



УКРАЇНА

(19) UA (11) 51823 (13) C2

(51) 6 H01F27/32, H02K3/30

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

(54) ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ПРИСТРІЙ

1

(21) 2000052981
(22) 29 09 1998
(24) 16 12 2002
(86) PCT/SE98/01733, 29 09 1998
(31) 9704392-1
(32) 26 11 1997
(33) SE
(46) 16 12 2002, Бюл. № 12, 2002 р
(72) Лейджон Матс, SE
(73) АББ АБ, SE
(56) Патент США №5 036 185
(57) 1 Електромагнітний пристрій, який містить, принаймні, одне магнітне коло (1) та, принаймні, одне електричне коло (2, 3), що включає, принаймні, одну обмотку (4, 5), причому магнітне та електричне кола індуктивно зв'язані між собою, а пристрій містить схему управління (7) його роботою, який відрізняється тим, що схема управління (7) призначена для регулювання частоти, амплітуди і/або фази електричної потужності на вході/виході пристрою, для чого схема управління має засоби (9) регулювання магнітного потоку в магнітному колі, що зазначена, принаймні, одна обмотка (4, 5) або, принаймні, її частина містить, принаймні, один провідник (42), який має ізоляційну систему, що включає електричну ізоляцію (44), утворену твердим ізоляційним матеріалом та, всередині нього, внутрішній шар (43), так що зазначений, принаймні, один провідник (42) розташований всередині внутрішнього шару (43), і внутрішній шар має електропровідність, меншу від електропровідності провідника, але достатню для того, щоб внутрішній шар (43) забезпечував вирівнювання електричного поля ззовні внутрішнього шару
2 Пристрій за п 1, який відрізняється тим, що засоби управління включають, принаймні, одну керуючу обмотку (9), індуктивно зв'язану з магнітним колом
3 Пристрій за п 1 або 2, який відрізняється тим, що схема управління (7) призначена для регулювання магнітного опору магнітного кола
4 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який відрізняється тим, що схема управління додає складову магнітного потоку до магнітного потоку в магнітному колі
5 Пристрій за п, 3, який відрізняється тим, що в магнітному колі застосовується матеріал з

2

магнітною проникністю вище 1, та схема управління (7) регулює магнітний опір магнітного кола, змінюючи магнітну проникність однієї чи кількох ділянок магнітного кола, що мають змінну магнітну проникність
6 Пристрій за п 5, який відрізняється тим, що ділянка чи ділянки, що мають змінну магнітну проникність, включають один чи кілька зазорів у магнітному колі
7 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який відрізняється тим, що магнітне коло не містить магнітного сердечника
8 Пристрій за будь-яким з пп 1-6, який відрізняється тим, що обмотку намотано без магнітного сердечника (6)
9 Пристрій за п 2 або одним чи кількома іншими пунктами, який відрізняється тим, що керуюча обмотка (9) та обмотка (4, 5) електричного кола розташовані так, що по них проходить, по суті, той самий магнітний потік
10 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який відрізняється тим, що він являє собою реактор, який забезпечує регулювання, за допомогою зазначеної, принаймні, однієї керуючої обмотки, частоти, амплітуди і/або фази електричної потужності в обмотці (4, 5) електричного кола
11 Пристрій за будь-яким з пп 1-8 або 10, який відрізняється тим, що електричне коло (2) містить, принаймні, дві обмотки (23, 24), з'єднані послідовно, і магнітне коло має, принаймні, два різні шляхи магнітного потоку (18, 19), а зазначена, принаймні, одна керуюча обмотка забезпечує регулювання магнітного потоку, так що він протікає одним чи обома зазначеними шляхами, і названі дві обмотки електричного кола розташовані таким чином, що одна з них може виключатись з магнітного потоку за допомогою зазначеної, принаймні, однієї керуючої обмотки
12 Пристрій за будь-яким з пп 1-9 або 11, який відрізняється тим, що магнітне коло розташоване у статорі або роторі обертової електричної машини
13 Пристрій за будь-яким з пп 1-9, який відрізняється тим, що магнітне коло (1) виконане у трансформаторі, який має первинну та вторинну обмотки (4, 5), і первинна, вторинна обмотки та керуюча обмотка (9) розташовані так, щоб через них проходив той самий магнітний потік

(13) C2

(11) 51823

(19) UA

14 Пристрій за будь-яким з пп 1-8, який **відрізняється** тим, що вторинна обмотка трансформатора включає, принаймні, дві обмоткові частини, з'єднані послідовно, магнітне коло включає, принаймні, два різні шляхи магнітного потоку (18, 19), і, принаймні, дві наявні керуючі обмотки (9b1, 9b2, 9c1, 9c2) управляють магнітним потоком так, щоб він проходив одним чи обома зазначеними шляхами, а дві частини вторинної обмотки розташовані так, що одна з них може виключатись з магнітного потоку за допомогою зазначених керуючих обмоток

15 Пристрій за будь-яким з пп 11 та 14, який **відрізняється** тим, що містить магнітний сердечник, який має, принаймні, три стрижні, з'єднані паралельно, і два з зазначених стрижнів належать до різних шляхів магнітного потоку, а третій є спільним для названих двох шляхів магнітного потоку

16 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що ізоляційна система ззовні ізоляції включає зовнішній шар (45), який має електропровідність, більшу від електропровідності ізоляції, щоб забезпечити виконання зазначеним зовнішнім шаром, шляхом його заземлення чи підключення до іншого відносно низького потенціалу, функції вирівнювання потенціалу

17 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що зовнішній шар, по суті, забезпечує поміщення електричного поля, що виникає внаслідок наявності зазначеного електричного провідника (42), всередині названого зовнішнього шару (45)

18 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що внутрішній шар (43) та тверда ізоляція мають, по суті, однакові теплові властивості

19 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що зовнішній шар (45) та тверда ізоляція мають, по суті, однакові теплові властивості

20 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що, принаймні, один провідник (42) утворює, принаймні, один індуктивний виток

21 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що внутрішній і/або зовнішній шар (43, 45) складається з напівпровідникового матеріалу

22 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що внутрішній шар (43) і/або зовнішній шар (45) має питомий опір в діапазоні 10^6 Ом · см - 100 кОм · см, прийнятно 10^3 - 1000 Ом · см, більш прийнятно 1-500 Ом · см

23 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що внутрішній шар (43) і/або зовнішній шар (55) має опір, який на 1 метр довжини провідника/ізоляційної системи становить величину в діапазоні 50 мкОм - 5 МОм

24 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що тверда ізоляція (44), внутрішній шар (43) і/або зовнішній шар (45) виконані з полімерних матеріалів

25 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що внутрішній шар (43) і/або зовнішній шар (45) та тверда ізоляція (44) жорстко зв'язані один з одним, по суті, по всій поверхні їх контакту, так щоб гарантувати їх контакт при згинанні і зміні температури

26 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що тверда ізоляція та внутрішній шар і/або зовнішній шар виготовлені з високоеластичних матеріалів для підтримання взаємного зчеплення на жилах провідників під час роботи

27 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що тверда ізоляція та внутрішній шар і/або зовнішній шар виготовлені з матеріалів, які мають, по суті, однаковий модуль пружності

28 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що внутрішній шар (43) і/або зовнішній шар (45) та тверда ізоляція (44) виготовлені з матеріалів, які мають, по суті, однакові коефіцієнти теплового розширення

29 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що провідник (42) та його ізоляційна система складають обмотку, утворену гнучким кабелем (41)

30 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що внутрішній шар (43) перебуває в електричному контакті з, принаймні, одним провідником (42)

31 Пристрій за п 30, який **відрізняється** тим, що зазначений, принаймні, один електричний провідник (42) містить ряд жил, причому, принаймні, одна жила електричного провідника (42), принаймні, частково не ізольована та перебуває в електричному контакті з внутрішнім шаром (43)

32 Пристрій за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що провідник (42) та його ізоляційна система призначені для високої напруги, прийнятно понад 10 кВ, зокрема понад 36 кВ і, більш прийнятно, понад 72,5 кВ

33 Пристрій за п 12, який **відрізняється** тим, що магнітне коло включає один чи кілька магнітних сердечників (48) з пазами (50) для обмотки (41)

34 Пристрій за будь-яким з пп 12 та 32-33, який **відрізняється** тим, що він являє собою генератор, двигун або синхронний компенсатор

35 Пристрій за будь-яким з пп 12 та 33-34, який **відрізняється** тим, що він прямо підключається до високовольтної енергомережі з напругою, прийнятно 36 кВ і більше, без проміжного трансформатора

36 Пристрій за будь-яким з пп 1-11 та 13-32, який **відрізняється** тим, що він являє собою силовий трансформатор/реактор

Даний винахід стосується електромагнітного пристрою, який включає в себе, принаймні, одне

магнітне коло та, принаймні, одне електричне коло, що включає, принаймні, одну обмотку, магнітне

та електричне кола є індуктивне зв'язаними, і зазначений пристрій включає схему управління, призначену для керування роботою пристрою

Цей електромагнітний пристрій може використовуватись в будь-якій електротехнічній схемі. Він може працювати в діапазоні потужностей від ВА до 1000МВА. Пристрій призначений, у першу чергу, для високовольтних застосувань, аж до найвищих напруг, що передаються нині.

Згідно з першим аспектом винаходу, розглядається обертова електрична машина. Такі електричні машини включають синхронні машини, які використовуються, в основному, в якості генераторів у схемах розподільних і передавальних мереж, що називаються нижче енергомережами або енергосистемами. Синхронні машини використовуються також в якості двигунів, а також для фазової компенсації і регулювання напруги при застосуванні їх в якості механічних машин холостого ходу. Такі машини належать до галузі техніки, що охоплює машини з подвійним живленням, асинхронні конвертерні каскади, машини з явними полюсами, машини з синхронними магнітними потоками й асинхронні машини.

Згідно з другим аспектом винаходу, електромагнітний пристрій утворений силовим трансформатором або реактором. Трансформатори використовують в усіх системах розподілу та передачі електроенергії, і вони служать для обміну електроенергією між двома чи більше енергосистемами, для чого застосовується добре відома електромагнітна індукція. Трансформатори, які стосуються даного винаходу, належать до класу так званих силових трансформаторів з номінальною потужністю від кількох сотень кВА до більше 1000МВА та номінальною напругою від 3-4кВ до дуже високих передаваних напруг - від 400кВ до 800кВ або вище.

Хоча поданий нижче опис існуючого рівня техніки, що має відношення до другого аспекту винаходу, стосується силових трансформаторів, даний винахід також є застосовним до добре відомих реакторів, які можуть бути однофазними або трифазними. Щодо ізоляції й охолодження реакторів - вони такі самі, як і для трансформаторів. Таким чином, винахід є застосовним до ізольованих від повітря та масла, самоохолоджуваним, охолоджуваним маслом під тиском, тощо реакторам. Хоча реактори мають одну обмотку (на фазу) і можуть бути з магнітним сердечником або без нього, опис рівня техніки, проте, великою мірою стосується і реакторів.

Принаймні, одна обмотка електричного кола може бути в деяких прикладах втілення без магнітного сердечника, але, як правило, воно містить магнітний сердечник з пакета звичайних або орієнтованих пластин чи з іншого, наприклад, аморфного або на основі порошку матеріалу, що забезпечує змінний магнітний потік, та обмотку. Трансформатор на основі такого кола часто забезпечується якоюсь охолодною системою. У випадку обертової електричної машини обмотка може знаходитись у статорі чи роторі, або і там, і там.

Найбільш близьким до пропонованого винаходу за технічною суттю є електромагнітний при-

стрій, який містить, принаймні, одне магнітне коло та, принаймні, одне електричне коло, що включає, принаймні, одну обмотку, причому магнітне та електричне кола індуктивно зв'язані між собою, а пристрій забезпечений схемою управління його роботою [US 5036165 A (RICHARD K. ELTON ET AL), IPC 6 H01F, H02K 30 07 1991].

Проблема, пов'язана з відомими втіленнями електромагнітних пристроїв зазначеної вище конструкції полягає в тому, що в них або відносно важко забезпечити ефективний контроль над певним спектром параметрів, або ж схеми контролю виявляються відносно дорогими. У цьому зв'язку підкреслюється, що в техніці генераторів контроль над робочими параметрами здійснюється через обмотку збудження. Якщо ротор включає електромагніти, таку обмотку збудження розміщують на роторі. При цьому недоліками є більш дороге втілення і важке управління. У випадку ротора з використанням постійного магніту проблема виникає в зв'язку з тим, що регулювання збудження є практично неможливим. Все це, звичайно, ускладнює управління взагалі і, зокрема, точне регулювання.

Ще однією проблемою існуючого рівня техніки, в тому числі і описаного пристрою, є те, що звичайна техніка намотування робить обмотки дорогими. Відомі варіанти втілення також супроводжуються значними втратами енергії і обмеженнями щодо місця розташування обмоток у магнітному колі.

В основу пропонованого винаходу поставлена задача розробки такого електромагнітного пристрою, який би мав покращені можливості щодо управління його роботою. Ще однією задачею винаходу є створення кращих умов для раціонального виготовлення обмоток та їх монтажу. Поставлені задачі вирішуються за рахунок забезпеченням схеми управління засобами для регулювання частоти, амплітуди та/або фази залежно від електричної потужності на вході/виході пристрою. При цьому схема управління включає засоби управління магнітним потоком у магнітному колі. Пропонований винахід ґрунтується на ідеї використання прямого впливу (шляхом управління потоком) на магнітний потік у магнітному колі у бажаний спосіб, таким чином, щоб мати змогу управляти роботою пристрою. Це забезпечує дуже раціональний і ефективний з точки зору витрат варіант втілення та, крім того, збільшує можливості управління для досягнення оптимальної роботи.

Поставлена задача вирішується у пропонованому винаході, який, як і відомий електромагнітний пристрій, який містить, принаймні, одне магнітне коло та, принаймні, одне електричне коло, що включає, принаймні, одну обмотку, причому магнітне та електричне кола індуктивно зв'язані між собою, та зазначений пристрій містить схему управління, призначену для управління роботою пристрою, а, відповідно до винаходу, схема управління призначена для регулювання частоти, амплітуди і/або фази електричної потужності на вході/виході пристрою, для чого схема управління має засоби регулювання магнітного потоку в магнітному колі, що зазначена, принаймні, одна обмотка або, принаймні, її частина містить, принаймні, один провідник, який має ізоляційну систему, що

включає електричну ізоляцію, утворену твердим ізоляційним матеріалом та, всередині його, внутрішній шар, так що зазначений, принаймні, один провідник розташований всередині внутрішнього шару, і внутрішній шар має електропровідність, меншу від провідника, але достатню для того, щоб внутрішній шар забезпечував вирівнювання електричного поля зовні внутрішнього шару

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що засоби управління включають, принаймні, одну керуючу обмотку, індуктивне зв'язану з магнітним колом

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що схема управління призначена для регулювання магнітного опору магнітного кола

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що схема управління додає складову магнітного потоку до магнітного потоку в магнітному колі

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що в магнітному колі застосовується матеріал з магнітною проникністю вище 1, та схема управління регулює магнітний опір магнітного кола, змінюючи магнітну проникність однієї чи кількох ділянок магнітного кола, що мають змінну магнітну проникність

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що ділянка чи ділянки, що мають змінну магнітну проникність, включають один чи кілька зазорів у магнітному колі

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що магнітне коло не містить магнітного сердечника

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що обмотку намотано без магнітного сердечника

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що керуюча обмотка та обмотка електричного кола розташовані так, що по ним проходить, по суті, той самий магнітний потік

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що він являє собою реактор, який забезпечує регулювання, за допомогою зазначеної, принаймні, однієї керуючої обмотки, частоти, амплітуди і/або фази електричної потужності в обмотці електричного кола

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що електричне коло містить, принаймні, дві обмотки, з'єднані послідовно, і магнітне коло має, принаймні, два різні шляхи магнітного потоку, а зазначена, принаймні, одна керуюча обмотка забезпечує регулювання магнітного потоку, так що він протікає одним чи обома зазначеними шляхами, і названі дві обмотки електричного кола розташовані таким чином, що одна з них може виключатись з магнітного потоку за допомогою зазначеної, принаймні, однієї керуючої обмотки

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що магнітне коло розташоване у статорі або роторі обертової електричної машини

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що магнітне коло виконане у трансформаторі, який має первинну та вторинну обмотки, і первинна, вторинна обмотки та керуюча обмотка розташовані так, щоб через них проходив той самий магнітний потік

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що вторинна обмотка трансформатора включає,

принаймні, дві обмоткові частини, з'єднані послідовно, магнітне коло включає, принаймні, два різні шляхи магнітного потоку, і, принаймні, дві наявні керуючі обмотки управляють магнітним потоком, так, щоб він проходив одним чи обома зазначеними шляхами, а дві частини вторинної обмотки розташовані так, що одна з них може виключатись з магнітного потоку за допомогою зазначених керуючих обмоток

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що містить магнітний сердечник, який має, принаймні, три стрижні, з'єднані паралельно, і два з зазначених стрижнів належать до різних шляхів магнітного потоку, а третій - є спільним для названих двох шляхів магнітного потоку

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що ізоляційна система зовні ізоляції включає зовнішній шар, який має електропровідність, більшу від ізоляції, щоб забезпечити виконання зазначеним зовнішнім шаром, шляхом його заземлення чи підключення до іншого відносно низького потенціалу, функції вирівнювання потенціалу

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що зовнішній шар, по суті, забезпечує заключення електричного поля, що виникає внаслідок наявності зазначеного електричного провідника, всередині названого зовнішнього шару

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що внутрішній шар та тверда ізоляція мають, по суті, однакові теплові властивості

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що зовнішній шар та тверда ізоляція мають, по суті, однакові теплові властивості

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що принаймні, один провідник утворює, принаймні, один індуктивний виток

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що внутрішній і/або зовнішній шар складається з напівпровідникового матеріалу

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що внутрішній шар і/або зовнішній шар має питомий опір в діапазоні 10^6 Ом-см - 100 Ом-см, підхоже 10^3 - 1000 Ом-см, більш прийнятне 1 - 500 Ом-см

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що внутрішній шар і/або зовнішній шар має опір, який на 1 метр довжини провідника/ізоляційної системи становить величину в діапазоні 50 мкОм - 5 МОм

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що тверда ізоляція, внутрішній шар і/або зовнішній шар виконані з полімерних матеріалів

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що внутрішній шар і/або зовнішній шар та тверда ізоляція жорстко зв'язані один з одним, по суті, по всій поверхні їх контакту, так щоб гарантувати їх контакт при згинанні і зміні температури

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що тверда ізоляція та внутрішній шар і/або зовнішній шар виготовлені з високоеластичних матеріалів для підтримання взаємного зчеплення на жилах провідників під час роботи

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що тверда ізоляція та внутрішній шар і/або зовнішній шар виготовлені з матеріалів, які мають, по суті, однаковий модуль пружності

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що внутрішній шар і/або зовнішній шар та тверда ізоляція виготовлені з матеріалів, які мають, по суті, однакові коефіцієнти теплового розширення.

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що провідник та його ізоляційна система складають обмотку, утворену гнучким кабелем.

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що внутрішній шар перебуває в електричному контакті з, принаймні, одним провідником.

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що зазначений, принаймні, один електричний провідник містить ряд жил, причому, принаймні, одна жила електричного провідника, принаймні, частково неізольована та перебуває в електричному контакті з внутрішнім шаром.

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що провідник та його ізоляційна система призначені для високої напруги, підхоже понад 10кВ, зокрема понад 36кВ і, більш прийнятно, понад 72,5кВ.

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що магнітне коло включає один чи кілька магнітних сердечників з пазами для обмотки.

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що він являє собою генератор, двигун або синхронний компенсатор.

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що він безпосередньо підключений до високовольтної енергомережі з напругою, підхоже 36кВ і більше, без проміжного трансформатора.

Особливістю пропонованого пристрою є і те, що він являє собою силовий трансформатор/реактор.

Відповідно до особливо прийнятного варіанта втілення винаходу, засоби управління включають, принаймні, одну керуючу обмотку, індуктивне зв'язану з магнітним колом. Відповідно, схема управління здатна здійснювати, через керуючу обмотку, потрібне управління магнітним потоком у магнітному колі шляхом застосування, через керуючу обмотку, таких параметрів управління, що магнітний потік у магнітному полі зазнає належного впливу. Керуюча обмотка може бути навіть короткозамкнутою. Отже, у деяких варіантах втілення, магнітний потік може не проходити через керуючу обмотку. Залежно від структури магнітного кола може мати місце часткове чи повне блокування магнітного потоку.

Приклади функцій управління, що можуть забезпечуватись технічним рішенням відповідно до цього винаходу, включають перетворення напруги та стабілізацію напруги, усунення перехідних процесів, гашення коливальних у енергомережах, відфільтровування вищих гармонік, підстроювання частоти і підстроювання фази (у разі забезпечення окремого регулювання фази). Слід відзначити, що схема управління відповідно до винаходу може пристосовуватись для додавання магнітного потоку до магнітного потоку у магнітному колі, тобто схема управління може працювати з постійними джерелами енергії.

Відповідно до винаходу, управління магнітним потоком у магнітному колі означає, наприклад, у випадку трансформатора, що досягається добре управління напругою вторинної обмотки, так що напруга задовольняє поставленим вимогам, не-

зважаючи на флуктуації, що завдають клопоту, напруги первинної обмотки або навантаження, підімкненого до вторинної обмотки.

Подальші деталі й переваги управління потоком відповідно до цього винаходу в магнітному колі будуть ясними в наведеного далі докладного опису.

До обсягу винаходу входить те, що, принаймні, одна з обмоток електромагнітного пристрою або, принаймні, частина зазначеної обмотки включає, принаймні, один гнучкий електричний провідник, що має оболонку, яка є магнітно проникною, але здатна по суті заключати в собі електричне поле, існуюче навколо провідника. Іншими словами, це означає, що гнучкий електричний провідник та його оболонка (у формі ізоляційної системи) утворені гнучким кабелем. Таке рішення забезпечує значні переваги щодо виробництва і монтажу порівняно з жорстким монтажем попередньо виготовленої форми, що досі було звичайною практикою. Ізоляційна система згідно з винаходом, крім того, забезпечує відсутність газоподібних та рідких ізоляційних матеріалів.

Оскільки електричне поле, що виникає навколо електричного провідника у кабелі відповідно до винаходу, по суті заключене всередині ізоляційної системи, винахід зменшує втрати, отже пристрій може функціонувати з більш високим ступенем ефективності. Зменшення втрат веде, в свою чергу, до пониження температури пристрою, що зменшує потребу в охолодженні та дає змогу використовувати, у разі необхідності, охолоджувальні пристрої більш простої конструкції порівняно з випадком без застосування такого аспекту даного винаходу.

Аспект даного винаходу, пов'язаний з обертовими електричними машинами, полягає в тому, що можливою стає робота такої машини з високою напругою, так що звичайні підвищувальні трансформатори можна не використовувати. Це означає, що машина може працювати із значно більшою напругою, ніж машини попереднього рівня техніки, щоб забезпечувати пряме з'єднання з енергомережами. Таке рішення означає значно менші обсяги капіталовкладень в системи з обертовими електричними машинами і те, що загальну ефективність системи може бути збільшено. Даний винахід усуває потребу в спеціальних засобах регулювання збудження у певних ділянках обмотки, які були необхідними у попередньому рівні техніки. Ще одна перевага полягає в тому, що винахід робить простішим забезпечення недо- чи перемагнічування з метою зменшення реактивних ефектів внаслідок неспівпадання фаз напруги і струму.

Аспект даного винаходу, пов'язаний з силовим трансформатором/реактором, полягає в тому, що винахід, по-перше, усуває потребу в масляному заповненні силових трансформаторів та проблеми й недоліки, пов'язані з цим.

Конструкція обмотки така, що вона включає, вздовж, принаймні, частини її довжини, ізоляцію, утворену твердим ізоляційним матеріалом, причому всередині ізоляції розташований внутрішній шар, а ззовні - зовнішній шар, обидва виготовлені з напівпровідникового матеріалу, що робить можливим заключити електричне поле всього при-

строю всередині обмотки Термін "твердий ізоляційний матеріал", що вживається тут, означає те, що в обмотці відсутня рідка чи газоподібна ізоляція, наприклад, у вигляді масла. Навпаки, ізоляцію виготовляють з полімерного матеріалу. Зазначені внутрішній та зовнішній шар також виконуються з полімерного, хоча і напівпровідникового матеріалу.

Внутрішній шар та тверда ізоляція жорстко з'єднані один з одним, по суті, по всій поверхні їх контакту. Також, зовнішній шар і тверда ізоляція жорстко з'єднані один з одним по, по суті, всій поверхні їх контакту. Внутрішній шар справляє вирівнювальну дію на потенціал і, відповідно, на електричне поле ззовні внутрішнього шару завдяки його напівпровідниковим властивостям. Зовнішній шар має також виготовлятися з напівпровідникового матеріалу та мати, принаймні, електропровідність вищу від електропровідності ізоляції, так щоб зовнішній шар, при з'єднанні його з землею чи іншим відносно низьким потенціалом, справляв вирівнювальну дію на потенціал і, по суті, заключав у собі електричне поле, що виникає внаслідок наявності зазначеного провідника всередині від зовнішнього шару. З іншого боку, зовнішній шар повинен мати достатній питомий опір, щоб мінімізувати електричні втрати в ньому.

Жорстке з'єднання між ізоляційним матеріалом та внутрішнім і зовнішнім напівпровідниковими шарами повинно бути однорідним, по суті, по всій поверхні контакту, тобто не повинно бути порожнин, пор, тощо. При високих рівнях напруги, що розглядають у даному винаході, електричні та термічні навантаження, що виникають, примушують висувати дуже високі вимоги до ізоляційних матеріалів. Відомо, що так звані часткові розряди (ЧР) являють собою серйозну проблему для ізоляційного матеріалу у високовольтних установках. У разі виникнення порожнин, пор тощо, при високих напругах можуть виникати внутрішні коронні розряди, так що ізоляційний матеріал поступово псується, і результатом цього може бути електричний пробій крізь ізоляцію, що може призвести до серйозного виходу з ладу електромагнітного пристрою. Отже, ізоляція повинна бути однорідною.

Розташований всередині ізоляції внутрішній шар повинен мати електропровідність, меншу, ніж у провідника, але достатню для того, щоб внутрішній шар виконував функцію вирівнювання потенціалу і, відповідно, електричного поля ззовні внутрішнього шару. Це, разом з жорстким з'єднанням між внутрішнім шаром та електричною ізоляцією, по суті, по всій поверхні їх контакту за відсутності порожнин тощо, забезпечує, по суті, рівномірне електричне поле назовні від внутрішнього шару та мінімальний ризик ЧР.

Більш прийнятним є виготовлення внутрішнього шару та твердої електроізоляції з матеріалів, які мають, по суті, однакові коефіцієнти теплового розширення. Теж саме є більш прийнятним стосовно до зовнішнього шару та твердої ізоляції. Це означає, що внутрішній та зовнішній шари і тверда електроізоляція утворюють ізоляційну систему, яка при зміні температури розширюватиметься і стискатиметься рівномірно, як монолітна деталь, і, отже, зазначені зміни температури не призведуть

до руйнування чи роз'єднання поверхонь контакту. Таким чином, забезпечується тісний контакт між поверхнями внутрішнього, зовнішнього шарів та твердої ізоляції, і створюються умови для підтримання такого тісного контакту впродовж тривалих строків роботи. Зчеплення повинно мати таку природу, щоб зчеплення, принаймні, між внутрішнім шаром та твердою ізоляцією і, більш прийнятно, також між внутрішнім шаром і твердою ізоляцією, забезпечувалось при згинанні, якому піддаватиметься провідник та ізоляційна система. Підкреслюємо, для того, щоб мати можливість виготовляти обмотку, кабель повинен бути гнучким або згинатись з радіусом кривизни, меншим від 25-кратної величини його діаметра, більш прийнятно, меншим від 15-кратної величини діаметра кабелю. Найбільш прийнятним є те, щоб кабель був гнучким, аж до радіусу кривизни, меншого чи, по суті, дорівнюючого 8-кратній величині діаметра кабелю.

Важливим є те, що ізоляційна система виконана з матеріалів, які мають добру еластичність. Модуль пружності матеріалів повинен бути відносно низьким, тобто відносно низьким має бути опір матеріалу деформаціям. Для запобігання появи небезпечних зсувних зусиль у граничній зоні між різними шарами ізоляційної системи більш прийнятним є те, щоб еластичність (модуль пружності) шарів ізоляційної системи була, по суті, однаковою.

Електричне навантаження ізоляційної системи зменшується внаслідок того, що внутрішній та зовнішній шари з напівпровідникового матеріалу навколо ізоляції мають тенденцію утворювати, по суті, еквіпотенціальні поверхні, і, таким чином, електричне поле в ізоляції відносно рівномірно розподілятиметься по товщині ізоляції.

Відомі, самі по собі, високовольтні кабелі для передачі електроенергії з провідниками з ізоляцією з твердого ізоляційного матеріалу з внутрішнім і зовнішнім шарами, виконаними з напівпровідникового матеріалу. Давно відомо, що в ізоляції провідників, що служать для передачі електроенергії, не повинно бути дефектів. Проте, у кабелях високовольтних передач електричний потенціал не змінюється по довжині кабелю, а, в основному, залишається на однаковому рівні. Однак, у кабелях високовольтних передач електричний потенціал не змінюється по довжині кабелю, а, в основному, залишається на однаковому рівні. Однак, у кабелях високовольтних передач можуть спостерігатись миттєві різниці потенціалу внаслідок таких короткочасних подій, як блискавка. Відповідно до цього винаходу гнучкий кабель згідно з формулою винаходу, що додається, використовується в якості обмотки в електромагнітному пристрої.

Додаткове вдосконалення може досягатись шляхом виготовлення провідника обмотки з складових, так званих жил, принаймні, деякі з яких ізолювані одна від одної. Якщо ці жили мають відносно малий поперечний переріз, більш прийнятно, приблизно круговий, магнітне поле, що пронизує їх, матиме сталу конфігурацію, і вихрові струми буде мінімізовано.

Таким чином, відповідно до винаходу обмотка, більш прийнятно, виконується у формі кабелю, що містить провідник і раніше описану тут ізоляційну систему, внутрішній шар якої розташований навколо жил провідника. Ззовні цього внутрішнього напівпровідникового шару знаходиться основна

ізоляція кабелю у вигляді твердого ізоляційного матеріалу

Зовнішній напівпровідниковий шар відповідно до винаходу повинен мати такі електричні властивості, щоб забезпечити вирівнювання потенціалу вздовж провідника. Зовнішній шар, однак, може не мати таких властивостей електропровідності, так що Індукований струм тектиме вздовж поверхні, що може спричинити втрати, які, в свою чергу, можуть створити небажане термічне навантаження. Для внутрішнього та зовнішнього шарів справедливі вимоги щодо опору (при 20°C), викладені в пунктах 22 та 23 формули винаходу. Що стосується внутрішнього напівпровідникового шару, він повинен мати достатню електропровідність, щоб гарантувати вирівнювання потенціалів електричного поля, але, у той самий час, такий опір, щоб забезпечити охоплення електричного поля.

Важливим є те, щоб внутрішній шар корегував нерівності поверхні провідника та утворював еквівалентну поверхню з високою чистотою поверхні в області контакту з твердою ізоляцією. Внутрішній шар може бути утворено із змінною товщиною, але так, щоб забезпечити рівну поверхню відносно провідника та твердої ізоляції. Прийнятний діапазон товщин між 0,5 та 1 мм.

Гнучкий кабель обмотки, який використовується відповідно до цього винаходу у електромагнітному пристрої, являє собою вдосконалення кабелю з ізоляцією з XLPE (зшитий поліетипен) чи EP (етилен-пропіленового) каучуку. Таке вдосконалення полягає, серед іншого, у новій конструкції провідника з жил, а також в тому, що кабель, принаймні у деяких варіантах втілення винаходу, не має зовнішньої оболонки для його механічного захисту. Однак винахід дозволяє розташувати провідний металевий екран і зовнішню оболонку поверх зовнішнього напівпровідникового шару. У такому випадку металевий екран служитиме для механічного та електричного захисту, наприклад, від блискавки. Більш прийнятним є те, щоб внутрішній напівпровідниковий шар розташовувався в зоні потенціалу провідника. З цією метою, принаймні, одна з жил провідника повинна бути неізольованою та розташовуватись так, щоб вона мала добрий електричний контакт з внутрішнім напівпровідниковим шаром. З іншого боку, різні жили можуть альтернативно розташовуватись в електричному контакті з зазначеним внутрішнім шаром.

Виготовлення трансформаторних або реакторних обмоток з зазначеного кабелю пов'язане із істотними відмінностями у розподілі електричного поля в стандартних силових трансформаторах/реакторах і силовому трансформаторі/реакторі згідно з винаходом. Значна перевага виконаної з кабелю обмотки, відповідно до винаходу, полягає в тому, що електричне поле заключене в обмотці, і що електричне поле відсутнє ззовні зовнішнього напівпровідникового шару. Електричне поле, що створюється струмонесучим провідником, має місце лише в твердій основній ізоляції. З конструктивної та виробничої точки зору це надає такі значні переваги:

- обмотки трансформатора можуть бути виготовлені без прийняття до уваги будь-якого розподілу електричного поля, а групування жил, що за-

значалось при посиленні на попередній рівень техніки, не застосовується,

- сердечник трансформатора може виконуватись без прийняття до уваги будь-якого розподілу електричного поля,

- для електричної ізоляції обмотки не потрібне масло, тобто середовищем, що оточує обмотку, може бути повітря,

- відсутні спеціальні зв'язки, потрібні для електричного з'єднання між зовнішніми з'єднаннями трансформатора та безпосередньо зв'язаними котушками/обмотками, оскільки електричне з'єднання, на відміну від стандартних установок, інтегроване з обмоткою,

- технологія виробництва та випробувань силового трансформатора, згідно з винаходом, значно простіша від використовуваної для стандартного силового трансформатора/реактора, оскільки в даному випадку не потрібне просочування, сушіння та вакуумні обробки, зазначені при посиленні на відомий пристрій.

При застосуванні винаходу до обертової електричної машини досягається істотно зменшене теплове навантаження на статор. Таким чином, тимчасові перевантаження машини будуть менш критичними, що дозволить машині працювати при перевантаженні протягом тривалого періоду без ризику виникнення несправності. Це надає значні переваги власникам силових генеруючих установок, які оперативно, у разі виробничих порушень, підключають установку до іншого обладнання, задовольняючи, таким чином, вимогам постачання енергії, встановленим законом.

У випадку використання обертової електричної машини, згідно з винаходом, можна значно знизити експлуатаційні витрати, оскільки в схему підключення машини до силової енергомережі не включаються трансформатори та переривники кола.

Вище зазначалось, що зовнішній напівпровідниковий шар обмоткового кабелю заземляється, тобто підключається до потенціалу землі. Це роблять для того, щоб цей шар підтримувався, в основному, під потенціалом землі вздовж усієї довжини кабелю. Допускається поділ зазначеного зовнішнього шару шляхом його розрізання на ряд частин, розподілених вздовж довжини обмоткового кабелю, при цьому кожна окрема частина цього шару заземляється, підключаючись до потенціалу землі. У такий спосіб забезпечується краща рівномірність заземлення кабелю вздовж його довжини.

Як зазначалось, тверда ізоляція та внутрішній і зовнішній шари можуть одержуватись, наприклад, екструзією. Однак, можуть застосовуватись з успіхом і інші способи їх виготовлення, наприклад, формування цих внутрішніх та зовнішніх шарів та ізоляції шляхом напилення матеріалу на провідник/обмотку.

Більш прийнятним є те, щоб обмотковий кабель мав круглий переріз. Однак, якщо треба досягти кращої щільності його укладки, можуть використовуватись і інші його перерізи.

Для забезпечення підвищення напруги в обертової електричній машині, кабель розташовують у пазах магнітного сердечника кількома послідовними витками. З метою зменшення числа перети-

нань на торцях котушок обмотки може виконуватись у вигляді багатощарової концентричної кабельної обмотки. Кабель, для кращого використання магнітного сердечника, може бути виконаний із скошеною ізоляцією, для чого форму пазів може бути підігнано під скошену ізоляцію обмотки.

Значна перевага обертової електричної машини, відповідно до винаходу, полягає в тому, що електричне поле (Е поле) в зоні торців котушок ззовні зовнішнього напівпровідникового шару близько до нуля, і в тому, що за наявності зовнішньої оболонки, яка перебуває під земним потенціалом, електричне поле не вимагає регулювання. Це означає, що поле не концентрується ani всередині листів, ani в зонах торців котушок, ani в переходах між ними.

Згідно зі способом виготовлення пристрою відповідно до винаходу, гнучкий кабель вкручується в отвори пазів магнітного сердечника обертової електричної машини і застосовується в якості обмотки. Оскільки кабель гнучкий, його можна згинати, що дає змогу розташовувати його в котушці у вигляді кількох витків. У цьому випадку торці котушок будуть утворені ділянками згинання кабелів. Кабель може бути також зчленовано таким чином, що його властивості залишатимуться постійними по всій його довжині. Цей спосіб значно простіший за відомі способи. Так звані стрижні Рьобеля не є гнучкими, але їм може попередньо надаватись потрібна форма. Застосовувані при виготовленні сучасних обертових електричних машин намотування ізоляції та просочування є дуже складними і дорогими технологічними прийомами.

Підсумовуючи, можна сказати, що електромагнітний пристрій у вигляді обертової електричної машини, згідно з даним винаходом, має ряд значних переваг порівняно з відповідними відомими машинами. По-перше, машина відповідно до винаходу може прямо підключатись до силової енергомережі при всіх рівнях високої напруги. Інша важлива перевага полягає в тому, що потенціал землі узгоджено розподіляється, принаймні, вздовж частини, а більш прийнятно - по всій обмотці, завдяки чому зона торців котушок може бути виконана компактною, а зазначені кріпильні засоби в цій зоні можуть перебувати, практично, під земним потенціалом. Ще одна важлива перевага полягає в тому, що в обертовій електричній машині не потрібні основані на маслі ізоляційні та охолоджувальні системи, про що йшла мова вище стосовно до силових трансформаторів/реакторів. Це означає відсутність проблем ущільнення та відмову від застосування зазначеного діелектричного кільця. Важливим також є те, що успішне примусове охолодження може виконуватись в конструкції, яка перебуває під земним потенціалом.

Нижче наведено більш конкретний опис прикладів втілення винаходу з посиланням на креслення, що додаються, на яких:

Фіг 1 - схематичне зображення пристрою відповідно до винаходу у формі трансформатора,

Фіг 2 - схематичне зображення варіанту трансформатора,

Фіг 3 - схематичне зображення ще одного варіанту трансформатора,

Фіг 4 - зображення варіанту втілення, подібного

до Фіг 3, але у формі реактора,

Фіг 5 - схематичне зображення варіанту втілення - генератора,

Фіг 6 - вигляд з частковим перерізом, що зображує елементи, які містяться в електричному модифікованому стандартному кабелі,

Фіг 7 - осьовий вигляд торця сектора або полюсного поділка магнітного кола відповідно до винаходу,

Фіг 8 - вид, що ілюструє розподіл електричного поля навколо обмотки стандартного силового трансформатора/реактора,

Фіг 9 - перспективний вид, що ілюструє приклад виконання силового трансформатора відповідно до винаходу,

Фіг 10 - поперечний переріз кабелю, який модифіковано порівняно з кабелем, зображеним на Фіг 1, і який містить кілька провідників, та

Фіг 11 - поперечний переріз іншого кабелю, що містить кілька провідників, але з відмінною від Фіг 10 конструкцією.

Зображений на Фіг 1 електромагнітний пристрій має природу трансформатора. Він включає магнітне коло 1 та два електричні кола 2, 3, кожне з яких містить, принаймні, одну обмотку у формі котушки, 4 і 5, відповідно.

Приклад ілюструє, що трансформатор включає сердечник 6 з магнітного матеріалу. Підходящий сердечник складається з пакету трансформаторних листів для зменшення втрат від вихрових струмів. Однак, підкреслюється, що для застосування винаходу наявність сердечника не є обов'язковою.

Отже, варіанти без сердечника можуть входити до обсягу винаходу, з цього випливає, що термін "магнітне коло" має тлумачитись у широкому значенні. Таким чином, цей термін означає лише те, що магнітне поле, яке генерується обмотками 4, 5, має бути здатним генерувати магнітний потік.

Пристрій відповідно до винаходу включає схему, позначену 7, для управління роботою трансформатора. Ця схема управління 7 пристосована для регулювання частоти, амплітуди і/або фази вихідної електричної потужності трансформатора.

У цьому прикладі електричне коло 2 утворює первинну сторону трансформатора, а електричне коло 3 - вторинну сторону трансформатора. Вихідна потужність пристрою знімається з вторинного кола 3, до якого підключено навантаження, схематично позначене 8. Навантаження може мати будь-яку природу, наприклад, безпосередньо споживачі, але також і мережі передачі та розподільні мережі.

Схема управління 7 включає засоби 9 управління магнітним потоком у магнітному колі 1. Засоби управління 9 включають, наприклад, принаймні, одну керуючу обмотку, індуктивно зв'язану з магнітним колом 1. У даному прикладі керуючу обмотку 9 намотано навколо частини сердечника 6. У випадку трансформатора без сердечника керуючу обмотку 9 має бути скоординовано з первинною та вторинною обмотками 4 і 5, відповідно, таким чином, щоб магнітний потік, що наводиться у безсердечниковому магнітному колі, був індуктивно зв'язаний з керуючою обмоткою 9.

Передбачається, що схема управління 7 у

більш прийнятному варіанті втілення винаходу буде активного типу, тобто схему управління 7 буде пристосовано так, щоб вона активно регулювала, через керуючу обмотку 9, магнітний потік у магнітному колі 9 для одержання бажаного регулювання. Також, більш прийнятне, схема управління 7 має зовнішнє джерело живлення, так що схема управління 7 здатна управляти магнітним потоком через магнітне коло 1, викликаючи протікання струму через обмотку 9. Винахід надає особливі переваги у високовольтних застосуваннях. Це означає, відповідно, що зазвичай у електричних колах 2 і 3 очікують відносно високої напруги. Однак, у такому випадку для цілей управління достатню, щоб схема управління 7 спричиняла протікання відносно високого струму у обмотці 9 з відносно низькою напругою. З метою регулювання схема управління 7 може пристосовуватись для додання магнітного потоку до магнітного потоку у магнітному колі 1. Ця складова потоку додаватиметься до потоку, що виникає, і підхоже управління цією складовою потоку забезпечить бажані параметри вихідної потужності вторинного кола 3. Схему 7 може бути пристосовано для одержання, в якості основи для виконання її керуючих функцій, інформації від вольтметра 10 про напругу у вторинному колі та/або на навантаженні 8, Амперметр 11 служить для вимірювання струму у вторинному колі 3. Складовою потоку, генерована за допомогою схеми управління 7, може, як зазначалось вище, використовуватись для регулювання частоти, амплітуди і/або фази потужності на виході вторинного кола 3.

Варто підкреслити, що схема управління 7 може одержувати зовнішні інструкції щодо регулювання через вхід 12.

Крім того, слід зазначити, що схема управління 7 може здійснювати пасивне регулювання через керуючу обмотку 9. Пасивне управління тут означає, що для регулювання не використовується енергія від зовнішнього джерела. У цьому зв'язку підкреслимо, що схема управління 7 може забезпечувати послідовне чи паралельне з'єднання одного чи більше пасивних елементів, таких як резистори, конденсатори або індуктивності, з керуючою обмоткою 9. З'єднання зазначених пасивних елементів з керуючою обмоткою 9 у потрібний спосіб справлятиме відповідний вплив на магнітний потік, що, в свою чергу, приведе до відповідного регулювання частоти, амплітуди і/або фази електричної потужності на виході пристрою.

На фіг 1 видно, що пристрій на первинній стороні включає вольтметр 13 та амперметр 14, під'єднані до тих, що є на вторинній стороні.

На фіг 2 зображений варіант втілення - трансформатор, який відрізняється від варіанту, показаного на фіг 1 в тому, що тут магнітне коло 1 включає сердечник 6, який має ще один магнітний стрижень 16 на додаток до стрижня на вторинній стороні, зображеного на фіг 1 і позначеного позицією 15, та стрижня 17 на первинній стороні. Таким чином, сердечник 6 на фіг 2 утворює два різні шляхи магнітного потоку, які схематично позначені 18 та 19, відповідно. Керуючу обмотку 9а у цьому випадку виконано навколо центрального стрижня 16, тобто на шляху магнітного потоку 18, який про-

ходить через первинну обмотку 4 трансформатора. Другий шлях магнітного потоку 19 обходить керуючу обмотку 9а, проходячи через вторинну обмотку 5. Отже, за допомогою схеми управління 7 можна впливати на магнітний потік стрижня 16 через керуючу обмотку 9а, а це, в свою чергу, впливатиме на магнітний потік в стрижні 15 через обмотку 5 на вторинній стороні. Іншими словами, у цьому випадку керуюча обмотка 9а пов'язана лише з одним з двох шляхів магнітного потоку.

Варіант, проілюстрований фіг 3, передбачає додання ще однієї керуючої обмотки 9b2 до вже розглянутої 9b1. Ці керуючі обмотки виконані на стрижнях 16b та 15b, відповідно, тобто розташовані кожна на своєму шляху магнітного потоку 18 та 19. Схема управління 7b включає блок управління 20, який, в свою чергу, управляє елементами управління 21 та 22, відповідно зв'язаними з керуючими обмотками 9b1 та 9b2. Шляхом активного чи пасивного керування елементами управління 21, 22 через блок управління 20 здійснюють регулювання, таке що магнітний потік проходить лише по одному з шляхів магнітного потоку 18, 19 або поділяється між ними.

У зв'язку з фіг 3 слід зазначити, що вторинна обмотка 4b трансформатора включає, принаймні, дві частини обмотки 23 та 24, з'єднані послідовно. Магнітний потік обох шляхів магнітного потоку 18, 19 проходить через головну частину обмотки 23, у той час, як лише магнітний потік шляху 19 проходить через частину обмотки 24. А це означає, коли магнітний потік проходить тільки через стрижень 16b, що забезпечується керуючими обмотками 9b1 та 9b2, у частині обмотки 24 немає магнітного потоку. Таким чином досягається менша вихідна напруга, ніж та, що потрібна у випадку, коли магнітний потік проходить шляхом 19, тобто коли весь магнітний потік проходить через обидві вторинні обмотки 23 і 24. Отже, керуюча обмотка 9b1 при-

Вимірювальні прилади 10d та 1id, відповідно, вольтметр і амперметр, також присутні тут для цілей управління вихідною потужністю. Завдяки схемі управління 7d керуюча обмотка 9d виконує функції, потрібні для регулювання, у пасивний чи активний спосіб, забезпечуючи бажані властивості вихідної потужності генератора щодо частоти, амплітуди і/або фази.

Слід зазначити, що на кресленнях зображено дуже спрощені варіанти втілення винаходу, конкретніше - лише однофазні. На практиці, подані варіанти можуть бути більш складними, зокрема, багатofазними. Кількість обмоток та їх частин може значно перевищувати ту, що обговорювалась тут, не тільки стосовно первинних та вторинних обмоток, а також і керуючих обмоток. Крім того, магнітні кола можуть мати різну структуру, залежно від функціональних потреб.

Особливо слід відзначити, що відповідно до винаходу, принаймні, одна з наявних обмоток включає електричний провідник, оточений двома рознесеними в просторі еквипотенціальними шарами, та з твердою ізоляцією, приміщеною між названими шарами. А це означає, що електричне поле навколо провідника, по суті, закрите в кабелі, так що первинна і вторинна обмотки можуть вільно розташовуватись у будь-якому місці магнітного кола. Можливим є навіть приміщення одних між іншими. У цьому зв'язку варто зазначити, що схема управління є корисною як для трансформаторів з сердечником, так і для броньових трансформаторів.

Описана вище структура обмотки особливо підходить для високовольтних застосувань. Слід підкреслити, що зазвичай керуюча обмотка/керуючі обмотки 9 матимуть нижчий потенціал, ніж силові обмотки, з чого випливає, що керуюча обмотка/керуючі обмотки не обов'язково повинні забезпечуватись такою ізоляційною системою, як, принаймні, одна з силових обмоток.

Важливою умовою для можливості виготовлення електромагнітного пристрою відповідно до винаходу, є використання, принаймні, для однієї з обмоток електричного кабелю з твердою електричною ізоляцією з внутрішнім напівпровідниковим шаром або оболонкою між ізоляцією та одним чи кількома провідниками, розташованими всередині цього шару, і зовнішнім напівпровідниковим шаром або оболонкою, розташованими ззовні ізоляції. Такі кабелі використовують в якості стандартних кабелів в інших інженерних галузях, пов'язаних з силовими установками, а саме, при передачі енергії. Для уможливлення опису прикладу втілення винаходу спочатку буде подано стислий опис стандартного кабелю. Внутрішній струмонесучий провідник містить ряд жил. Навколо жил розташований внутрішній напівпровідниковий шар або оболонка. Навколо цього внутрішнього напівпровідникового шару знаходиться шар твердої ізоляції. Тверда ізоляція виконується з полімерного матеріалу, що характеризується низькими електричними втратами і високою міцністю на пробій. В якості прикладів конкретних полімерних матеріалів можна назвати поліетилен (PE) і, особливо, зшитий поліетилен (XLPE), а також етиленпропілен (EP). Навколо зовнішнього напівпровідникового шару

можна розташувати металевий екран і зовнішню ізоляційну оболонку. Напівпровідникові шари виконані з полімерного матеріалу, наприклад, співполімеру етилену з електропровідною складовою, наприклад, провідною сажею чи вуглецевою сажею. Такі кабелі називатимуться далі силовими кабелями.

Більш прийнятний приклад виконання кабелю для обмотки обертової електричної машини показано на фіг. 6. Кабель 41 містить струмонесучий провідник 42, що включає згруповані неізольовані та ізольовані жили. Можуть використовуватись також електроємні згруповані жили з твердою ізоляцією. Ці жили може бути скручено/згруповано у кілька шарів. Навколо провідника розташований внутрішній напівпровідниковий шар 43, який, в свою чергу, оточений однорідним шаром твердого ізоляційного матеріалу. Ізоляція 44 не є ізоляцією рідкого чи газоподібного типу. Шар 44 оточений зовнішнім напівпровідниковим шаром 45. Кабель, що використовується у більш прийнятному прикладі втілення в якості обмотки, може мати металевий екран і зовнішню оболонку, але це не є бажаним. З метою усунення наведених струмів і пов'язаних з ними втрат у зовнішньому напівпровідниковому шарі 45, цей шар поділяється розрізкою більш прийнятне в торці котушки, тобто в переходах від листового пакету до торцевих обмоток. Поділ здійснюють так, щоб зазначений шар 45 поділявся на кілька частин, розташованих вздовж кабелю, які повністю або частково електрично розділені одна від одної. Кожна окрема частина шару потім заземляється, завдяки чому зовнішній напівпровідниковий шар 45 перебуває, впродовж усього кабелю, під земним або близьким до нього потенціалом. Це означає, що навколо обмотки, ізольованої твердою ізоляцією у торцях котушок, контактні поверхні, а також поверхні, забруднені після деякого періоду експлуатації, перебуватимуть під дуже незначним потенціалом відносно землі, який спричинить дуже незначні електричні поля.

Для оптимізації роботи обертової електричної машини конструкція елементів магнітного кола, таких як пази і зубці, має вирішальне значення. Як зазначалось вище, пази повинні розташовуватись якнайближче до оболонки сторін котушок. Бажано також, щоб зубці на кожному радіальному рівні були якомога ширшими. Це важливо для зведення до мінімуму втрат, для задоволення вимогам намагнічування тощо машини.

При використанні в якості провідника для обмотки, наприклад, описаного вище кабелю з'являються великі можливості оптимізації магнітного сердечника з кількох точок зору. Нижче буде описано магнітне коло статора обертової електричної машини. На фіг. 7 подано осьовий вигляд з торця сектора/полюсного поділка 46 машини відповідно до винаходу. На цій фігурі ротор з роторним полюсом позначено позицією 47. Статор, як звичайно, складається з пластинчастого сердечника, набраного з виготовлених з електротехнічної сталі пластин або листів, яким вдало надано форму сектора. З тильної частини 48 сердечника, розташованої у радіальне крайнього торця, радіальне всередину у напрямку ротора виступають ряд зубців 49. Між

зубцями розташований відповідний ряд пазів 50 Використання кабелів 51, описаних вище, крім усього іншого, дозволяє збільшити глибину пазів для високовольтних машин порівняно з відомими машинами Пази мають поперечний переріз, що звужується у напрямку ротора, оскільки для кожного шару обмотки необхідність ізоляції кабелю у напрямку ротора зменшується Як видно на цій фігурі, паз має круглий поперечний переріз 52 і розташований навколо кожного шару обмотки з ділянками 53, що звужуються, між шарами, з певним застереженням, такий переріз паза можна назвати "циклічним ланцюговим пазом" Оскільки для високовольтної машини існуватиме потреба у великій кількості шарів, а доступність кабелів відповідних розмірів з відповідною ізоляцією і зовнішнім напівпровідниковим шаром обмежена, на практиці може виявитись складним забезпечити бажане безперервне звуження ізоляції кабелю і паза статора, відповідно У прикладі здійснення, показаному на фіг 7, використовують кабелі трьох різних розмірів, розташованих по секційно в трьох секціях 54, 55 і 56 відповідних розмірів, тобто з одержанням на практиці модифікованого циклічного ланцюгового паза На цій фігурі також видно, що зубці статора 49 можуть мати практично постійну ширину по всій глибині паза

Слід зазначити, що частини обмотки, позначені 54, 55 і 56 на фіг 7, відповідають обмотці 5d на фіг 5 На фіг 7 одну чи кілька обмоток, що відповідають керуючій обмотці 9 на фіг 5, позначено позицією 40 Ці керуючі обмотки 40 у даному варіанті втілення винаходу розташовані на найбільшій радіальній відстані від ротора Але не обов'язково приміщувати керуючу обмотку 9 у попоженні, позначеному 40 на фіг 7

Відповідно до альтернативного приклада здійснення, використовуваний в якості обмотки кабель може бути стандартним силовим кабелем, описаним вище Заземлення зовнішнього напівпровідникового шару 45 здійснюють, розкриваючи металевий екран і оболонку кабелю у відповідних місцях

Винахід охоплює велике число альтернативних варіантів здійснення залежно від розмірів наявного кабелю, коли мова йде про ізоляцію і зовнішній напівпровідниковий шар тощо Крім того, приклади здійснення з так званими циклічними ланцюговими пазами можуть бути модифіковані ще більшою мірою, ніж тут описано

Як зазначалось вище, магнітне коло може знаходитися в статорі і/або роторі обертової електричної машини Однак, конструкція магнітного кола буде, головним чином, відповідати наведеному вище опису, незалежно від того, чи розташований він у статорі та/або роторі

В якості обмотки використовують, більш прийнятно, багат шарову концентричну кабельну обмотку Така обмотка до мінімуму зводить число перетинань у торців котушок шляхом приміщення всіх котушок усередині однієї групи радіальне зовні одна від одної Це також забезпечує спрощений спосіб виготовлення статорної обмотки і її вкручування в різні пази Оскільки використовуваний відповідно до винаходу кабель легко згинається, обмотку можна одержати за допомогою порівняно простої операції вкручування гнучкого кабелю в

отвори 52 пазів 50

На фіг 8 показаний спрощений, основний вид, що ілюструє розподіл електричного поля навколо обмотки звичайного силового трансформатора/реактора, на якому позицією 57 позначена обмотка, позицією 58 - сердечник і позицією 59 - еквіпотенціальні лінії, тобто лінії, де електричне поле має однакову величину Передбачається, що нижня частина обмотки перебуває під потенціалом землі

Розподіл потенціалу визначає структуру ізоляційної системи, оскільки необхідно мати достатню ізоляцію між суміжними витками обмотки і між кожною обмоткою і землею Ця фігура, таким чином, показує, що ізоляція верхньої частини обмотки піддається найвищим навантаженням Конструкція і розташування обмотки відносно сердечника визначається, таким чином, в основному, розподілом електричного поля у вікні сердечника

Кабель, що може використовуватись в обмотках сухих трансформаторів/реакторів, відповідно до винаходу, описаний з посиланням на фіг 1 Як вказувалося раніше, кабель може забезпечуватись іншими додатковими зовнішніми шарами для спеціальних цілей, наприклад, для запобігання надмірним електричним навантаженням на інші зони трансформатора/реактора Площа провідників кабелю складає 2-3000 мм², а зовнішній діаметр кабелю - 20-250 мм

Обмотки силового трансформатора/реактора, виготовлені з кабелю, описаного тут у розділі "Суть винаходу", можуть використовуватись для однофазних, трифазних і багат фази них трансформаторів/реакторів незалежно від форми сердечника На фіг 8 наведено приклад трифазного трансформатора з пластинчастим сердечником Сердечник містить, як звичайно, три стрижні 60, 61 і 62 та утримуючі ярма 63 і 64 (поперечки) У цьому прикладі здійснення стрижні і ярма мають поперечний переріз, що звужується по їх довжині

Навколо стрижнів сердечника концентрично розташовані утворені кабелем обмотки Як випливає з фіг 9, цей приклад здійснення має обмотки, кожна утворена трьома концентричними витками 65, 66 і 67 Крайній внутрішній виток 65 може являти собою первинну обмотку, а два інші обмоткові витки 63 і 64 - вторинні обмотки Щоб не перевантажувати креслення надто великою кількістю деталей, не показані з'єднання обмоток З іншого боку, на цій фігурі видно, що у визначених місцях навколо обмоток розташовані проміжні стрижні 68 і 69, що виконують кілька різних функцій Зазначені проміжні стрижні, які можуть виготовлятися з ізоляційного матеріалу та призначені для забезпечення визначеного простору між концентричними обмотковими витками для їх охолодження, кріплення тощо Ці стрижні можуть також виконуватись з електропровідного матеріалу для того, щоб складати, таким чином, частину системи заземлення обмоток

На фіг 9 не зображені керуючі обмотки 9

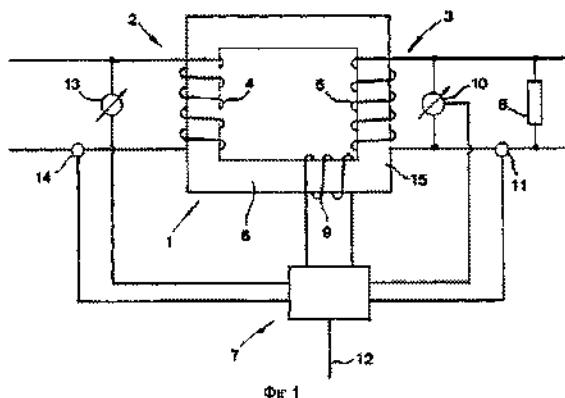
У варіанті конструкції кабелю, показаній на фіг 10, використовуються ті ж посилальні позиції, що і раніше, але тільки з доданням літери "а" У цьому прикладі здійснення кабель містить кілька електричних провідників 42а, розділених ізоляцією

44a. Іншими словами, ізоляція 44a служить як ізоляцію між окремими суміжними провідниками 42a і між останніми та оточуючими їх елементами. Різні провідники 42a можуть розташовуватися у різні способи, забезпечуючи кабелі різного перетину. Як показано на фіг 10, провідники 42a розташовуються на прямій лінії при відносно плоскому поперечному перерізі кабелю. З цього можна зробити висновок, що форма перерізу кабелю може змінюватися в широких межах.

У варіанті втілення винаходу, показаному на фіг 10, напруга між суміжними провідниками приблизно менше фазної напруги. Зокрема, передбачається, що провідники 42a по різному намотані в обмотці, внаслідок чого напруга між суміжними провідниками є порівняно низькою.

Як зазначалось вище, напівпровідниковий зовнішній шар 45a зовні ізоляції 44a утворюється з твердого ізоляційного матеріалу. Навколо кожного провідника 42a розташований внутрішній шар 43a з напівпровідникового матеріалу, тобто кожен провідник має свій власний оточуючий його внутрішній напівпровідниковий шар 43a. Цей шар 43a буде, відповідно, служити для вирівнювання потенціалу у окремого провідника.

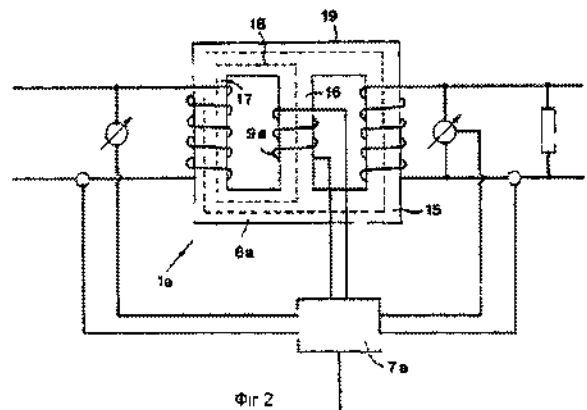
У варіанті конструкції кабелю, показаному на фіг 11, використовуються ті ж посилювальні позиції, але з доданням літери "b". У цьому варіанті передбачено кілька, конкретно, три провідники 42b. Передбачається, що між цими провідниками існує фазна напруга, тобто значно більш висока напруга, ніж між провідниками 42a у варіанті втілення винаходу відповідно до фіг 10. Як показано на фіг 11, всередині внутрішнього напівпровідникового шару 43b розташовані три провідники 42b. Однак, кожен провідник 42b оточений додатково власним шаром 70, властивості якого відповідають властивостям зазначеного внутрішнього шару 43b.



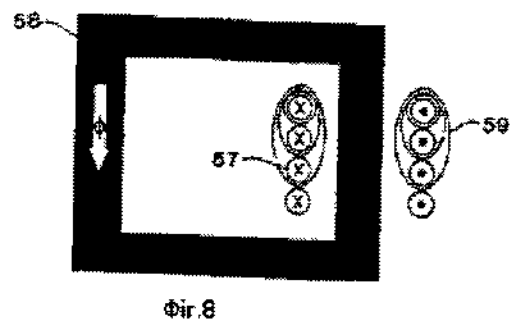
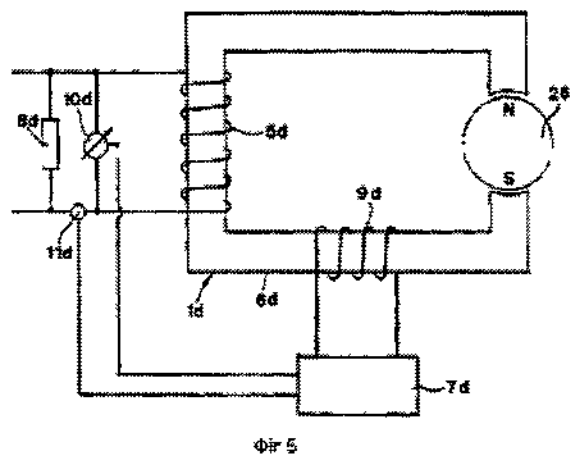
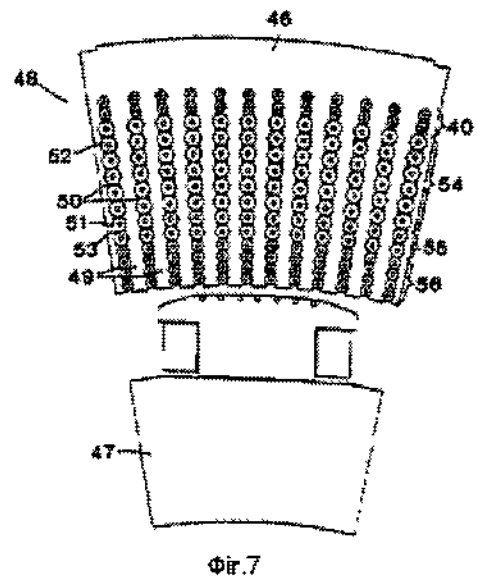
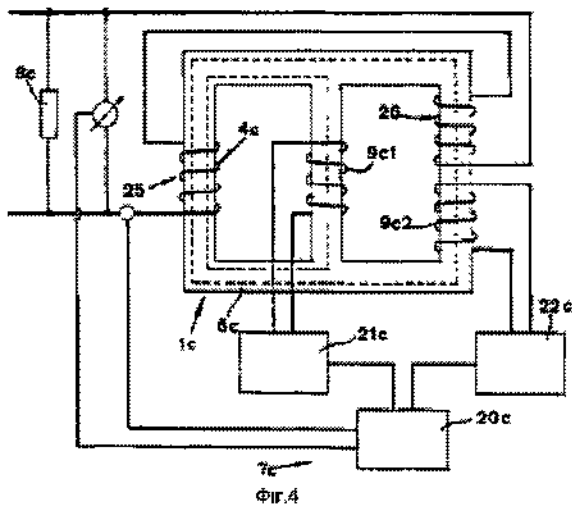
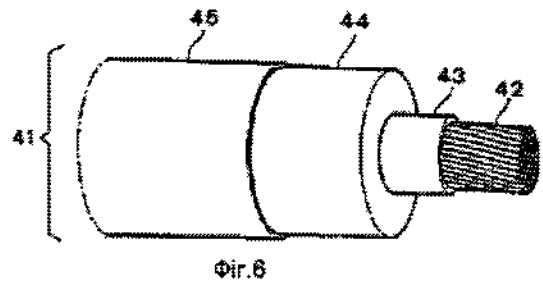
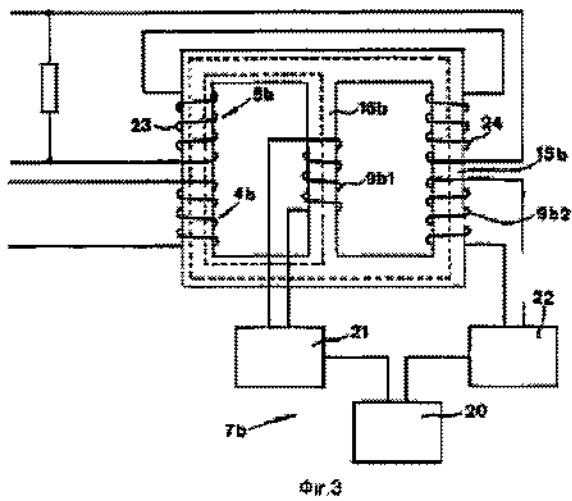
Фіг 1

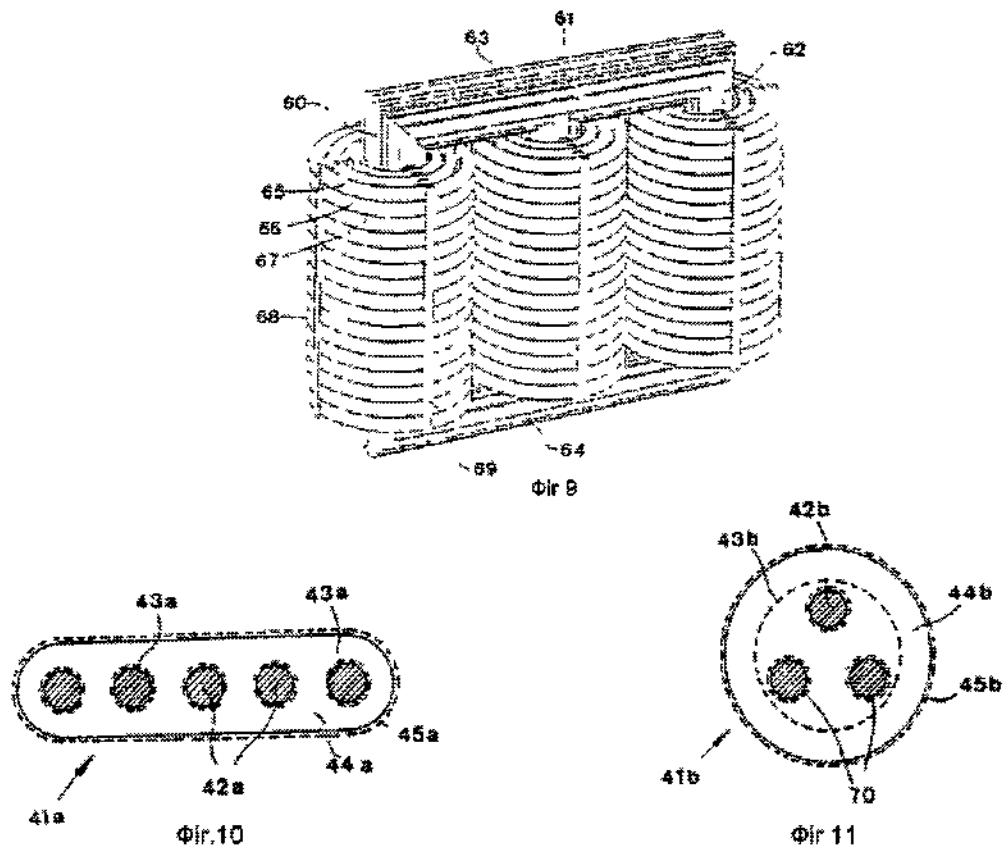
Між кожним шаром 70 і шаром 43b розташований ізоляційний матеріал. Відповідно, шар 43b буде служити в якості шару, що вирівнює потенціал, зовні додаткових шарів 60 з напівпровідникового матеріалу, які належать електричним провідникам, причому шари 70, будучи зв'язаними з відповідними електропровідниками 42b, перебувають під тим самим потенціалом, що і відповідні провідники.

Очевидно, що винахід не обмежений тільки описаними вище прикладами здійснення. Фахівцю зрозуміло, що в межах основної концепції винаходу, визначеної пунктами формули винаходу, що додаються, можливий ряд відповідних деталізованих модифікацій. Наприклад, винахід не обмежується лише конкретними матеріалами, наведеними вище в якості прикладу. Замість них можуть використовуватися інші функціонально рівнозначні матеріали. При виготовленні ізоляції, відповідно до винаходу, можуть застосовуватись інші, ніж екструзія і напильовання, технологічні прийоми, які забезпечують щільний контакт між різними шарами. Крім того, можуть бути передбачені додаткові екіпотенціальні шари. Наприклад, один чи кілька екіпотенціальних шарів з напівпровідникового матеріалу можуть бути розташовані між зазначеними вище "внутрішнім" і "зовнішнім" шарами. Ще раз слід зазначити, що, відповідно до винаходу, зазвичай немає необхідності у виготовленні керуючої обмотки 9 з гнучкого кабелю, як описаний вище, оскільки керуюча обмотка або керуючі обмотки, як правило, перебувають під нижчою напругою, ніж інші обмотки електромагнітного пристрою, що розглядається. Конкретніше, ці інші обмотки можуть бути дійсно висковольтними обмотками. Щодо решти, принцип управління у втіленні способу відповідно до винаходу може змінюватись, залежно від потрібних функцій регулювання.



Фіг 2





ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)
вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна
(044) 456-20-90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»
вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна
(044) 216-32-71