



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 91666

(13) C2

(51) МПК (2009)

H02K 17/24 (2006.01)

H02K 16/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) БАГАТОФАЗНА ЕЛЕКТРОМАШИНА ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ

1

(21) а200501657

(22) 23.02.2005

(24) 25.08.2010

(46) 25.08.2010, Бюл.№ 16, 2010 р.

(72) ХАРЧЕНКО ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, ХАРЧЕНКО ОЛЕГ ВОЛОДИМИРОВИЧ, ХАРЧЕНКО ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

(73) ХАРЧЕНКО ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, ХАРЧЕНКО ОЛЕГ ВОЛОДИМИРОВИЧ, ХАРЧЕНКО ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

(56) SU 10462, 31.07.1929

SU 1336165, 07.09.1987

SU 970577, 30.10.1982

UA 72797, 15.04.2005

JP 59175369, 04.10.1984

SU 411578, 15.05.1974

(57) 1. Багатофазна електромашина подвійного живлення аксіального конструктивного виконання містить станину з підшипниковими щитами, статор з багатофазною обмоткою та ротор на валу, в якій активна частина статора та ротора виконані із окремих однотипних співвісно розташованих один відносно одного пакетів, число яких дорівнює числу фаз її живлення, при цьому кожен із пакетів статора виконаний у вигляді порожнистого циліндра, пакети статора поєднані між собою в загальну багатофазну магнітну систему феромагнітним ярмом по їх зовнішній поверхні, а пакети ротора відповідно з'єднані між собою зі сторони вала, яка відрізняється тим, що виконана щонайменше з трьома або більшим числом фаз, при цьому кожний пакет статора містить щонайменше одну розподільну фазну обмотку, кожна з яких є частиною багатофазної розподільної обмотки статора, причому кожна з цих розподільних фазних обмоток статора розташована навколо свого однойменного циліндричного пакета, ротор також споряджено багатофазною розподільною або котушковою обмоткою збудження, при цьому його фазні обмотки збудження також розташовані і нерухомо зафіксовані на тілах своїх однойменних пакетах ротора, крім того з'єднана з багатофазним обертовим трансформатором, що має число фаз, рівне числу фаз статора, та розташований на валу, та містить засоби охолодження.

2

2. Електромашина за п. 1, яка відрізняється тим, що пакети статора виконані з пазами на внутрішній циліндричній поверхні.

3. Електромашина за п. 1, яка відрізняється тим, що пакети статора виконані з пазами на зовнішній циліндричній поверхні.

4. Електромашина за п. 1, яка відрізняється тим, що пакети статора виконані з пазами на обох циліндричних поверхнях.

5. Електромашина за будь-яким з пп. 1-4, яка відрізняється тим, що пакети ротора виконані у вигляді циліндрів з неявновираженими полюсами, які в пазах на зовнішній поверхні оснащені розподільними фазними обмотками збудження.

6. Електромашина за п. 1, яка відрізняється тим, що пакети ротора виконані з явновираженими полюсами, які оснащені котушковими фазними обмотками збудження.

7. Електромашина за будь-яким з пп. 1-4, яка відрізняється тим, що статор додатково має другу багатофазну обмотку статора.

8. Електромашина за п. 1, яка відрізняється тим, що багатофазний обертовий трансформатор має щонайменше одну багатофазну кільцеву обмотку статора та одну багатофазну кільцеву обмотку ротора.

9. Електромашина за будь-яким з пп. 1, 8, яка відрізняється тим, що статор багатофазного обертового трансформатора додатково має багатофазну послідовну обмотку.

10. Електромашина за пп. 1, 8, яка відрізняється тим, що багатофазна обмотка статора багатофазного обертового трансформатора та щонайменше одна або дві багатофазні обмотки статора електромашини виконані на однакову по величині напругу живлення.

11. Електромашина за пп. 1, 8, яка відрізняється тим, що багатофазна обмотка статора багатофазного обертового трансформатора та щонайменше одна або дві багатофазні обмотки статора електромашини виконані на різну по величині напругу живлення.

12. Електромашина за будь-яким з пп. 1, 5, 6, 8, яка відрізняється тим, що фазні обмотки збудження ротора електромашини мають електричне з'єднання з фазними кільцевими обмотками рото-

(13) C2

(11) 91666

(19) UA

ра багатофазного обертового трансформатора переважно по зв'язаній багатофазній системі.

13. Електромашина за п. 1, яка **відрізняється** тим, що засоби охолодження містять принаймні один внутрішній вентилятор для охолодження, закріплений на валу.

Винахід відноситься до багатофазних електромашин подвійного живлення і може бути використаний у тих електроприводах змінного струму, які потребують від електромашини регулювання її пускових параметрів, а саме: величини пускових струмів, частоти обертання вала, підвищеного значення початкового обертового моменту, коефіцієнта корисної дії та $\cos \phi$.

Відома багатофазна електромашина подвійного живлення (SU № 10462, Н 02 К 17/24, 31.07.1929 р.), яка містить однопакетний статор з головною та додатковою трифазною обмотками та ротор з трифазною обмоткою, при цьому обмотка ротора підключена до додаткової обмотки статора через контактні кільця.

Недоліки - електромашина не здатна працювати в режимі регульованого двигуна, має занижений коефіцієнт корисної дії (К.К.Д.) та $\cos \phi$ і через ці недоліки зовсім не застосовується в промисловості.

Відома також багатофазна електромашина подвійного живлення (SU № 1336165 А1, 4 Н 02 К 17/24, 07.09.1987 р.), яка містить однопакетний статор та ротор з трифазними обмотками, причому обмотки з'єднані між собою по-фазно по автотрансформаторній схемі через контактні кільця.

Основні недоліки — електромашина не здатна працювати в режимі регульованого двигуна, негативно впливає на мережу живлення при її роботі в режимі двигуна, має занижений обертовий момент, К.К.Д. та $\cos \phi$ і через ці недоліки зовсім не застосовується в промисловості.

Всі перераховані недоліки у відомій електромашині пов'язані з тим, що вона працює на принципі електромагнітної взаємодії між собою обертових магнітних полів статора та ротора. Отже, як видно із електромагнітної схеми електромашини, одна і та ж сама її обмотка статора створює одночасно два протилежно направлені обертові моменти і, внаслідок цього, зменшується по величині її загальний обертовий момент, К.К.Д. та $\cos \phi$. Крім того, квадратична залежність обертового моменту електромашини від величини її напруги живлення не дозволяє широко регулювати частоту обертання її ротора шляхом зміни величини напруги живлення. Цей фактор значно обмежує область використання відомої електромашини. Крім того, згідно теорії, багатофазна електромашина подвійного живлення працює в режимі двигуна при таких умовах, а саме: коли частота обертання ротора $n = 0$, або дорівнює подвійній синхронній швидкості, тобто $n = 2n^1$, де n^1 — синхронна швидкість обертання магнітного поля обмотки статора. Таким чином, для здійснення у відомій електромашині подвійної

14. Електромашина за п. 13, яка **відрізняється** тим, що засоби охолодження містять зовнішній вентилятор для охолодження, який закріплений на зовнішньому виступаючому кінці вала і захищений кожухом.

синхронної швидкості її необхідно спочатку довести до цієї швидкості сторонніми засобами, але в цьому режимі вона дуже схильна до коливань, які створюють небезпечні удари навантаження в приводних механізмах і в мережі живлення. Більш устало електромашина працює в режимі асинхронної швидкості, але в цьому режимі вона посилює в мережу живлення шкідливі струми з частотою ковзання, які, в свою чергу, теж значно знижують її К.К.Д. та $\cos \phi$.

В якості прототипу до багатофазної електромашини подвійного живлення, що заявляється, обрана відома багатофазна електромашина подвійного живлення індукторного типу та аксіального конструктивного виконання (SU №497 685, Н 02 К 17/24, фіг.4, 30.12.1975 р.), в якій активна частина її статора та ротора виконана із окремих співвісно розташованих один відносно одного пакетів, число яких дорівнює числу фаз живлення, тобто $m = 3$, яка містить станину з підшипниковими щитами, статор з двома обмотками та ротор на валу, причому пакети статора виконані по формі у вигляді порожнистого циліндра магнітно поєднаних між собою в його загальну трифазну магнітну систему феромагнітним ярмом по своїй зовнішній поверхні, а пакети ротора - по валу, при цьому трифазна розподільна обмотка статора розташована в пазах одночасно на трьох його пакетах, а друга його зосереджена обмотка, у вигляді двох кільцевих котушок, розташована між його пакетами коаксіально валу.

Відома багатофазна електромашина подвійного живлення аксіального конструктивного виконання ефективно працює в режимі генератора для індуктування електрорушійної сили (Е.Р.С.) змінного струму високої частоти, але спроби використання даної електромашини в якості багатофазного загальнопромислового регульованого двигуна подвійного живлення не мали успіху із-за багатьох наявних недоліків які прямо пов'язані з нераціональною конструкцією електромагнітної частини її статора та ротора.

Суть причини. В режимі двигуна прототип не здатний самостійно розвинути необхідний початковий обертовий момент через відсутність на співвісних пакетах статора та ротора відповідних однойменних фазних обмоток число яких повинно дорівнювати числу фаз його живлення. Отже, як відомо з теорії електричних машин, принцип дії синхронної електромашини подвійного живлення базується на електромагнітній взаємодії обертового магнітного поля статора, яке створила його трифазна обмотка при живленні її трифазним змінним струмом, з постійним магнітним полем збу-

дження ротора. Таким чином, при подачі постійного струму на кільцеві обмотки збудження, які розташовані між пакетами статора коаксіально валу, виникає постійне магнітне поле збудження на зубчатих полюсах пакетів ротора, але, незважаючи на наявність в прототипі обертового магнітного поля статора, ротор буде залишатися нерухомим. Це явище пояснюється такими обставинами. Умовно припустимо, що швидкість обертового магнітного поля статора (синхронна швидкість) становить $n = 50$ об/сек. З такою великою швидкістю обертове магнітне поле статора буде обертатися навколо нерухомого ротора і, внаслідок цього, сили електромагнітної взаємодії між полюсами обертового магнітного поля статора та зубчатими пакетами ротора будуть направлені по черзі то в одну, то в іншу сторону і через це ротор, який володіє масою, а відповідно, і інерцією, не здатний зрушити з місця і розвинути за соті долі секунди необхідний початковий обертовий момент у сторону обертання магнітного поля статора, а також і через те, що пакети ротора не оснащені додатковою короткозамкнутою обмоткою типу «білкова клітка», яка широко застосовується у всіх відомих синхронних двигунах для їх «асинхронного» способу запуску.

Недоліки прототипу - він не здатний в режимі двигуна самостійно розвинути необхідний початковий обертовий момент і, відповідно, не може бути регульованим, має малий К.К.Д. та $\cos \phi$ і, крім того, для його роботи необхідні два різних найменування джерел живлення, а саме: змінного та постійного струму і, внаслідок цих недоліків, він не застосовується в промисловості в якості багатофазного загальнопромислового двигуна, а тим більше регульованого.

В основу винаходу поставлена задача удосконалити відому багатофазну електромашину подвійного живлення шляхом модифікації конструкції електромагнітної частини її статора та ротора, що дозволить забезпечити живлення обмоток статора і обмоток збудження ротора багатофазним змінним струмом однієї частоти і виникнення уніполярного процесу електромагнітної взаємодії між провідниками обмотки статора та магнітним полем збудження ротора і, за рахунок цього, забезпечується зростання її обертового моменту до необхідної величини в режимі двигуна. За рахунок цього збільшується К.К.Д. та $\cos \phi$ багатофазної електромашини, тепер вона здатна самостійно запускатися в роботу без наявності на її роторі додаткової пускової обмотки та ефективно працювати в режимі регульованого двигуна подвійного живлення за рахунок того, що її обертовий момент більше не має квадратичної залежності від величини напруги живлення.

Поставлена задача вирішується тим, що багатофазна електромашина подвійного живлення аксіального конструктивного виконання, в якій активна частина її статора та ротора виконана із окремих співвісних розташованих один відносно одного пакетів, число яких дорівнює числу фаз її живлення, містить станину з підшипниковими щитами, статор з багатофазною обмоткою та ротор на валу, при цьому пакети статора виконані у вигляді порожнистого циліндра, причому пакети ста-

тора магнітно поєднані між собою в його загальну багатофазну магнітну систему феромагнітним ярмом по своїй зовнішній поверхні, а пакети ротора відповідно магнітно поєднані між собою по валу, згідно з винаходом, багатофазна електромашина виконана щонайменше з трьома або більше числом фаз, при цьому кожний пакет статора споряджено не менш ніж однією розподільною фазною обмоткою, кожна з яких є частиною багатофазної розподільної обмотки статора, причому кожна з цих розподільних фазних обмоток статора розташована навколо свого однойменного циліндричного пакету, ротор також споряджено багатофазною або розподільною, або котушковою обмоткою збудження, при цьому його фазні обмотки збудження також розташовані і нерухомо зафіксовані на тілах своїх однойменних пакетах ротора, крім того, багатофазна електромашина конструктивно поєднана з безконтактним джерелом електроенергії для живлення своєї багатофазної обмотки збудження ротора переважно у вигляді багатофазного обертового трансформатора з числом фаз рівних числу фаз її статора, при цьому їх ротори розміщені на спільному валу, а обмотки цих двох роторів відповідно мають між собою електричне поєднання, причому багатофазна електромашина споряджена засобами охолодження.

Тут і далі під терміном «багатофазна обмотка статора або ротора» мається на увазі така багатофазна обмотка, яка складається із окремих фазних обмоток, які завжди розташовані на своїх однойменних пакетах статора та ротора.

Тут і далі під терміном «ярмо» мається на увазі такий феромагнітний конструктивний елемент багатофазної електромашини, який може бути виконаним різним по своїй геометричній формі, наприклад, у вигляді прямокутного бруска або втулки, або іншої геометричної форми, який однією своєю конструкцією або декількома поєднує магнітно і механічно між собою пакети статора в його загальну багатофазну магнітну систему по зовнішній їх поверхні, а пакети ротора-по валу.

Отже, як відомо, принцип роботи прототипу базувався на взаємодії обертового магнітного поля статора з постійним магнітним полем збудження ротора, а удосконалена багатофазна електромашина подвійного живлення працює уже на іншому принципі.

Таке розміщення розподільних фазних обмоток статора на кожному його однойменному пакету та одночасно при цьому збільшення числа фазних обмоток збудження ротора до рівня числа фаз статора, а також зміни їх типу і місця розташування, призводить в удосконаленій багатофазній електромашині подвійного живлення виникнення уніполярного процесу електромагнітної взаємодії між магнітним потоком збудження, який створили фазні обмотки збудження ротора, та провідниками із струмом фазних обмоток статора і, завдяки якому, дуже ефективно відбувається процес перетворення електричної енергії в механічну енергію при її роботі в режимі двигуна, який дозволяє при цьому одночасно збільшити її К.К.Д. та величину $\cos \phi$. Застосування багатофазного обертового трансформатора в якості безконтактного джерела жив-

лення для її багатофазної обмотки збудження ротора робить удосконалену багатофазну електромашину подвійного живлення безконтактною і надійною в експлуатації, а також значно розширюються її функціональні можливості по застосуванню в регульованому електроприводі змінного струму в усіх галузях промисловості за рахунок застосування різних способів її збудження, а саме: незалежного, паралельного, послідовного та змішаного і, тим самим, отримати від неї бажані пускові, робочі, механічні та регульовані характеристики. Особливо великий початковий обертовий момент можна отримати в заявленій багатофазній електромашині при її послідовному способі збудження внаслідок того, що тепер величина її обертового моменту має прямо пропорційну залежність від величини напруги живлення, а в прототипі, як відомо, була квадратична. Крім того, багатофазна електромашина подвійного живлення тепер здатна працювати від одного найменування джерела живлення, тобто тільки від мережі змінного струму, та змінювати величину свого обертового моменту на валу і частоту обертання ротора за рахунок зміни величини напруги її живлення, а також ефективно працювати і в режимі генератора. Оснащення багатофазної електромашини засобами охолодження дозволяє значно зменшити її габарити і, одночасно при цьому, збільшити від неї відбір потужності.

Таким чином, запропонована сукупність технічних рішень по модернізації відомої багатофазної електромашини дозволяє отримати необхідний технічний результат і ключ до розуміння суті винаходу.

Інші уточнюючі форми виконання відповідних винаходів рішень по заявленій багатофазній електромашині наведені у додаткових пунктах формули винаходу.

Крім того, згідно з винаходом, пакети статора можуть бути виконані з пазами на своїй внутрішній циліндричній поверхні.

Можливе виконання пакетів статора з пазами на їх зовнішній циліндричній поверхні.

Можливе виконання пакетів статора з пазами одночасно на обох своїх циліндричних поверхнях.

Можливе виконання пакетів ротора по формі у вигляді циліндрів з неявиовираженими полюсами, які в своїх пазах на зовнішній поверхні оснащені розподільними фазними обмотками збудження.

Можливе виконання пакетів ротора з явновираженими полюсами, які оснащені котушковими фазними обмотками збудження.

Можливе оснащення статора багатофазної електромашини додатково другою багатофазною обмоткою статора.

Можливе виконання багатофазного обертового трансформатора щонайменше з однією багатофазною кільцевою обмоткою статора та однією багатофазною кільцевою обмоткою ротора.

Можливе оснащення статора багатофазного обертового трансформатора додатково багатофазною послідовною обмоткою.

Можливе виконання багатофазної обмотки статора багатофазного обертового трансформатора та щонайменше однієї або двох багатофаз-

них обмоток статора електромашини на однакову по величині напругу живлення.

Можливе виконання багатофазної обмотки статора багатофазного трансформатора та щонайменше однієї або двох багатофазних обмоток статора електромашини нарізну по величині напругу живлення.

Можливе виконання, при якому фазні обмотки збудження ротора електромашини мають електричне поєднання з фазними кільцевими обмотками ротора багатофазного трансформатора переважно по зв'язаній багатофазній системі.

Можливе виконання електромашини принаймні з одним внутрішнім вентилятором для охолодження.

Можливе виконання електромашини з зовнішнім вентилятором для охолодження, який закріплений на зовнішньому виступаючому кінці вала і сам захищений кожухом.

Можливе виконання електромашини принаймні з одним зовнішнім незалежним вентилятором для охолодження, який розташований і закріплений на зовнішній поверхні її станини.

Можливе виконання електромашини з системою охолодження у вигляді замкнутого контуру, частина якого з вентилятором (насосом), охолоджувачем та іншими пристроями розташована переважно зовні її оболонки.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де зображені:

- на Фіг. 1 - заявлена безконтактна багатофазна електромашина подвійного живлення у трифазному виконанні (загальний вигляд, позовдовжній розріз);

- на Фіг.2 - поперечний переріз багатофазної електромашини за Фіг. 1 по площині А-А (частковий розріз);

- на Фіг.3 - поперечний переріз ротора багатофазної електромашини за Фіг. 1 виконаного з явновираженими полюсами по площині Б-Б.

- на Фіг.4 - графіки фазних струмів багатофазної обмотки статора та багатофазних обмоток збудження ротора багатофазної електромашини за Фіг.1;

- на Фіг.5 - багатофазна електромашина за Фіг.1, яка оснащена зовнішнім незалежним вентилятором для охолодження (загальний вигляд);

- на Фіг.6 - багатофазна електромашина за Фіг.1, яка оснащена системою охолодження у вигляді замкнутого контуру (загальний схематичний вигляд);

- на Фіг.7 - електрична схема багатофазної електромашини за Фіг.1 з паралельним збудженням;

- на Фіг.8 - електрична схема багатофазної електромашини за Фіг.1 із змішаним збудженням.

Пояснення на Фіг.1-8:

де ω — кутова швидкість вала;

Φ - магнітний потік;

I_A, I_B, I_C - фазні струми багатофазної обмотки статора багатофазної електромашини;

i_A, i_B, i_C -- фазні струми багатофазної обмотки збудження ротора багатофазної електромашини;

ωt -- фазовий кут синусоїдального струму.

Розглянемо конструкцію заявленої багатофазної електромашини подвійного живлення у її трифазному виконанні, в якій пакети статора та ротора оснащені розподільними фазними обмотками, при цьому багатофазна електромашини та багатофазний обертовий трансформатор конструктивно поєднані разом в одній станині.

Як показано на Фіг.1 та Фіг.2, багатофазна електромашини подвійного живлення 1 аксіально-го конструктивного виконання, в якій активна частина її статора 2 та ротора 3 виконана із окремих співвісно розташованих один відносно одного пакетів 4 та 5, число яких дорівнює числу фаз її живлення, містить станину 6 з підшипниковими щитами 7, статор 2 з трифазною розподільною обмоткою 8 та ротор 3 на валу 9, при цьому пакети 4 статора 2 виконані у вигляді порожнистого циліндра, причому пакети 4 статора 2 магнітно поєднані між собою в його загальну трифазну магнітну систему чотирма феромагнітними ярмами 10 по своїй зовнішній поверхні, які виконані по формі у вигляді шихтованого пакету прямокутної форми, при цьому феромагнітні ярма 10 рівномірно розташовані на зовнішній поверхні пакетів 4 статора 2, а відповідно пакети 5 ротора 3 магнітно поєднані між собою в його загальну трифазну магнітну систему по валу 9 феромагнітною втулкою 11, при цьому кожний пакет 4 статора 2 оснащено однойменною фазною розподільною обмоткою 12, кожна з яких є частиною трифазної розподільної обмотки 8 статора 2, секції 13 якої охоплюють з усіх сторін свій однойменний циліндричний пакет 4 і які розташовані у його внутрішніх 14 та зовнішніх пазах 15, ротор 3, який оснащений також трифазною розподільною обмоткою збудження 16, при цьому його пакети 5 виконані з неявновираженими полюсами 17 по формі у вигляді шихтованих циліндрів з пазами 18 на своїй зовнішній поверхні і в яких розташовані їх однойменні фазні розподільні обмотки збудження 19, кожна з яких, відповідно, є частиною трифазної розподільної обмотки збудження 16, крім того, багатофазна електромашини подвійного живлення 1 конструктивно поєднана в одній станині 6 з безконтактним джерелом електроенергії для живлення своєї трифазної розподільної обмотки збудження 16 у вигляді трифазного обертового трансформатора 20, в якого його статор 21 та ротор 22 оснащені трьома фазними кільцевими обмотками 23 та 24, при цьому окремі фазні обмотки 19 та 24 роторів 3 та 22 мають між собою електричне поєднання по зв'язаній багатофазній системі, причому багатофазна електромашини подвійного живлення 1 оснащена засобами охолодження у вигляді внутрішнього вентилятора 25, який зафіксований на валу 9 зі сторони привода та зовнішнім вентилятором 26, який зафіксований на другому виступаючому за підшипниковий щит 7 кінці вала 9 і який сам при цьому закритий захисним кожухом 27, крім того, статори 2 та 21 і ротори 3 та 22 в багатофазній електромашині 1 відокремлені один від одного повітряною щільною 28.

В деяких багатофазних електромашини подвійного живлення 1, при розміщені розподільних фазних обмоток 12 статора 2 на його циліндричних пакетах 4, може бути застосований спіральний

спосіб їх намотки на його однойменні циліндричні пакети 4, при якому круглий дріт або інший по формі провідниковий матеріал намотується навколо циліндричного пакету 4 статора 2 по гвинтовій лінії і, внаслідок цього, такі фазні обмотки по способу їх виготовлення стали називатися «спіральними». Для виготовлення переважно спіральної трифазної обмотки 8 статора 2 може бути застосований, наприклад, порожнистий провідниковий матеріал для її безпосереднього внутрішнього охолодження або газовим, або рідинним охолоджувальним агентом. Крім того, в потужних багатофазних електромашини подвійного живлення 1 безконтактне джерело електроенергії, для живлення її обмотки збудження 16 ротора 3, розташовують конструктивно на спільному валу 9 переважно зовні її оболонки. При використанні багатофазної електромашини 1 тільки в якості генератора вона може бути конструктивно доцільно поєднана з безконтактним джерелом електроенергії у вигляді електромашини.

На Фіг.2 зображений частковий поперечний переріз по площині А-А багатофазної електромашини подвійного живлення 1 за Фіг. 1 на якому можна безпосередньо побачити, як розташована фазна розподільна обмотка 12 статора 2 на своєму однойменному циліндричному пакету 4, який виконаний з пазами 14 та 15 на своїй зовнішній та внутрішній циліндричній поверхні, та як подібно розташована відповідно фазна розподільна обмотка збудження 19 ротора 3 в пазах 18 виконаних на зовнішній поверхні його однойменного неявнополюсного пакету 5, причому пакети 4 статора 2 можуть виконуватися у варіанті з пазами тільки на внутрішній своїй циліндричній поверхні в залежності від потужності та призначення заявленої багатофазної електромашини 1. Крім того, на Фіг. 1 та Фіг.2 також зображено де розташовані феромагнітні ярма 10 статора 2 і феромагнітна втулка 11 ротора 3 та як вони своїм конструктивним тілом магнітно та механічно поєднують між собою окремі пакети 4 та 5 в окремі трифазні функціональні частини статора 2 та ротора 3, при цьому в потужних електромашини для поєднання між собою пакетів 5 ротора 3 можуть застосовуватися і шихтовані феромагнітні ярма прямокутної або іншої форми. Попередня їх кількість та їх безпосередня конструктивна форма і площа поперечного перерізу для статора 2 та ротора 3 попередньо визначається на стадії проектування конкретної багатофазної електромашини подвійного живлення 1 і, в першу чергу, залежить від її майбутньої потужності, при цьому феромагнітні ярма 10 та 11 для статора 2 та ротора 3 можуть бути виконаними або шихтованим, або суцільними з феромагнітних матеріалів, наприклад, з групи магнітно-м'яких оксиферів або інших подібних по магнітним властивостям матеріалів, які мають малі втрати енергії від вихрових струмів переманічування.

На Фіг.3 зображений поперечний переріз ротора 3 по площині Б-Б за Фіг. 1, в якого його пакети 5 виконані з явновираженими полюсами 29 і які, в свою чергу, оснащені катушковою обмоткою збудження 30.

На Фіг.4 зображені синусоїдальні криві змінного струму однієї частоти, які протікають по фазним розподільним обмоткам 12 статора 2 та по фазним обмоткам збудження 19 або 30 ротора 3, коли багатозафазна електромашина подвійного живлення 1 за Фіг.1 працює в режимі двигуна.

На Фіг.5 зображена багатозафазна електромашина подвійного живлення 15а Фіг. 1, яка споряджена одним зовнішнім незалежним вентилятором 31 для її охолодження, який закріплений зовні на її станині 6. Рух повітря через багатозафазну електромашину 1 зображений на кресленні подвійними стрілками. Багатозафазну електромашину 1 завжди необхідно споряджати нинішнім незалежним вентилятором 31 тоді, коли вона в режимі двигуна працює з низькою частотою обертання ротора 3 і, внаслідок цього, її внутрішній вентилятор 25 не здатний самостійно ефективно її охолоджувати.

На Фіг.6 зображена замкнута осьова система охолодження багатозафазної електромашини подвійного живлення 1, яка складається із таких основних частин, а саме: трубопроводів 32, вентилятора (насоса) 33, охолоджувача 34 та газового (повітря, водень) або рідинного охолоджувального агента 35. Крім того, потужна заявлена багатозафазна електромашина 1, коли її фазні пакети 4 та 5 статора 2 та ротора 3 виконані з радіальними вентиляційними каналами, як правило, споряджається замкнутою радіальною системою охолодження. Багатозафазна електромашина 1 виконується з замкнутою системою охолодження, як правило, тоді, коли багатозафазна електромашина 1 працює в агрегативному середовищі, яке може руйнувати, в першу чергу, цілісність електроізоляційних матеріалів її обмоток.

На Фіг.7 зображена за Фіг. 1 електрична схема багатозафазної електромашини подвійного живлення 1 паралельного збудження, в якій трифазна кільцева обмотка 23 статора 21 трифазного обертового трансформатора 20 підключена паралельно до її трифазної розподільної обмотки 8 статора 2, при цьому трифазна кільцева обмотка 24 ротора 22 трифазного обертового трансформатора 20, яка є джерелом живлення для її трифазної обмотки збудження 19 ротора 3, мають між собою електричне поєднання по багатозафазній зв'язаній системі по схемі "зірка" - «трикутник». Отже, багатозафазну електромашину подвійного живлення 1 доцільно виготовляти трифазною з урахуванням тих переваг, які має в даний час в промисловості широко уживана трифазна система змінних струмів і, внаслідок цього, всі фазні обмотки її та обертового трансформатора 20 поєднують між собою, як правило, за двома основними способами поєднання, а саме: по схемі «зірка» та по схемі «трикутника» по зв'язаній багатозафазній системі. Незв'язана система багатозафазного струму в електромашинобудуванні практично не застосовується.

На Фіг.8 зображена за Фіг. 1 електрична схема багатозафазної електромашини подвійного живлення 1 змішаного збудження, в якій статор 21 трифазного обертового трансформатора 20 оснащений додатково трифазною послідовною обмоткою збудження 36, при цьому її статор 2 також осна-

щений додатковою трифазною розподільною обмоткою 37, при цьому одна її трифазна розподільна обмотка 8 статора 2 включена послідовно з трифазною послідовною кільцевою обмоткою 36 статора 21 трифазного обертового трансформатора 20, причому зазначені обмотки 8 та 36 мають між собою електричне поєднання по багатозафазній зв'язаній системі по схемі «зірка», при цьому друга трифазна кільцева обмотка 23 статора 21 трифазного обертового трансформатора 20 може бути підключена або паралельно до трифазної розподільної обмотки 8 статора 2, або на окреме незалежне джерело живлення, яке на Фіг.8 не зображене, при цьому трифазна кільцева обмотка 24 ротора 22 трифазного обертового трансформатора 20 та трифазна розподільна обмотка збудження 16 або котушкова обмотка збудження 30 ротора 3 багатозафазної електромашини подвійного живлення 1 мають між собою електричне поєднання по багатозафазній зв'язаній системі по схемі «зірка»— «зірка».

Крім того, багатозафазну розподільну обмотку 8 статора 2 та його додаткову багатозафазну розподільну обмотку 37 виконують, як правило, на однакову по величині напругу живлення, причому кільцева обмотка 23 статора 21 трифазного обертового трансформатора 20 та дві обмотки 8 та 37 статора 2 багатозафазної електромашини подвійного живлення 1 можуть бути виконаними або на однакову, або на різну по величині напругу живлення. Оснащення статора 2 багатозафазної електромашини подвійного живлення 1 другою обмоткою 37 дозволяє підвищити її надійність та одночасно отримати значну економію електроенергії при її роботі в режимі двигуна в вентиляційних або насосних установках при їх роботі в режимі або «день-ніч», або «зима - літо» при яких, наприклад, у денний час багатозафазна електромашина 1 працює на повну потужність, тобто тоді, коли до електричної мережі живлення підключені дві її обмотки 8 та 37 статора 2, а в нічний час працює, наприклад, на половину своєї потужності, тобто тоді, коли до електричної мережі живлення підключена тільки одна розподільна обмотка статора 2, наприклад, розподільна обмотка 8.

Багатозафазна електромашина подвійного живлення 1 паралельного збудження в режимі двигуна працює наступним чином.

Згідно приведеної електричної схеми багатозафазної електромашини 1 (див. Фіг.7) при подачі напруги живлення від зовнішнього трифазного джерела змінного струму на вхідні її затискачі по її трифазній обмотці 8 статора 2 та по трифазній кільцевій обмотці 23 статора 21 трифазного обертового трансформатора 20 буде одночасно проходити змінний струм, який наочно зображений у вигляді синусоїдальних кривих на Фіг.4. Створений фазними кільцевими обмотками 23 статора 21 обертового трансформатора 20 змінний магнітний потік Φ замикається (шлях його замикання показаний штрих пунктирною лінією на Фіг. 1) через повітряну щілину 28 на його фазні пакети 5 ротора 3 і, внаслідок цього, в його кожній кільцевій обмотці 24 ротора 3 буде індукуватися змінна електрорушійна сила. Внаслідок того, що кільцеві фазні обмотки 24

ротора 3 обертового трансформатора 20 та фазні обмотки збудження 16 ротора 3 мають між собою електричне поєднання по зв'язаній трифазній системі по схемі «зірка» — «трикутника», то по останнім обмоткам буде протікати трифазний змінний струм, який, в свою чергу, створює в кожній фазі ротора 3 багатофазної електромашини 1, за допомогою його фазних обмоток збудження 19, трифазний змінний магнітний потік Φ збудження, який не обертається навколо ротора 3 тому, що його фазні обмотки збудження 19 розташовані на його трьох співвісних між собою по валу 9 фазних пакетах 5. Шлях магнітного потоку Φ збудження по фазним пакетам 5 ротора 3 та по фазним пакетам 4 статора 2 багатофазної електромашини подвійного живлення 1 зображений на Фіг.1 суцільними стрілками для моменту часу відміченого на синусоїдах змінних струмів вертикальною лінією «б» (див. Фіг.4). Внаслідок цього, між трифазним магнітним потоком Φ збудження ротора 3 та провідниками із струмом кожної фази трифазної розподільної обмотки 8 статора 2 виникає уніполярний процес електромагнітної взаємодії, при якому кожний провідник фазної обмотки 12 статора 2 весь час взаємодіє тільки з магнітним потоком Φ збудження ротора 3 однієї магнітної полярності. Отже, за рахунок цієї пофазної уніполярної електромагнітної взаємодії і виникає в кожній фазі багатофазної електромашини 1 сумарна електромагнітна сила, яка виштовхує її ротор 3, з його трифазною обмоткою збудження 16, у визначеному напрямку, який легко визначити по відомому з електротехніки правилу «лівої руки». Незважаючи на те, що трифазний змінний струм живлення змінює свій напрям на зворотній через рівні проміжки часу одночасно в трифазній обмотці 8 статора 2 багатофазної електромашини подвійного живлення 1 та в трифазній обмотці збудження 16 її ротора 3, напрям сумарного трифазного обертового

моменту в часі не змінюється під час її роботи в режимі двигуна.

В заявленій багатофазній електромашині подвійного живлення 1 не виникають обертові магнітні поля, як у відомих асинхронних електромашинах і, за рахунок цього, в ній відбуваються електромагнітні процеси по своїй дії подібні до тих процесів, які відбуваються у відомих колекторних та уніполярних електромашинах постійного струму. Отже, в заявленій багатофазній електромашині подвійного живлення 1 її обертовий момент M практично пропорційний квадрату струму її живлення і його величина визначається згідно виразу: $M = c \cdot I^2$,

де c - постійна конструктивна величина конкретної електромашини;

I - сумарна величина струму статорної обмотки електромашини.

Квадратична залежність обертового моменту від величини струму в статорній обмотці дозволяє багатофазній електромашині подвійного живлення з послідовним способом збудження стрімко збільшувати свій обертовий момент в залежності від величини навантаження. Присутність в конструкції багатофазної електромашини подвійного живлення повноцінної частини електромашини у вигляді роторного індуктора, який забезпечує створення магнітного потоку збудження незалежно від величини напруги її живлення, дозволяє змінювати частоту обертання її ротора та величину обертового моменту шляхом зміни величини напруги живлення статорної обмотки і, за рахунок цього, багатофазну електромашину подвійного живлення можна запускати повільно і без великих пускових струмів. Ці нові і чуже корисні технічні властивості дозволять більш ширше застосовувати заявлену багатофазну електромашину подвійного живлення в промисловості.

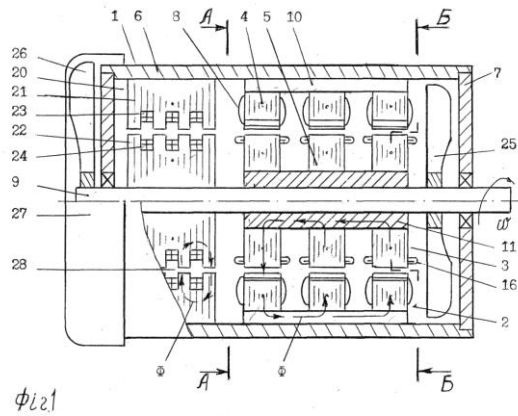


Fig. 1

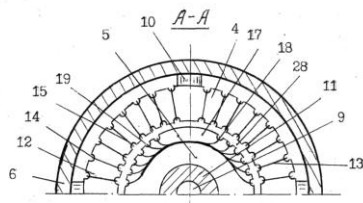


Fig. 2

B-B

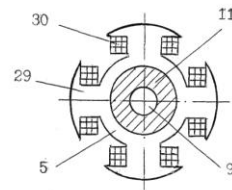


Fig. 3

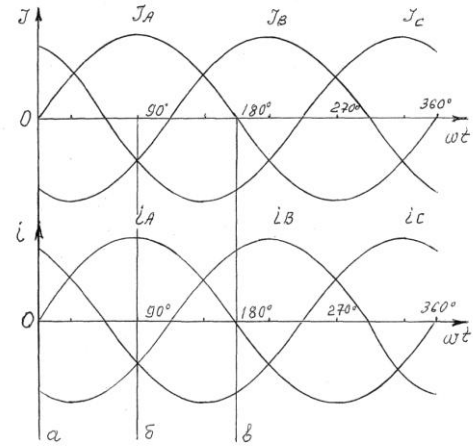


Fig. 4

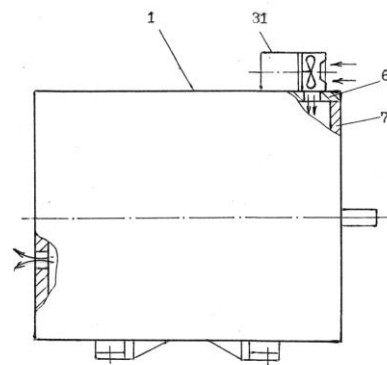


Fig. 5

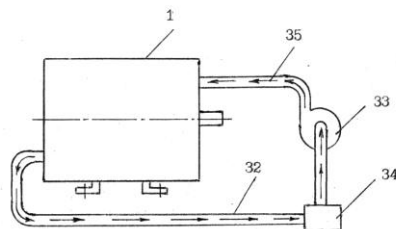
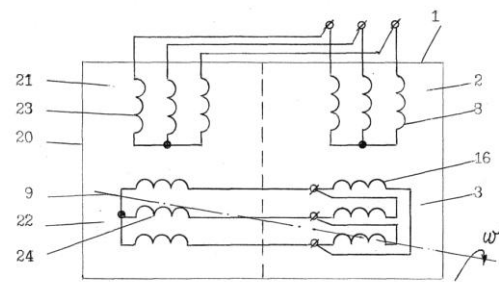
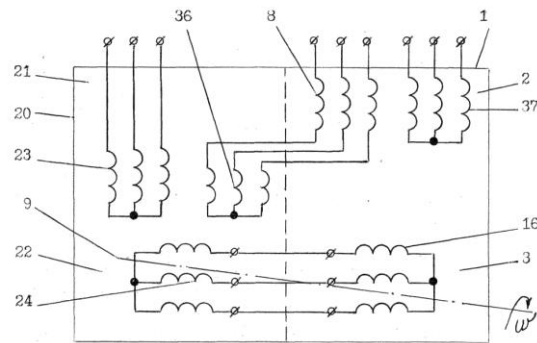


Fig. 6



Фиг. 7



Фиг. 8