



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 89417

(13) C2

(51) МПК (2009)

H02K 41/025

H02K 44/00

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

(54) ЛІНІЙНА ЕЛЕКТРИЧНА МАШИНА

1

(21) а200802421

(22) 25.02.2008

(24) 25.01.2010

(46) 25.01.2010, Бюл.№ 2, 2010 р.

(72) ОРЛОВ ІГОР ІВАНОВИЧ, ШУЛЯК ВОЛОДИ-  
МИР МИКОЛАЙОВИЧ, БОГАЄНКО МИКОЛА ВО-  
ЛОДИМИРОВИЧ, ЛЯТХЕР ВІКТОР МИХАЙЛОВИЧ,  
RU, ПОПКОВ ВОЛОДИМИР СЕРГІЙОВИЧ(73) ЗАКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "ІН-  
ТЕР-МЕД-ПРОМ"

(56) RU 2275732 C2, 29.04.2004

US 5808381 A, 15.09.1998

UA 29264 U, 10.01.2008

SU 1035746 , 15.08.1983

SU 394892, 23.07.1974

SU 425280, 27.09.1974

SU 884050, 23.11.1981

SU 872427, 18.10.1981

2

(57) Лінійна електрична машина, що має індуктор, виконаний в вигляді плаского магнітопроводу з ярмом і зубцевими зонами, розміщеними по обидві сторони ярма уподовж останнього, в пазах яких змонтована трифазна обмотка, виконана з кільцевих котушок, які охоплюють ярмо, і реактивні шини, розміщені по обидві сторони активних поверхонь індуктора і віддалені від них робочими зазорами, яка **відрізняється** тим, що бокові активні сторони котушок двох фаз обмотки зсунуті паралельно подовжній осі індуктора одна відносно іншої, а пофазно - в зустрічному напрямі; для обмотки з 60-градусною фазною зоною котушки цих фаз розміщені по обидві сторони від котушок третьої фази, а для обмотки з 120-градусною фазною зоною котушки цих фаз можуть бути розміщені за-, перед- та по обидві сторони котушок третьої фази.

Винахід відноситься до галузі електротехніки і може бути використаний в конструкціях лінійних електричних машин як електродвигунів, так і електрогенераторів.

Відома лінійна електрична машина, що має індуктор, виконаний в вигляді плаского магнітопроводу з ярмом і зубцевою зоною, в пазах якої змонтована трифазна обмотка, виконана з кільцевих котушок, які охоплюють ярмо [1].

Недоліком аналогу є неефективне використання обмотки електричної машини, так як лише одна її активна сторона приймає участь у виконанні поставленої задачі: створенні тягового зусилля в режимі електродвигуна чи виробництві електричної енергії в режимі електрогенератора.

В такій електричній машині кожна фаза обмотки займає відносно кінцевих частин індуктора різне положення. Магнітні потоки фаз замикаються по шляхам з різним магнітним опором, що приводить до різних по величині індуктивних опорів. Це спричиняє різні величини струмів в фазах (при роботі в режимі двигуна), або напруг (при роботі в режимі генератора), що негативно впливає на енергетичні показники.

Найбільш наближеним технічним рішенням до пропонованого винаходу за технічною сутністю є лінійна електрична машина, що має індуктор, виконаний в вигляді плаского магнітопроводу з ярмом і зубцевими зонами, розміщеними по обидві сторони ярма уподовж останнього, в пазах яких змонтована трифазна обмотка, виконана з кільцевих котушок, які охоплюють ярмо, і реактивні шини, розміщені по обидві сторони активних поверхонь індуктора і віддалені від них робочими зазорами [2].

В прототипі, на відміну від аналогу, значно краще використовуються котушки обмотки, так як їх обидві активні бокові сторони розміщені в зубцевих зонах індуктора, але, як і в аналогу, за рахунок розміщення котушок фаз обмотки в різних місцях на кінцевих частинах індуктора, виникає асиметрія токів або напруг на виводах електричної машини. Цей фактор підсилюється при роботі за рахунок нерівномірного розподілу індукції по довжині лінійної електричної машини: індукція в робочому зазорі на вході мінімальна і підвищується в напрямі від входу до виходу [3, с.37; 4, с.77-80, 156-159]. Вказане підтверджується результатами випробувань лінійних електричних машин на стен-

(13) C2

(11) 89417

(19) UA

дах [3, с.38; 5, с.53]. Так, асиметрія фазних електрорушійних сил складала біля 5%, а асиметрія фазних струмів досягала до 25% [5]. Асиметрія електричних параметрів шкідливо впливає на роботу лінійної електричної машини. Так, для лінійного електродвигуна асиметрія токів приводить до появи пульсуючих і зворотно-біжучих полів. Це спричиняє появу гальмівних зусиль, додаткових витрат і, як результат цього, зниження енергетичних показників. Для лінійного генератора асиметрія напруг на клеммах, особливо для автономних генераторів, призводить до появи токів нульової і зворотної послідовності, які також знижують енергетичні показники. При паралельній роботі таких генераторів виникають зрівнювальні токи, які приводять до додаткових витрат.

Крім того, виконання лінійної електричної машини зазначеної конструкції не дозволяє використати її в механізмах, у яких реактивні шини, розміщені по обидві сторони активних поверхонь індуктора і віддалені від них робочим зазором, рухаються в різних напрямках. Це стосується механізмів млинів, змішувачів, вітрових і підводних електростанцій з ортогональними роторами, в яких за рахунок зустрічно-обертальних рухів значно зменшено механічні навантаження на елементи конструкцій.

В основу винаходу поставлена мета розширення функціональних можливостей лінійної електричної машини і поліпшення енергетичних показників.

Поставлена мета досягається тим, що в лінійній електричній машині, що має індуктор, виконаний в вигляді плаского магнітопроводу з ярмом і зубцевими зонами, розміщеними по обидві сторони ярма уподовж останнього, в пазах яких змонтована трифазна обмотка, виконана з кільцевих котушок, які охоплюють ярмо, і реактивні шини, розміщені по обидві сторони активних поверхонь індуктора і віддалені від них робочими зазорами, бокові активні сторони котушок двох фаз обмотки зсунуті паралельно подовжній осі індуктора одна відносно другої, а пофазно - в зустрічному напрямі; для обмотки з 60-градусною фазною зоною котушки цих фаз розміщені по обидві сторони від котушок третьої фази, а для обмотки з 120-градусною фазною зоною котушки цих фаз можуть бути розміщені за-, перед- та по обидві сторони котушок третьої фази.

В порівнянні з прототипом запропонована лінійна електрична машина відрізняється наявністю таких ознак:

бокові активні сторони котушок зсунуті одна відносно другої;

бокові активні сторони зсунуті в котушках двох фаз обмотки;

бокові активні сторони котушок зсунуті паралельно подовжній осі індуктора;

бокові активні сторони котушок двох фаз зсунуті пофазно в зустрічному напрямі;

для обмотки з 60-градусною фазною зоною котушки двох фаз з зсунутими активними сторонами розміщені по обидві сторони від котушок третьої фази;

для обмотки з 120-градусною фазною зоною котушки двох фаз з зсунутими активними сторонами розміщені:

за котушками третьої фази;

перед котушками третьої фази;

по обидві сторони котушок третьої фази.

Всі вищезгадані ознаки окремо і в сукупності забезпечують досягнення поставленої мети.

Суть винаходу пояснюється кресленнями. На Фіг.1 показано загальний вигляд лінійної електричної машини, яка має обмотку з 60-градусною фазною зоною; на Фіг.2 - те ж з обмоткою, що має 120-градусну фазну зону і розміщення котушок двох фаз з зсунутими активними сторонами за котушками третьої фази; на Фіг.3 - те ж з розміщення котушок двох фаз з зсунутими активними сторонами перед котушками третьої фази; на Фіг.4 - те ж розміщення котушок двох фаз з зсунутими активними сторонами по обидві сторони котушок третьої фази; на Фіг.5 - схема електрична принципова обмотки лінійної електричної машини з 60-градусною фазною зоною; на Фіг.6 - схема електрична принципова фази А обмотки за Фіг.5; на Фіг.7 - те ж фази В; на Фіг.8 - те ж фази С; на Фіг.9 - розподіл індукції в робочих зазорах по довжині індуктора.

Лінійна електрична машина має індуктор 1, виконаний в вигляді плаского магнітопроводу 2 з ярмом 3 і зубцевими зонами: верхньою 4 і нижньою 5, які розміщені по обидві сторони уподовж ярма 3. Зубцеві зони 4 і 5 мають пази 6, в яких змонтована 3-фазна обмотка. На Фіг. 5-8 пази верхньої зубцевої зони 4 позначені  $1\div 12$ , а пази нижньої зубцевої зони 5 -  $1'\div 12'$ . Обмотка виконана в вигляді кільцевих котушок, які охоплюють ярмо 3. По обидві сторони зубцевих зон 4 і 5, тобто активних поверхонь індуктора, розміщені реактивні шини: РШ-1 - поз. 7 і РШ-2 - поз. 8. Реактивна шина 7 віддалена від зубцевої зони 4 робочим зазором  $\delta_1$  а реактивна шина 8 - робочим зазором  $\delta_2$ .

Трифазна обмотка виконана таким чином, що бокові активні сторони котушок двох фаз зсунуті паралельно подовжній осі індуктора одна відносно другої. Це показано на Фіг.1-7. При цьому, зсув активних сторін однієї з двох фаз виконаний в одному напрямі, а пофазно - в зустрічних напрямках (Фіг.6, 7). Третя фаза виконана, як і в аналогу, без зсуву бокових активних сторін котушок і її активні сторони розміщені в протилежних відносно подовжньої осі індуктора пазах (Фіг.8).

Трифазна обмотка може бути виконана як з 60-градусно фазною зоною (Фіг.1,5), так і з 120-градусною фазною зоною (Фіг.2, 3, 4, 6, 7, 8).

Для обмотки з 60-градусною фазною зоною котушки двох фаз з зсунутими активними сторонами розміщені по обидві сторони від котушок третьої фази.

Для обмотки з 120-градусною фазною зоною котушки двох фаз з зсунутими активними сторонами можуть бути розміщені за-, перед- та по обидві сторони котушок третьої фази.

Виконання активних сторін котушок двох фаз з зсувом і розміщення цих котушок відносно котушок третьої фази, як попередньо це вказано, дозволяє одержати біжучі магнітні поля в робочих зазорах  $\delta_1$

і  $\delta_2$ , які мають протилежний напрям. Це видно з чергування фазних зон для верхньої і нижньої зубцевих зон (Фіг.1-5). Одержання лінійної електричної машини з реактивними шинами, що мають протилежний напрям руху, значно розширює її функціональні можливості.

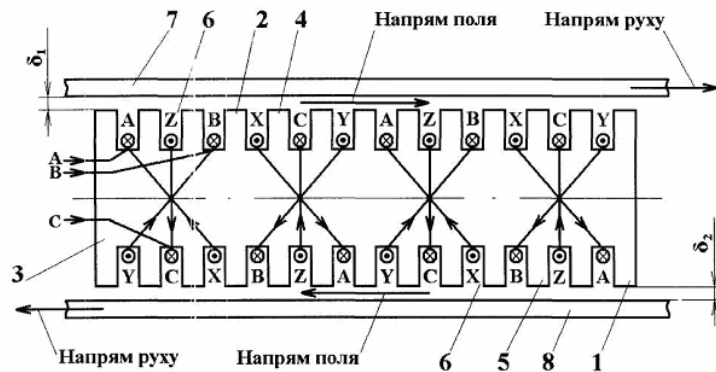
За рахунок того, що в запропонованій лінійній електричній машині реактивні шини мають протилежний напрям руху, індукція  $B_{\delta_1}$  і  $B_{\delta_2}$  в робочих зазорах  $\delta_1$  і  $\delta_2$  по довжині  $L$  індуктора 1 матиме різні значення. Так, для верхньої зубцевої зони вхід реактивної шини в зону дії індуктора приводить до зменшення індукції  $B_{\delta_1}$  і відновлення її величини до номінального значення  $B_{\delta_n}$  в напрямку до виходу. В цей час для нижньої зубцевої зони зміна індукції  $B_{\delta_2}$  в робочому зазорі  $\delta_2$  має протилежні для робочого зазору  $\delta_1$  значення (Фіг.9). Вхід для верхньої зубцевої зони є виходом для нижньої зубцевої зони, а вихід - входом. Так як обмотка індуктора є спільною, а активні сторони кожної з котушок фаз розміщені в зоні дії як  $B_{\delta_1}$ , так і  $B_{\delta_2}$  одночасно, то це приводить до вирівня-

ня по величині наведених в фазах токів (режим двигуна), або електрорушійних сил (режим генератора). Зменшення асиметрії покращує енергетичні показники електричної машини.

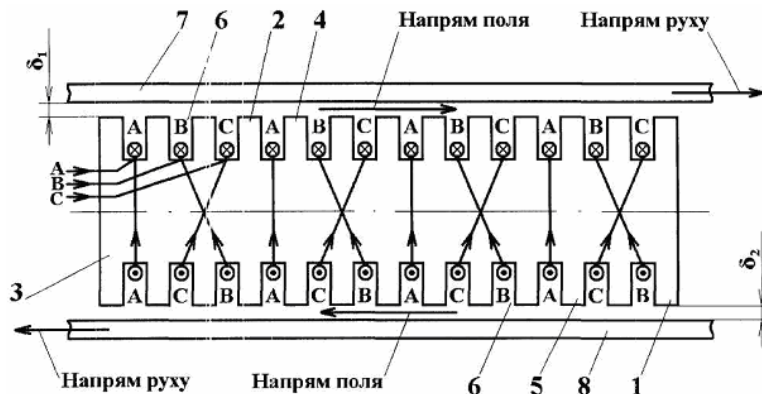
Конструкція запропонованої лінійної електричної машини випробувана і дала позитивний ефект у складі лінійного електрогенератора для гідроагрегата.

Бібліографічні дані джерел інформації:

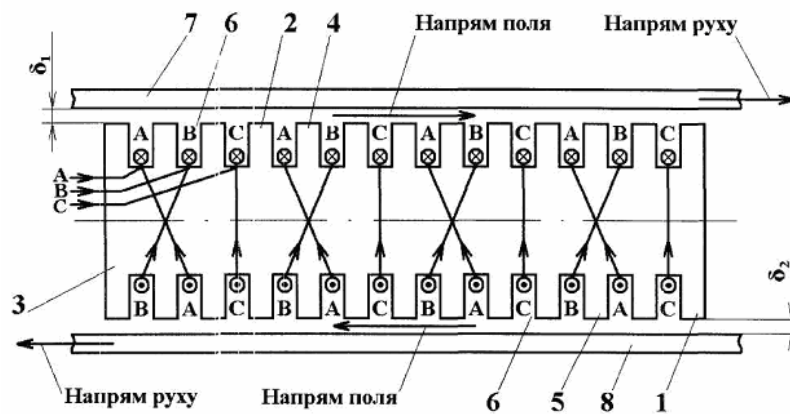
1. Авторське свідоцтво СРСР №884050 кл. Н 02 К 41/02, 1981.
2. Авторське свідоцтво СРСР №872427 кл. В 66 В 13/06, 1981.
3. Фридкин П.А. Безредукторный дугостаторный электропривод. -Л.: Энергия, 1970. - 139с.
4. Ямамура С. Теория линейных асинхронных двигателей: Пер. с англ. -Л.: Энергоиздат Ленингр. отделение, 1983. - 180с, ил.
5. К.А. Быков, А.И. Вишникин, В.В. Савельев. Особенности испытаний асинхронных двигателей с развернутым статором и их технико-экономические показатели «Разработка и внедрение линейных электродвигателей в народном хозяйстве», -К.: Укр. НИИТИ, 1968, 40-59.



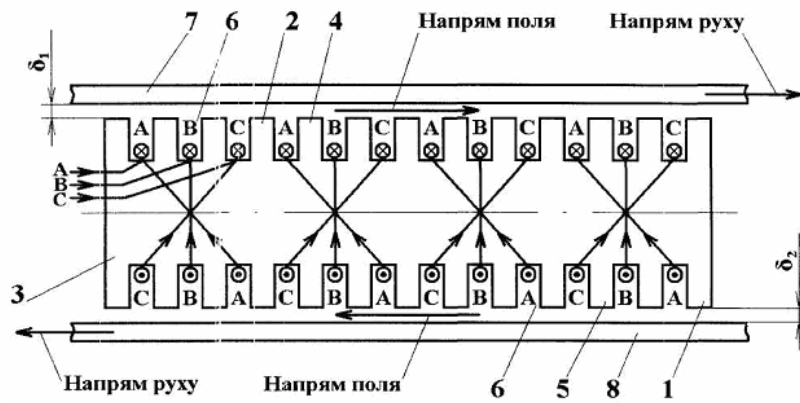
Фіг. 1



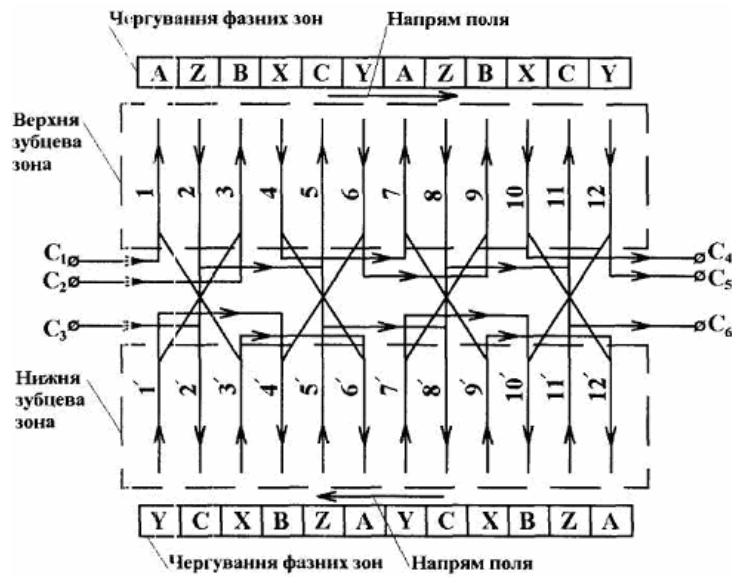
Фіг. 2



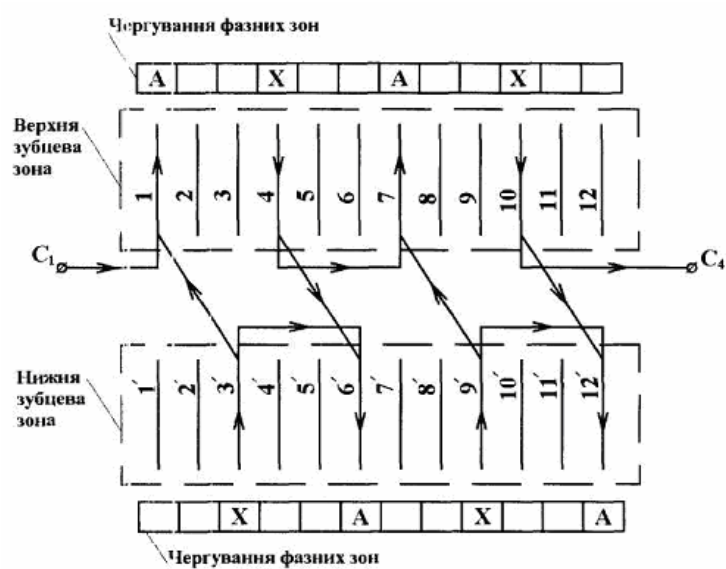
Фиг. 3



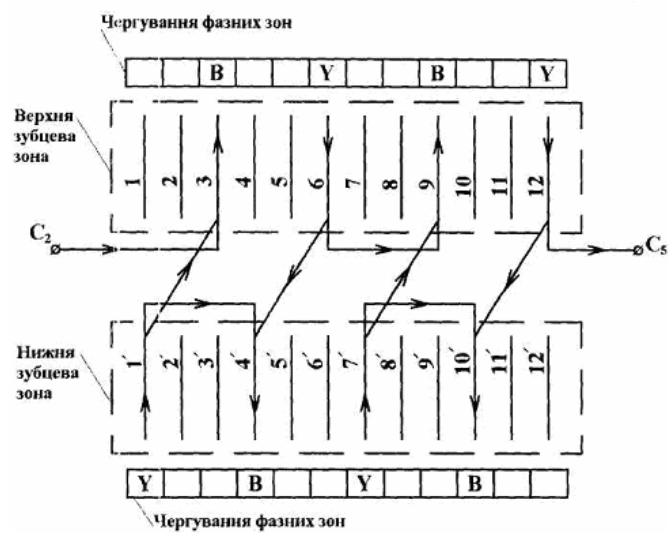
Фиг. 4



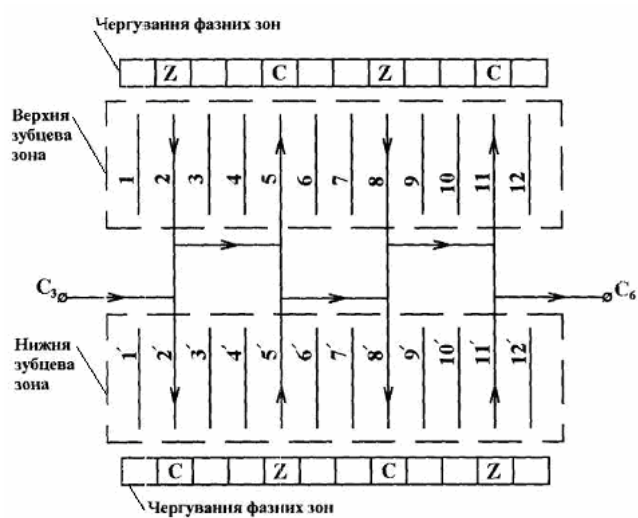
Фиг. 5



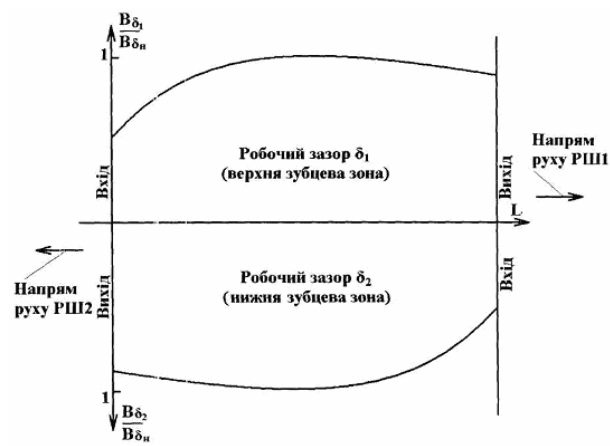
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фіг. 9