



УКРАЇНА

(19) UA (11) 56341 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
H02K 29/00  
H02M 3/22  
H02K 57/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) ЕЛЕКТРОМАШИННИЙ ПІДСИЛЮВАЧ

1

2

(21) u201007924

(22) 24.06.2010

(24) 10.01.2011

(46) 10.01.2011, Бюл.№ 1, 2011 р.

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

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

(57) 1. Електромашинний підсилювач, що містить генератор, який конструктивно поєднаний спільним валом із збудником у вигляді  $m$ -фазної електромашини, обмотка якоря якої виконана багатофазною з числом фаз  $m = 1, 2, 3, \dots, n$ , де  $n$  - будь-яке подальше ціле число, причому  $m$ -фазна обмотка збудження ротора генератора, яка виконана на однакове число фаз  $m$  з  $m$ -фазною обмоткою якоря збудника, має з нею пряме безпосереднє електричне поєднання по симетричній багатофазній незв'язаній системі, який **відрізняється** тим, що електромашинний підсилювач містить станину з підшипниковими щитами і оснащений  $m$ -фазним синхронним збудником та зовнішнім регулятором або напруги, або струму, пакет статора (індуктора)  $m$ -фазного синхронного збудника виконаний переважно шихтованим і здебільшого з явно вираженими полюсами, які оснащені щонайменше двома або більше незалежними обмотками керування або і обмоткою іншого функціонального призначення, пакет статора генератора переважно у внутрішніх своїх пазах оснащений щонайменше силовою обмоткою постійного струму, обмоткою зворотного зв'язку постійного струму або і обмоткою іншого функціонального призначення, при цьому силова обмотка постійного струму та обмотка зворотного зв'язку постійного струму розташовані у внутрішньому просторі пакета статора генератора так, що їх геометрична нейтраль ( $X_1-X_1$ ) в просторі електромашинного підсилювача співпадає з геометричною нейтраллю ( $X-X$ ) різнополярних полюсів статора (індуктора)  $m$ -фазного синхронного збудника, причому обмотка зворотного зв'язку постійного струму статора генератора має електричне поєднання щонайменше з однією із багатьох обмоток керування статора (індуктора)

$m$ -фазного синхронного збудника через зовнішній регулятор або напруги, або струму, при цьому пакет ротора генератора оснащений однією багатофазною або розподільною, або зосередженою обмоткою збудження, причому генератор та його  $m$ -фазний синхронний збудник виконані з однаковим числом пар полюсів згідно з співвідношенням  $P_g = P_{сз}$ , однойменні фазні розподільчі обмотки багатофазної обмотки якоря  $m$ -фазного синхронного збудника розташовані на зовнішній поверхні свого пакета якоря так, що осі симетрії цих трьох фазних обмоток співпадають у просторі генератора з осями симетрії з кожною його однойменною фазною обмоткою збудження  $m$ -фазної обмотки збудження ротора генератора, які розташовані навколо своїх однойменних полюсів, зовнішня поверхня станини оснащена щонайменше однією коробкою виводів для статорних обмоток, причому зовнішній регулятор або напруги, або струму, для обмотки зворотного зв'язку постійного струму статора генератора, розташований або в одній із коробок виводів, або окремим блоком безпосередньо на зовнішній поверхні станини, електромашинний підсилювач оснащений здебільшого різними засобами охолодження в залежності від його потужності, місця розташування та фізичних властивостей навколишнього середовища.

2. Підсилювач за п. 1, який **відрізняється** тим, що генератор конструктивно поєднаний в одній станині з  $m$ -фазним синхронним збудником.

3. Підсилювач за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що пакет ротора генератора виконаний здебільшого шихтованим по формі у вигляді циліндра з не явно вираженими полюсами та з пазами на своїй зовнішній поверхні, які оснащені багатофазною розподільною обмоткою збудження.

4. Підсилювач за будь-яким з пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що пакет ротора генератора виконаний з явно вираженими полюсами, які оснащені фазними зосередженими обмотками збудження.

5. Підсилювач за будь-яким з пп. 1-4, який **відрізняється** тим, що силова обмотка постійного струму та обмотка зворотного зв'язку постійного струму статора генератора виконані або на однакову, або на різну по величині вихідну напругу.

UA (19) 56341 (13) U

6. Підсилювач за будь-яким з пп. 1-5, який **відрізняється** тим, що статор генератора додатково оснащений компенсаційною обмоткою, яка розташована по лінії геометричної нейтралі його обмоток і послідовно поєднана з його силовою обмоткою постійного струму.

7. Підсилювач за будь-яким з пп. 1-6, який **відрізняється** тим, що ланцюг зворотного зв'язку електромашинного підсилювача оснащений регулятором струму у вигляді реостата.

8. Підсилювач за будь-яким з пп. 1-7, який **відрізняється** тим, що статор (індуктор)  $m$ -фазного синхронного збудника додатково оснащений компенсаційною обмоткою, яка розташована по лінії геометричної нейтралі різнополярних його полюсів.

9. Підсилювач за п. 8, який **відрізняється** тим, що електромашинний підсилювач оснащений щонайменше другим регулятором або напруги, або струму.

10. Підсилювач за пп. 8-9, який **відрізняється** тим, що компенсаційна обмотка статора (індуктора)  $m$ -фазного синхронного збудника послідовно поєднана з регулятором струму у вигляді реостата і приєднана до затискачів обмотки зворотного зв'язку постійного струму статора генератора.

11. Підсилювач за будь-яким з пп. 1-10, який **відрізняється** тим, що зовнішня поверхня станини виконана або гладенькою, або ребристою, або хвильовою, або голчатою.

12. Підсилювач за будь-яким з пп. 1-11, який **відрізняється** тим, що споряджений щонайменше одним внутрішнім вентилятором для охолодження.

13. Підсилювач за будь-яким з пп. 1-12, який **відрізняється** тим, що споряджений зовнішнім вентилятором для охолодження, який закріплений на зовнішньому виступаючому другому кінці вала і сам захищений кожухом.

Корисна модель належить до безконтактних електромашинних підсилювачів (ЕМП) з двохступеневим збудженням і може бути застосована в якості генератора або в замкнених системах автоматичного керування електроприводами, або в якості автономного джерела постійного струму в різних галузях промисловості.

В технічній літературі приводяться описи різних типів ЕМП, але це, як правило, описані переважно колекторні електромашинні підсилювачі поперечного та поздовжнього поля постійного струму з двохступеневим збудженням (И.П.Копылов, Электрические машины, М., Энергоатомиздат, 1986, С.332-333, рис. 5.77 - 5.79).

Відомий пристрій (Авт.свідоцтво СРСР №1 368 946, Н02К19/38, 1988, бюл. № 3) являє собою безконтактну самозбуджувану синхронну електромашину з силовим випрямлячем і містить статор з трифазною обмоткою, роторну обмотку збудження, сполучену з випрямлячем, який розміщений на валу машини та трифазний асинхронний збудник з двома статорними та однією роторною обмоткою, яка через випрямляч ротора поєднана з роторною обмоткою збудження синхронної електромашини, дві обмотки підмагнічування пакета статора асинхронного збудника, одна із обмоток підмагнічування включена послідовно в мережу випрямленого струму навантаження генератора, а друга обмотка підключена до виходу регулятора напруги, вимірювальний орган якої підключений до вихідних затискачів вентильного генератора.

Недоліки - дуже нераціональна та ненадійна електромагнітна схема відомого пристрою для отримання випрямленого постійного струму, яка відзначається складним взаємозв'язком багатьох конструктивних частин між собою та сукупністю дій водночас багатьох електромагнітних процесів, які всі разом знижують ефективну роботу пристрою в якості простого та надійного безконтактного електромашинного підсилювача постійного струму.

В якості найближчого аналога до електромашинного підсилювача, що заявляється, обраний пристрій у вигляді безконтактного генератора багатофазного змінного струму (Авт. свідоцтво СРСР № 1 201 969, Н02К19/38, Н02К29/00, 1985, Бюл. № 48), який містить генератор змінного струму, який конструктивно поєднаний спільним валом з трифазним асинхронним збудником, при цьому генератор змінного струму містить трифазну обмотку статора, виконану з числом полюсів  $P_1$ , основну обмотку збудження, розташовану на роторі і приєднану через обертовий випрямляч до затискачів для приєднання трифазної роторної обмотки збудника. Додаткова трифазна обмотка збудження розташована на роторі генератора змінного струму і виконана з числом пар полюсів  $P_2$  і приєднана до зазначених затискачів для приєднання трифазної роторної обмотки збудника. Статорна обмотка збудника приєднана до джерела регульованої частоти, причому дві його обмотки виконані з числом пар полюсів  $P_3$ , а обмотка статора генератора змінного струму приєднана до зовнішнього силового полупровідникового комутатора. Основна обмотка збудження генератора багатофазного змінного струму виконана з числом пар полюсів  $P_2$  і поєднана по схемі розімкнутого трикутника.

Недоліки найближчого аналога - складна електромагнітна схема, яка позбавлена раціональності за рахунок використання багатофазного асинхронного збудника для генератора змінного струму та використання для його збудження одночасно двох обмоток збудження ротора, одна з яких живиться трифазним змінним струмом, а друга - постійним струмом і, внаслідок цього, прототип не здатний працювати в режимі електромашинного підсилювача постійного струму незважаючи навіть на те, що обмотка статора його генератора змінного струму приєднана до силового полупровідникового комутатора. Крім того, силовий полупровідниковий комутатор найближчого аналога обмежує

величину його вихідної потужності, можливість виготовляти його статорну обмотку на високу вихідну напругу, а також одночасно ускладнює його конструкцію та зменшує надійність. Отже, всі ці разом взяті конструктивні недоліки найближчого аналога і унеможливають його широке використання навіть в якості електромашинного підсилювача змінного струму.

В основу корисної моделі поставлена задача створення нового типу безконтактного електромашинного підсилювача постійного струму з двохступеневим збудженням шляхом оснащення відомого пристрою новим типом збудника та зміною типу і числа обмоток на статорі генератора, що забезпечить ефективний процес індуктування постійної електрорушійної сили в обмотках статора генератора без використання при цьому процесу обертового випрямляча на роторі.

За рахунок модернізації відомого пристрою усуваються основні технологічні перешкоди на шляху до виготовлення сучасного безконтактного електромашинного підсилювача постійного струму на велику потужність, на високу вихідну напругу та до широкого його застосування в усіх галузях промисловості в замкнених системах автоматичного керування електроприводами та в якості генератора в автономних електроустановках.

Поставлена задача вирішується тим, що в електромашинному підсилювачі, що містить генератор, який конструктивно поєднаний спільним валом із збудником у вигляді  $m$ -фазної електромашини, обмотка якоря якої виконана багатофазною з числом фаз  $m = 1, 2, 3, \dots, n$ , де  $n$  - будь-яке подальше ціле число, причому  $m$ -фазна обмотка збудження ротора генератора, яка виконана на однакове число фаз  $m$  з  $m$ -фазною обмоткою якоря збудника, має з нею пряме безпосереднє електричне поєднання по симетричній багатофазній незв'язаній системі, згідно з корисною моделлю, електромашинний підсилювач містить станину з підшипниковими щитами і оснащений  $m$ -фазним синхронним збудником та зовнішнім регулятором або напруги, або струму, пакет статора (індуктора)  $m$ -фазного синхронного збудника виконаний переважно шихтованим і здебільшого з явновраженими полюсами, які оснащені щонайменше двома або більше незалежними обмотками керування або і обмоткою іншого функціонального призначення, пакет статора генератора переважно у внутрішніх своїх пазах оснащений щонайменше силовою обмоткою постійного струму, обмоткою зворотного зв'язку постійного струму або і обмоткою іншого функціонального призначення, при цьому силова обмотка постійного струму та обмотка зворотного зв'язку постійного струму розташовані у внутрішньому просторі пакета статора генератора так, що їх геометрична нейтраль ( $X_1-X_1$ ) в просторі електромашинного підсилювача співпадає з геометричною нейтраллю ( $X-X$ ) різнополярних полюсів статора (індуктора)  $m$ -фазного синхронного збудника, причому обмотка зворотного зв'язку постійного струму статора генератора має електричне поєднання щонайменше з однією із багатьох обмоток керування статора (індуктора)  $m$ -фазного синхронного збудника через зовнішній

регулятор або напруги, або струму, при цьому пакет ротора генератора оснащений однією багатофазною або розподільною, або зосередженою обмоткою збудження, причому генератор та його  $m$ -фазний синхронний збудник виконані з однаковим числом пар полюсів згідно співвідношення  $P_g = P_{сз}$ , однойменні фазні розподільчі обмотки багатофазної обмотки якоря  $m$ -фазного синхронного збудника розташовані на зовнішній поверхні свого пакета якоря так, що вісі симетрії цих трьох фазних обмоток співпадають у просторі генератора з вісями симетрії з кожною його однойменною фазною обмоткою збудження  $m$ -фазної обмотки збудження ротора генератора, які розташовані навколо своїх однойменних полюсів, зовнішня поверхня станини оснащена щонайменше однією коробкою виводів для статорних обмоток, причому зовнішній регулятор або напруги, або струму, для обмотки зворотного зв'язку постійного струму статора генератора, розташований або в одній із коробок виводів, або окремим блоком безпосередньо на зовнішній поверхні станини, електромашинний підсилювач оснащений здебільшого різними засобами охолодження в залежності від його потужності, місця розташування та фізичних властивостей навколишнього середовища.

Тут і далі під терміном « $m$ -фазний синхронний збудник» треба мати на увазі звичайну класичну обернену багатофазну синхронну електромашину. в якій обмотки керування (збудження) розташовані на нерухомому пакеті статора (індуктора), а її якірна багатофазна розподільна обмотка розташована в пазах на зовнішній поверхні пакета ротора. Отже, в заявленому електромашинному підсилювачі для його генератора постійного струму синхронний збудник являє собою кероване джерело електричної енергії для живлення його багатофазної обертової обмотки збудження ротора.

Тут і далі під терміном «обмотка керування» синхронного збудника треба завжди мати на увазі одну із багатьох зосереджених, як правило, обмоток збудження (до чотирьох), якими може бути оснащений пакет статора (індуктора)  $m$ -фазного синхронного збудника і які розташовані, як правило, на його явно виражених різнополярних полюсах.

Тут і далі під терміном «обмотка зворотного зв'язку» статора генератора постійного струму, яка відповідно розташована в пазах його пакета, мається на увазі та обмотка, яка задіяна в ланцюжку зворотного від'ємного зв'язку по вихідній величині його напруги і використовується в замкнених системах автоматичного керування електроприводами або в автономних джерелах електроенергії.

Використання багатофазного синхронного генератора змінного струму в якості керованого джерела електроенергії для живлення багатофазної обертової обмотки збудження ротора генератора постійного струму, тобто в якості синхронного збудника замість асинхронного збудника, оснащення статора генератора силовою обмоткою постійного струму, обмоткою зворотного зв'язку постійного струму або і обмоткою іншого функціонального призначення, збудження генератора постійним магнітним полем від однієї багато-

фазної обмотки збудження ротора без використання при цьому обертового випрямляча, оснащення статора (індуктора) синхронного збудника багатьма окремими обмотками керування різного призначення, а також вилучення з електричної схеми електромашинного підсилювача обертового випрямляча та зовнішнього силового полупровідникового комутатора і заміна його на малопотужний зовнішній регулятор або напруги, або струму, який задіяний тільки в ланцюжку зворотного від'ємного зв'язку в системі керування синхронного збудника, веде всі ці запропоновані технічні рішення до очікуваного технічного результату, а саме: стало можливим індукувати якісну електроуршійну силу постійного струму в нерухомих обмотках статора генератора електромашинного підсилювача за рахунок виникнення уніполярного процесу та водночас з великим коефіцієнтом підсилення початкового керованого сигналу і, внаслідок цього, стає можливим ширше використовувати запропонований пристрій в якості безконтактного електромашинного підсилювача постійного струму в замкнених системах автоматичного керування сучасними електроприводами або в якості автономного джерела електроенергії постійного струму із стабілізацією своїх вихідних параметрів в різних галузях промисловості без участі людини.

Крім того, згідно з корисною моделлю, можливе виконання електромашинного підсилювача в якого його генератор конструктивно поєднаний в одній станині з  $m$ -фазним синхронним збудником.

Можливе виконання пакета ротора генератора шихтованим по формі у вигляді циліндра з неявно вираженими полюсами та з пазами на своїй зовнішній поверхні, які оснащені багатофазною розподільною обмоткою збудження.

Можливе виконання пакета ротора генератора з явно вираженими полюсами, які оснащені фазними зосередженими обмотками збудження.

Можливе виконання силової обмотки постійного струму та обмотки зворотного зв'язку постійного струму статора генератора або на однакову, або на різну по величині вихідну напругу.

Можливе виконання генератора в якого статор додатково оснащений компенсаційною обмоткою, яка розташована по лінії геометричної нейтралі його обмоток і послідовно поєднана з його силовою обмоткою постійного струму.

Можливе оснащення ланцюга зворотного зв'язку електромашинного підсилювача регулятором струму у вигляді реостата.

Можливе оснащення статора (індуктора)  $m$ -фазного синхронного збудника додатково компенсаційною обмоткою, яка розташована по лінії геометричної нейтралі його різнополярних полюсів.

Можливе оснащення електромашинного підсилювача другим регулятором або напруги, або струму.

Можливе виконання, при якому компенсаційна обмотка статора (індуктора)  $m$ -фазного синхронного збудника послідовно поєднана з регулятором струму у вигляді реостата і приєднана до затискачів обмотки зворотного зв'язку постійного струму генератора.

Можливе виконання зовнішньої поверхні станини або гладенькою, або ребристою, або хвилястою, або голчатою.

Можливе виконання електромашинного підсилювача принаймні з одним внутрішнім вентилятором для охолодження.

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

Суть корисної моделі пояснюються кресленнями, де зображені:

- на Фіг.1 - заявлений електромашинний підсилювач постійного струму з трифазним виконанням роторних обмоток синхронного збудника та генератора постійного струму (загальний вигляд, поздовжній розріз);

- на Фіг.2 - поперечний переріз електромашинного підсилювача по площині А-А, боковий погляд на внутрішню будову його синхронного збудника (частковий переріз);

- на Фіг.3 - поперечний переріз електромашинного підсилювача по площині Б-Б, боковий погляд на внутрішню будову його генератора постійного струму;

- на Фіг.4 - поперечний переріз ротора генератора постійного струму електромашинного підсилювача по площині В-В, який виконаний з явно вираженими полюсами;

- на Фіг.5 - поперечний переріз електромашинного підсилювача по площині А-А, боковий погляд на внутрішню будову по другому варіанту виконання його синхронного збудника;

- на Фіг.6 - електрична схема електромашинного підсилювача за Фіг.1 з автоматичною стабілізацією його вихідної напруги;

- на Фіг.7 - електрична схема електромашинного підсилювача за Фіг.1 та Фіг.6 в якого його синхронний збудник додатково оснащений компенсаційною обмоткою.

Пояснення до Фіг.1-5;

де  $\omega$  - кутова швидкість вала;

$\phi$  - міжфазовий кутовий зсув фазових обмоток та полюсів збудження ротора генератора постійного струму відносно одне одного;

X-X ( $X_1-X_1$ ) - лінії геометричної нейтралі;

У-У ( $U_1-U_1$ ) - вісі симетрії N(S) магнітна полярність полюсів;

$\Phi$  - магнітний потік;

F - намагнічувальна сила обмоток.

Розглянемо конструкцію заявленого електромашинного підсилювача постійного струму, в якого якір синхронного збудника та ротор генератора постійного струму оснащені трифазними розподільними обмотками, при цьому сам генератор постійного струму та його синхронний збудник конструктивно поєднані разом в одній станині.

Як показано на Фіг.1, Фіг.2 та Фіг.3 електромашинний підсилювач постійного струму 1 містить генератор 2, який конструктивно поєднаний спільним валом 3 та станиною 4 з збудником у вигляді трифазної синхронної електромашини 5 (див. Фіг.2), розподільна обмотка 6 якоря 7 якої виконана трифазною, причому трифазна обмотка збудження 8 ротора 9 генератора 2 має електричне

поєднання з трифазною розподільною обмоткою 6 якоря 7 по симетричній багатофазній незв'язаній системі (див. Фіг.6 та Фіг.7), при цьому електромашинний підсилювач 1 оснащений зовнішнім регулятором струму 10 у вигляді реостата, а станина 4 оснащена підшипниковими щитами 11. Пакет 12 статора (індуктора) 13 трифазного синхронного збудника 5 виконаний шихтованим з явно вираженими різнополярними полюсами 14, які оснащені трьома обмотками керування, а саме: обмоткою завдання 15, обмоткою гнучкого зворотного зв'язку 16 та обмоткою від'ємного зворотного зв'язку 17. Пакет 18 статора 19 генератора 2 у внутрішніх своїх пазах 20 оснащений силовою обмоткою постійного струму 21 та обмоткою від'ємного зворотного зв'язку постійного струму 22, при цьому дві зазначені обмотки 21 та 22 розташовані у внутрішньому просторі пакета 18 статора 19 генератора 2 так, що їх геометрична нейтраль  $X_1-X_1$  в просторі електромашинного підсилювача 1 співпадає з геометричною нейтраллю  $X-X$  різнополярних полюсів 14 статора (індуктора) 13 синхронного збудника 5, причому обмотка зворотного зв'язку постійного струму 22 статора 19 генератора 2 має електричне поєднання з обмоткою від'ємного зворотного зв'язку 17 статора (індуктора) 13 синхронного збудника 5 через регулятор струму 10. Пакет 23 ротора 9 генератора 2 виконаний шихтованим по формі у вигляді циліндра з неявно вираженими полюсами 24 та з пазами 25 на своїй зовнішній поверхні, які оснащені трифазною розподільною обмоткою збудження 8. Генератор 2 та його синхронний збудник 5 виконані з однаковим числом пар полюсів згідно співвідношення  $P_g = P_{сз}$ , при цьому однойменні фазні розподільчі обмотки 26 трифазної обмотки 6 якоря 7 синхронного збудника 5 розташовані в пазах 27 на зовнішній поверхні пакета 28 якоря 7 так, що вісі симетрії цих трьох фазних обмоток 26 співпадають у просторі генератора 2 з вісями симетрії кожною його однойменною фазною обмоткою збудження 29 трифазної обмотки збудження 8 ротора 9 генератора 2, які розташовані навколо своїх однойменних неявно виражених полюсах 24 ротора 9 генератора 2. Із наведених креслень видно, що вісь симетрії (У-У) однієї із фазних обмоток 26 якоря 7 співпадає в просторі з віссю симетрії (У<sub>1</sub>-У<sub>1</sub>) однієї фазної обмотки збудження 29 із складу трифазної обмотки збудження 8 ротора 9 генератора 2 (див.Фіг.2 та Фіг.3). Зовнішня поверхня станини 4 виконана гладенькою і оснащена коробкою виводів 30 для обмоток 15, 16 та 17 статора (індуктора) 13 синхронного збудника 5 та обмоток 21 та 22 статора 19 генератора 2, при цьому регулятор струму 10 також розташований в даній коробці виводів 30. Електромашинний підсилювач 1 оснащений засобами охолодження у вигляді внутрішнього вентилятора 31, який зафіксований на валу 3, та зовнішнім вентилятором 32 для обдування зовнішньої поверхні станини 4, який зафіксований на другому виступаючому за підшипниковий щит 11 кінці вала 3 і який сам при цьому закритий захисним кожухом 33. Крім того, з метою збільшення інтенсивності охолодження електромашинного підсилювача 1 зовнішнім вентилятором 32 зовнішня поверхня станини 4 може бути

виконаною або ребристою, або хвилястою, або голчатою, причому сама станина 4 може бути виготовлена або з магнітного, або з немагнітного матеріалу. В залежності від місця розташування та фізичних властивостей навколишнього середовища електромашинний підсилювач 1 може бути оснащений більш досконалою системою охолодження, наприклад, повністю замкненою системою охолодження в якій охолоджувальний агент ( рідина або газ) повністю ізольований від навколишнього агресивного середовища.

У тому випадку, коли силова обмотка постійного струму 21 статора 19 генератора 2 виконана на високу вихідну напругу, то станина 4 електромашинного підсилювача 1 буде оснащена принаймні двома коробками виводів 30 з яких: одна коробка виводів 30 призначена для закріплення вивідних кінців високовольтної силової обмотки 21, а друга, як правило, призначена для розташування та закріплення вивідних кінців обмоток керування 15, 16 та 17 синхронного збудника 5, обмотки зворотного зв'язку постійного струму 22 генератора 2 та для розміщення, при достатніх умовах, і зовнішнього регулятора струму 10.

При виготовленні потужних електромашинних підсилювачів 1 можливий варіант, при якому генератор 2 конструктивно поєднаний з своїм синхронним збудником 5 тільки спільним валом 1, при цьому кожний із цих пристроїв у цьому випадку буде розташований в своєму окремому корпусі.

Попередня необхідна кількість обмоток керування (до чотирьох або більше) для оснащення статора (індуктора) 13 синхронного збудника 5 визначається на стадії проектування конкретного електромашинного підсилювача 1 в залежності від того, в якій конкретно замкненій системі автоматичного керування електроприводом він буде працювати і які параметри при цьому йому необхідно буде автоматично контролювати.

Кутовий зсув в градусах  $\alpha$  полюсів 24 відносно одне одного на багатофазному роторі 9 генератора 2 та фазних обмоток 26 на якорі 7 синхронного збудника 5 повинен бути однаковим і він залежить від виконання кількості фаз та числа пар полюсів 14 на статорі (індукторі) 13 синхронного збудника 5 та на багатофазному роторі 9 генератора 2 і, таким чином, ця кількість фаз та полюсність у синхронного збудника 5 та генераторі 2 повинні бути однаковою і визначається таким співвідношенням

$$\alpha = \pi / m \cdot p,$$

де  $m$  - число фаз;

$p$  - число пар полюсів.

Крім того, пакет якоря синхронного збудника та пакет ротора генератора можуть бути виконаними суцільними із сучасних магнітних матеріалів, які мають малі марні втрати енергії від струмів Фуко.

Отже, необхідно врахувати той факт, що в генераторах з незалежним збудженням їх потужність збудження складає 1-2% від номінальної потужності генератора і, таким чином, запропонований електромашинний підсилювач постійного струму 1, який складається із двох генераторів, може мати загальний коефіцієнт підсилення  $K_p$  в межах  $2,5 \cdot 10^3 - 10 \cdot 10^3$  і, за рахунок цього, застосований

регулятор струму 10 у вигляді реостата буде мати незначну потужність та незначні габаритні розміри.

На Фіг.2 зображений поперечний розріз трифазного електромашинного підсилювача 1 по площині А-А за Фіг.1. Поперечний переріз наочно показує на внутрішню будову трифазного синхронного збудника 5, який виконаний з однією парою полюсів збудження, при цьому його явно виражені полюси 14 оснащені трьома обмотками керування 15, 16 та 17, а його якір 7 оснащений відповідно трифазною розподільною обмоткою 6, яка служить керованим джерелом електроенергії для роторної трифазної обмотки збудження 8 генератора 2. Із Фіг.2 видно, що одна активна сторона однієї фазної обмотки 26, із складу трифазної обмотки 6 якоря 7, займає кут  $\alpha$  в таких градусах, а саме:

$$\alpha = 180/3 \cdot 1 = 60^\circ.$$

На Фіг.3 зображений боковий погляд на внутрішню будову генератора 2 електромашинного підсилювача 1, в якого пакет 23 ротора 9 виконаний з неявно вираженими полюсами 24 і оснащений в своїх пазах 25 трифазною обмоткою збудження 8. Пакет 18 статора 19 генератора 2 оснащений силовою розподільною обмоткою постійного струму 21, обмоткою зворотного зв'язку постійного струму 22 та компенсаційною обмоткою 34, яка розташована по лінії геометричної нейтралі  $X_1-X_1$  статора 19 генератора 2 і призначена для компенсації негативного впливу магнітного потоку  $\Phi$ , який створюють під час роботи обмотки 21 та 22 статора 19, на магнітний потік  $\Phi$  збудження, який створює його трифазна обмотка збудження 8 ротора 9. Обмотки 21 та 22 розташовані у внутрішньому просторі пакета 18 статора 19 генератора 2 так, щоб одна активна сторона провідників цих обмоток розташовувалася завжди вище лінії геометричної нейтралі  $X_1-X_1$ , а друга активна половина провідників - відповідно нижче лінії геометричної нейтралі  $X_1-X_1$ .

На Фіг.4 зображений другий варіант виконання пакета 23 ротора 9 генератора 2 з явно вираженими полюсами 35, які оснащені трифазною зосередженою обмоткою збудження 8.

На Фіг.5 зображений боковий погляд на внутрішню будову синхронного збудника 5 по другому варіанту його виконання в якого його статор (індуктор) 13 оснащений компенсаційною обмоткою 37, яка розташована на його явно виражених полюсах 14 по лінії його геометричної нейтралі X-X. Компенсаційна обмотка 37 призначена для компенсації негативного впливу магнітного потоку  $\Phi$ , який створює під час роботи трифазна обмотка 6 якоря 7, на магнітний потік  $\Phi$  збудження, який створюють в синхронному збуднику 5 його обмотки керування 15, 16, та 17.

На Фіг.6 зображена електрична схема електромашинного підсилювача 1 за Фіг.1 де показано, що трифазна обмотка 6 якоря 7 синхронного збудника 5 та трифазна обмотка збудження 8 генератора 2 з'єднані між собою пофазно, тобто по симетричній багатofазній незв'язаній системі. Компенсаційна обмотка 34 генератора 2 послідовно поєднана з його силовою обмоткою постійного струму 21, а його обмотка зворотного зв'язку пос-

тійного струму 22 має електричне поєднання з обмоткою від'ємного зворотного зв'язку 17 статора (індуктора) 13 синхронного збудника 5 через регулятор струму 10 у вигляді реостата. Крім того, статор (індуктор) 13 оснащений також обмоткою керування 15 та обмоткою зворотного гнучкого зв'язку 16, при цьому стрілки біля кожної обмотки керування 15, 16 та 17 синхронного збудника 5 показують на напрямок дії їх намагнічуючих сил  $F$  для створення результуючого магнітного потоку  $\Phi$  збудження статором (індуктором) 13 синхронного збудника 5.

На Фіг.7 зображений другий варіант виконання електричної схеми електромашинного підсилювача 1 за Фіг.1 в якого статор (індуктор) 13 синхронного збудника 5 (див.Фіг.5) оснащений компенсаційною обмоткою 37, яка підключена до затисків обмотки зворотного зв'язку постійного струму 22 генератора 2 через другий регулятор струму 38 у вигляді реостата.

Електромашинний підсилювач 1, в ролі автоматичного регулятора своєї вихідної напруги, при умові обертання його ротора зовнішнім двигуном, працює згідно відомого закону електромагнітної індукції.

Отже, як видно з Фіг.1 та приведеної електричної схеми електромашинного підсилювача 1 (див.Фіг.6) при подачі напруги живлення від зовнішнього джерела постійного сірому, яке на кресленні не зображене, на обмотку керування 15 статора (індуктора) 13 синхронного збудника 5 по її провідникам буде протікати постійний струм, який разом з явно вираженими полюсами 14 статора (індуктора) 13 створить постійний магнітний потік  $\Phi$  збудження, тобто магнітний потік  $\Phi$  керування, напрямок його намагнічуючої сили  $F_k$  показаний на Фіг.6 суцільною стрілкою, наприклад, умовно вниз і, за рахунок якого, в трифазній розподільній обмотці 6 якоря 7 буде індукуватися трифазна обертова електрорушійна сила (ЕРС) змінного струму, яка є керованим джерелом електроенергії змінного струму для трифазної обмотки збудження 8 генератора 2, яка розташована на полюсах його ротора 9, а для створення постійного магнітного потоку  $\Phi$  збудження обмоткою збудження 8 генератора 2 її необхідно живити постійним струмом. Отже, запропонованим технічним рішенням обмотку 6 якоря 7 та обмотку збудження 8 генератора 2 спеціально розташували супроти одна одної в просторі електромашинного підсилювача 1 так, щоб вісі симетрії фазних обмоток 26 якоря 7 співпадали у просторі генератора 2 з вісями симетрії кожної його однойменною фазною обмоткою збудження 29 трифазної обмотки збудження 8 ротора 9 генератора 2, які розташовані навколо своїх однойменних неявно виражених полюсах 24 і, внаслідок цього, в кожній зазначеній фазній обмотці 29 трифазної обмотки збудження 8 генератора 2, яка разом із своїми полюсами 24 або 35 описує дугу  $X_1-U_1-X_1$  вище лінії геометричної нейтралі  $X_1-X_1$  генератора 2, то водночас в фазних обмотках збудження 29 буде протікати пульсуючий постійний струм за рахунок того, що в момент перетинання фазними обмотками збудження 29 лінії геометричної нейтралі  $X_1-X_1$  генератора 2 в кожній із цих

фазних обмоток збудження 29 автоматично буде відбуватися зміна напрямку їх струму збудження. Таким чином, у внутрішньому просторі генератора 2 відбувається уніполярний процес взаємодії магнітного потоку збудження  $\Phi$  з провідниками обмоток 21 та 22, при якому кожний провідник обмоток 21 та 22 статора 19 генератора 2 взаємодіє постійно в часі тільки з полюсами однієї магнітної полярності. Отже, сума трьох пульсуючих постійних струмів в окремих фазних обмотках збудження 29 і створює той необхідний та постійний в часі сумарний обертовий магнітний потік  $\Phi$  збудження трифазної обмотки збудження 8 ротора 9 за рахунок якого і відбувається індукування електрорушійної сили (ЕРС) постійного струму в обмотках 21 та 22 статора 19 генератора 2. Таким чином, величина індукованої ЕРС постійного струму в обмотках 21 та 22 напрямку залежить від величини керуючого постійного струму, який протікає в даний час по обмотці керування 15 статора (індуктора) 13 синхронного збудника 5. Для автоматичного підтримування величини вихідної напруги в силовій обмотці постійного струму 21 електромашиного підсилювача 1 і задіяний у ньому для цього ланцюжок від'ємного зворотного зв'язку по вихідній величині напруги його генератора 2, при якому другу обмотку керування 17 синхронного збудника 5 поєднують з обмоткою зворотного зв'язку 22 через реостат 10, який дозволяє виставити необхідну величину струму в обмотці від'ємного зворотного зв'язку 17. Обмотку керування 17 поєднують із своїм джерелом живлення, тобто з обмоткою 22, так, щоб її намагнічуюча сила  $F_{вз}$  була направлена супроти намагнічуючої сили керування  $F_k$ , яку створює обмотка керування 15. Таким чином, результуюча намагнічуюча сила  $F_p$  двох обмоток керування 15 та 17 синхронного збудника 5 і визначає в кінцевому результаті вихідні та стабілізовані параметри електромашиного підсилювача згідно виразу:

$$F_p = F_k - F_{вз}.$$

Отже, при зменшенні вихідної напруги електромашиного підсилювача 1 із-за будь-якої причини водночас автоматично зменшується і величина вихідної напруги в обмотці зворотного зв'язку 21 генератора 2, що призводить одночасно також до автоматичного зменшення величини струму в обмотці від'ємного зворотного зв'язку 17 і, внаслідок цього, також автоматично зменшується і величина її намагнічуючої сили  $F_{вз}$ , яка, як відомо, направлена зустрічно намагнічуючій силі  $F_k$  обмотки керування 15, але, в цей же час, величина керуваного струму збудження в обмотці керування 15 весь час залишається незмінною. Таким чином, в цей же час, автоматично, без участі людини, збільшується результуюча намагнічуюча сила  $F_p$  двох обмоток керування 15 та 17 синхронного збудника 5, що призведе автоматично до збільшення вихідної напруги електромашиного підсилювача 1 до первісного заданого рівня. Аналогічно схема працює зворотно при збільшенні вихідної напруги електромашиного підсилювача 1. Обмотку гнучкого зворотного зв'язку керування 16 синхронного збудника 5 використовують в електроприводах, як правило, з частими реверсами та запусками де вона загальмовує протікання в часі їх перехідні процеси. Компенсаційна обмотка 37 синхронного збудника 5 приєднана до затискачів обмотки зворотного зв'язку 22 тому, що вона являється обмоткою зв'язку по першій похідній струму, який протікає в трифазній обмотці 6 якоря 7.

Таким чином, завдяки наявності від'ємного зворотного зв'язку в системі збудження електромашиного підсилювача 1 його вихідна напруга або струм може автоматично майже весь час утримуватися на заданому рівні незважаючи на постійні різкі зміни його навантаження і, таким чином, завдяки набуття ним нових та якісних ознак, запропонований електромашинний підсилювач постійного струму може бути широко застосованим в різних замкнених системах автоматичного керування електроприводами та в інших енергетичних установках в усіх галузях промисловості.

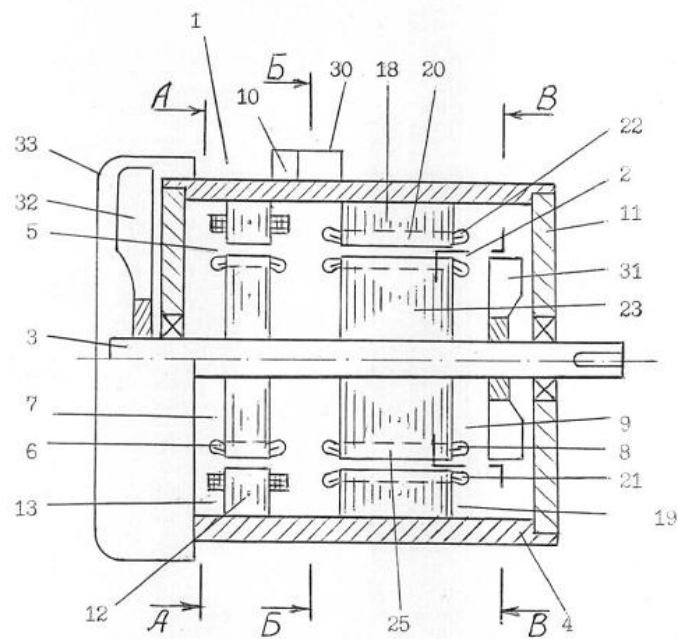


Fig. 1

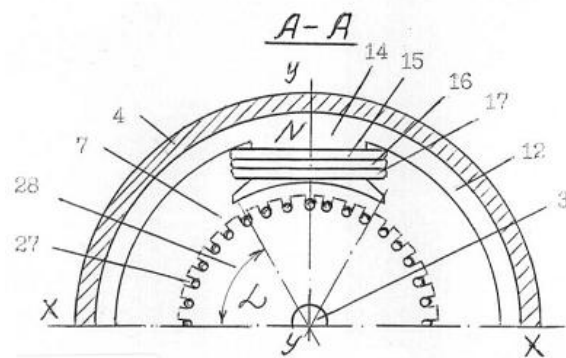


Fig. 2

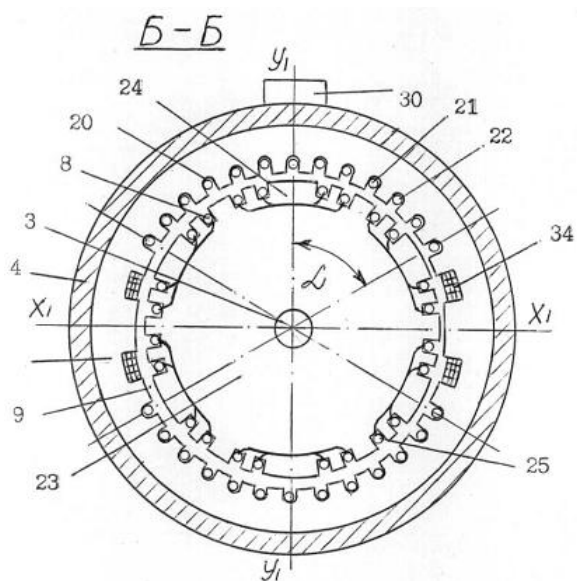


Fig. 3

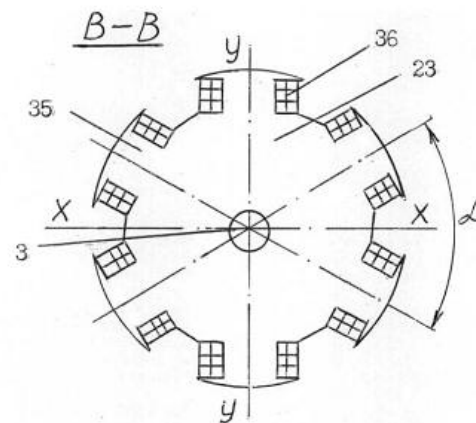


Fig. 4

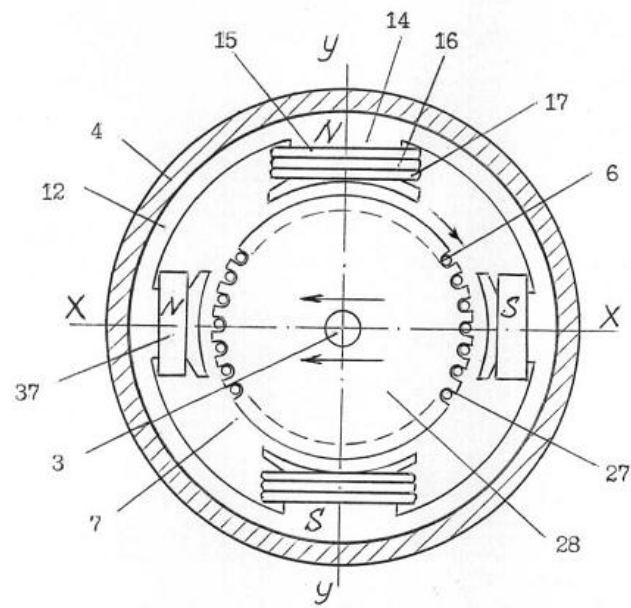


Fig. 5

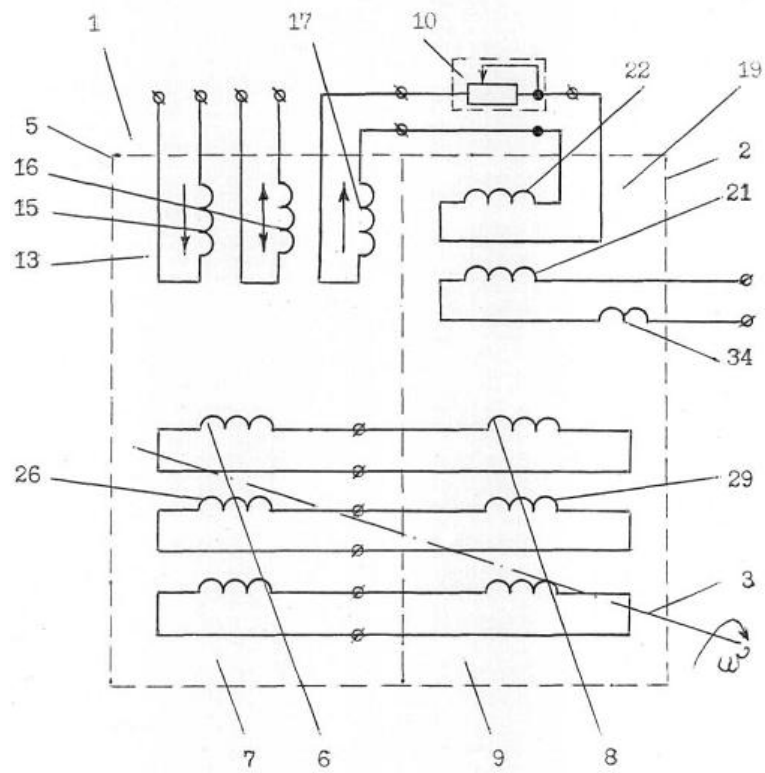
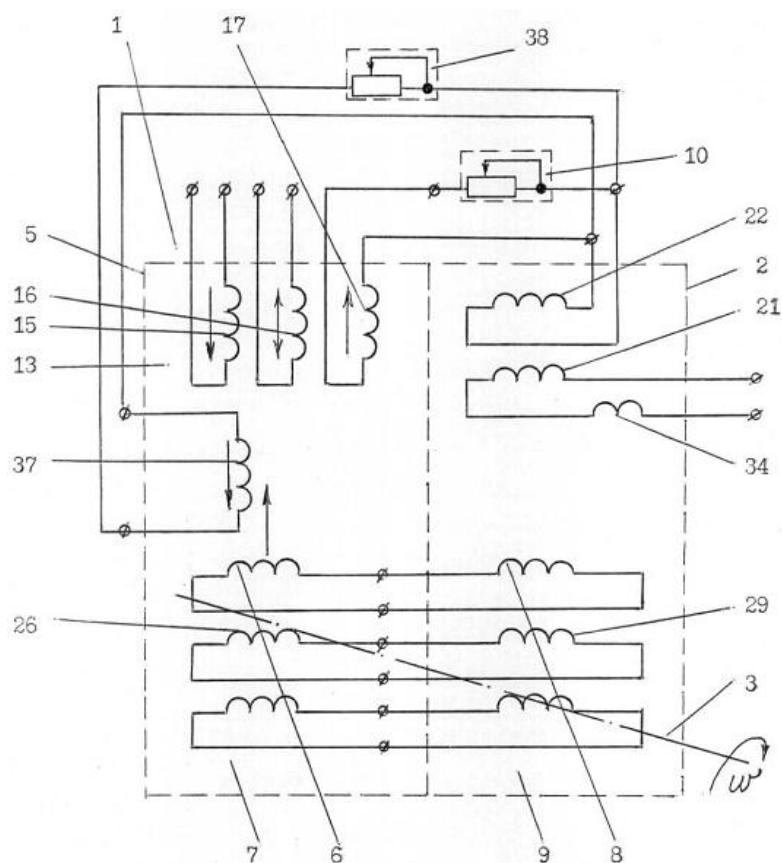


Fig. 6



Фиг. 7