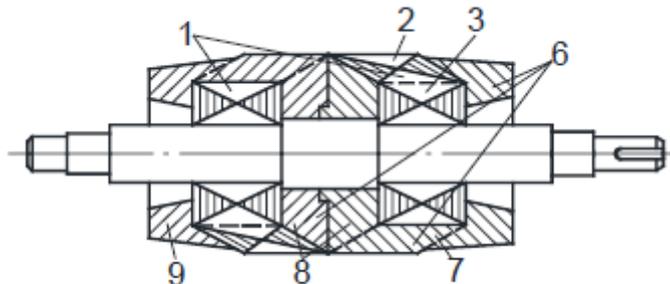
При роботі двигуна в суміжних в аксіальному напрямку зонах провідників обмоток, що відповідають шарам 10, 11, відбувається протифазність і взаємна компенсація електрорушійних сил від роторних зубцевих викривлень 1, 2 (фіг. 6) розподілу магнітного поля вздовж тангенціальної координати α , що викликає покращення енергетичних, пускових та віброакустичних характеристик. Пазове розсіяння ротора і ефект витискання струму при пуску визначаються, на відміну від еквівалентних аналогів, подвоєною висотою h_B виступів 5 відносно висоти h_z зубців 2 магнітопроводу 1, що підвищує кратність пускового моменту і знижує кратність пускового струму асинхронного двигуна. Покращенню перелічених характеристик двигуна з ротором (фіг. 1) також сприяє зсув секційних стрижнів 7 в межах пазового кроку ротора.

Відносно прототипу використання технічних рішень фіг. 1 - фіг. 5 призводить до зниження додаткових втрат асинхронного двигуна до 8...10 %. Залежно від потужності на 20...40 % підвищується пусковий момент та знижується пусковий струм.

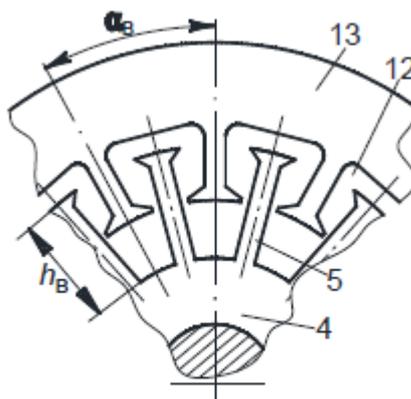
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Ротор асинхронного двигуна, який містить дві секції обмотки зі стрижнями і замикаючими ділянками та двосекційний магнітопровід, що складається з зубців і ярем та шихтований з кругових шарів електротехнічної сталі з зубцевими виступами, причому зубцеві виступи розташовані з зустрічним нахилом та сполученням в крайніх шарах з серединними замикаючими ділянками обмотки, який **відрізняється** тим, що висота зубцевих виступів перевищує висоту зубців приблизно вдвоє і при складанні магнітопроводу суміжні шари або їх групи зсуваються в межах кроку виступів по круговому контуру та ці виступи вигинаються під кутом 60° .

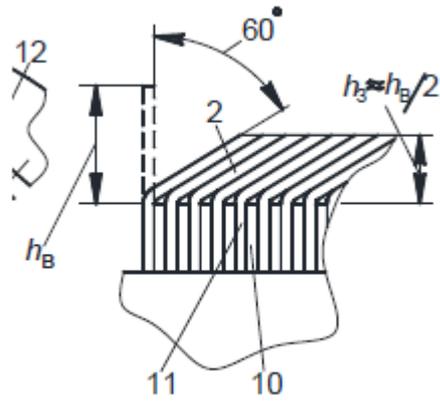
2. Ротор асинхронного двигуна, який **відрізняється** тим, що ділянки зубцевих виступів подвоєної висоти формуються в зонах пазових виїмок штамповки шарів магнітопроводу статора.



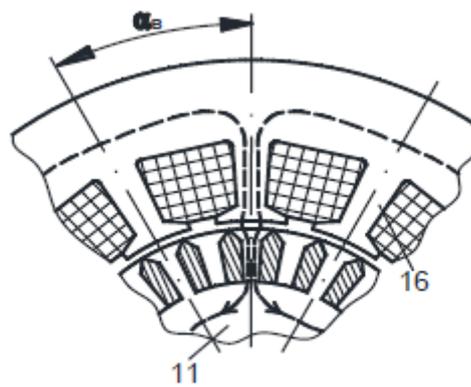
Фіг. 1



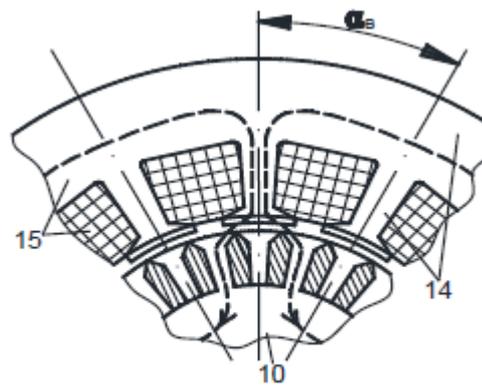
Фіг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

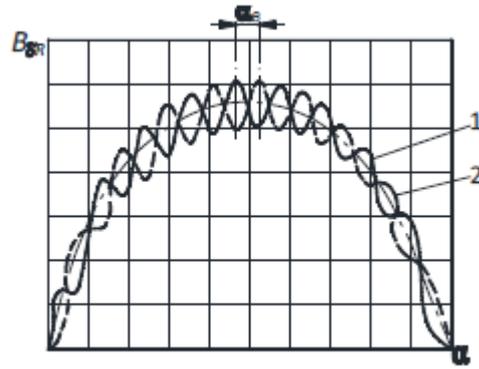


Fig. 6