



УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **111603**

(13) **C2**

(51) МПК

**H01H 33/664** (2006.01)

**H01R 39/46** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки:	<b>a 2013 12468</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и):	<b>Стовінг Пол Н. (US)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки:	<b>03.06.2008</b>	<b>(73)</b> Власник(и):	<b>КУПЕР ТЕКНОЛОДЖІС КОМПАНІ,</b> 600 Travis St., Suite 5800, Houston, TX 77002, United States of America (US)
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>25.05.2016</b>	<b>(74)</b> Представник:	<b>Льгова Майя Миколаївна, реєстр. №12</b>
<b>(31)</b> Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>11/758,136,</b> <b>11/881,952</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 7616 U, 15.07.2005, RU 2092926 C1, 10.10.1997, SU 1259356 A1, 23.09.1986, SU 163240, 22.06.1964, US 2004/0164051 A1, 26.08.2004, US 3469050 A, 23.09.1969, DE 3130641 A1, 17.02.1983, FR 2083741 A6, 17.12.1971, NL 6511915 A, 14.03.1967, US 5804788 A, 08.09.1998.
<b>(32)</b> Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>05.06.2007,</b> <b>30.07.2007</b>		
<b>(33)</b> Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	<b>US,</b> <b>US</b>		
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку:	<b>10.01.2014, Бюл.№ 1</b>		
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>25.05.2016, Бюл.№ 10</b>		
<b>(62)</b> Номер та дата подання попередньої заявки, з якої виділено заявку, позначену кодом (21):	<b>, a200913840, 03.06.2008</b>		

**(54) ЕЛЕКТРОДНИЙ ВУЗОЛ ВАКУУМНОГО ВИМИКАЧА**

**(57)** Реферат:

Описані приклади здійснення вакуумного вимикача.

UA 111603 C2

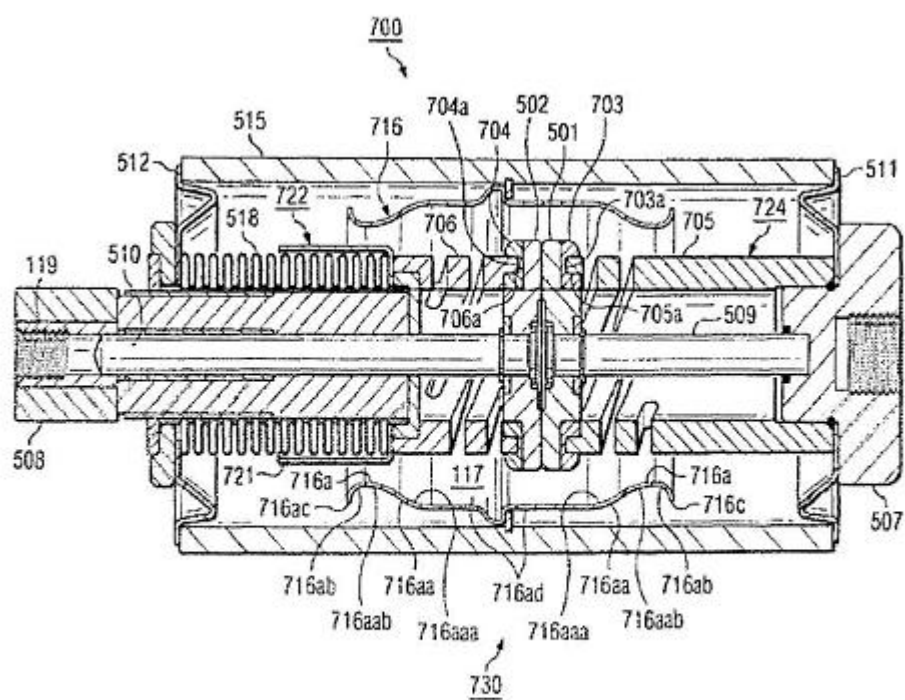


Fig. 7

За цією патентною заявкою встановлений пріоритет за заявкою Сполучених Штатів № 11/758136 під назвою "Вакуумний вимикач", дата подачі заявки 5 червня 2007 року, та заявкою Сполучених Штатів № 11/881852 під назвою "Контактне покриття для вакуумного вимикача", дата подачі заявки 30 липня 2007 року. Зміст попередніх заявок, зазначених вище, вводиться шляхом посилань на цю заявку.

Цей опис стосується вакуумних вимикачів, таких як вакуумні вимикачі з аксіальним магнітним полем.

На фігурі 1 - поперечний вертикальний переріз вакуумного вимикача за винаходом, у замкнутому положенні.

На фігурі 2 - поперечний вертикальний переріз вакуумного вимикача за винаходом, зображеного на фігурі 1, у розімкнутому положенні.

На фігурі 3 - поперечний вертикальний переріз іншого прикладу здійснення вакуумного вимикача, у замкнутому положенні.

На фігурі 4 - поперечний вертикальний переріз вакуумного вимикача за винаходом, зображеного на фігурі 1, у розімкнутому положенні.

На фігурі 5 - поперечний вертикальний переріз іншого прикладу здійснення вакуумного вимикача, у замкнутому положенні.

На фігурі 6 - поперечний вертикальний переріз вакуумного вимикача за винаходом, зображеного на фігурі 5, у розімкнутому положенні.

На фігурі 7 - поперечний вертикальний переріз іншого прикладу здійснення вакуумного вимикача, у замкнутому положенні.

На фігурі 8 - поперечний вертикальний переріз вакуумного вимикача за винаходом, зображеного на фігурі 7, у розімкнутому положенні.

На фігурі 9, включаючи фігури 9A і 9B - блок-схема, що зображає приклад здійснення електроенергетичної системи з використанням вакуумного вимикача за винаходом, зображеного на фігурах 7 і 8.

Цей опис прикладів здійснення винаходу належить до креслень, що прикладаються, в яких однаковими цифрами позначені однакові елементи на всіх фігурах.

На фігурах 1 і 2 зображено поперечні вертикальні перерізи вакуумного вимикача за винаходом 100. Вакуумний вимикач 100 включає вакуумну камеру 130, призначену для забезпечення цілісності вакуумної ізоляції у відношенні елементів, розміщених у камері. Повітря видаляється з вакуумної камери 130, створюється глибокий вакуум 117, який має високу електричну стійкість і властивості, потрібні для відключення струму. Вакуумна камера 130 включає ізолятор 115, який містить керамічний матеріал і має, як правило, циліндричну форму. Керамічний матеріал може, наприклад, включати матеріал, що містить алюміній, такий як окис алюмінію. Рухомий електродний вузол 122 всередині камери 130 здатний переміщатись відносно нерухомого електродного вузла 124, дозволяючи або перешкоджаючи протіканню струму через вакуумний вимикач 100. Сильфон 118 всередині вакуумної камери 130 включає складений спіраллю еластичний матеріал, який має форму, що забезпечує герметичність вакуумної камери 130 під час переміщення рухомого електродного вузла 122 відносно нерухомого електродного вузла 124. Нижче наведено більш докладний опис переміщення рухомого електродного вузла 122 відносно нерухомого електродного вузла 124.

Нерухомий електродний вузол 124 включає електричний контакт 101 і трубчастий спіральний провідник 105, в якому виконані прорізи 138. Електричний контакт 101 і трубчастий спіральний провідник 105 механічно зафіксовані на опорному стрижні 109. Наприклад, трубчастий спіральний провідник 105 може включати одну або більше вставок з міді або іншого відповідного матеріалу, а опорний стрижень 109 може включати одну або більше вставок з нержавіючої сталі або іншого відповідного матеріалу. Зовнішній провідний стрижень 107 кріпиться до опорного стрижня 109 і до провідних дисків 120 та 121. Наприклад, провідний стрижень 107 може включати одну або більше вставок з міді або іншого відповідного матеріалу. Як опорний стрижень 109, так і провідний стрижень 107 можуть включати один або більше витків різі для полегшення виконання електричних або механічних з'єднань, необхідних для пропускання струму через вакуумний вимикач 100 або розмикання чи замикання вакуумного вимикача 100.

Рухомий електродний вузол 122 включає електричний контакт 102, провідний диск 123 і трубчастий спіральний провідник 106, в якому виконані прорізи 144. Наприклад, трубчастий спіральний провідник 106 може включати одну або більше вставок з міді або іншого відповідного матеріалу. Провідний диск 123 кріпиться до сильфона 118 і до трубчастого спірального провідника 106 таким чином, що електричний контакт 102 може входити в стикання і виходити зі стикання з електричним контактом 101 нерухомого електродного вузла 124.

Кожний з електричних контактів 101 і 102 може включати мідь, хром і/або інші відповідні матеріали. Наприклад, кожний з електричних контактів 101 і 102 може включати суміш, що містить 70 % міді і 30 % хрому або суміш, що містить 35 % міді і 65 % хрому.

Рухомий електродний вузол 122 механічно зафіксований на опорному стрижні 110, який виходить з вакуумної камери 130 і кріпиться до рухомого стрижня 108. Наприклад, опорний стрижень 110 може включати одну або більше вставок з нержавіючої сталі або іншого відповідного матеріалу, а рухомий стрижень 108 може включати одну або більше вставок з міді або іншого відповідного матеріалу. Рухомий стрижень 108 і опорний стрижень 110 служать як зовнішній вивід для з'єднання вакуумного вимикача 100 з колом зовнішнього навантаження (не показано), а також як точка механічного приєднання вакуумного вимикача для його підключення. Як опорний стрижень 110, так і провідний стрижень 108 можуть включати один або більше витків різі, таких як витків різі 119, для полегшення виконання електричних або механічних з'єднань, необхідних для пропускання струму через вакуумний вимикач 100 або для розмикання чи замикання вакуумного вимикача 100.

Вакуумна ізоляція на кожному кінці ізолятора 115 забезпечується за допомогою металевих торцевих кришок 111 та 112, припаяних до металізованої поверхні на ізоляторі 115, у місцях з'єднання 125-126. Крім торцевої кришки III, герметичність вакуумного вимикача 100 захищає торцевий екран 113. Як торцева кришка 111, так і торцевий екран 113 закріплені між провідними дисками 120 та 121. Аналогічним чином, торцевий екран 114 розташований між сільфоном 118 і торцевою кришкою 111.

Коли вакуумний вимикач 100 знаходиться у замкнутому положенні, як показано на фігурі 1, струм може протікати, наприклад, від трубчастого спірального провідника 105 нерухомого електродного вузла 124, електричного контакту 101 нерухомого електродного вузла 124 і електричного контакту 102 рухомого електродного вузла 122 до трубчастого спірального провідника 106 рухомого електродного вузла 122 так, що по контактах 101 і 102 у відповідному трубчастому спіральному провіднику 105 і трубчастому спіральному провіднику 106 струм протікає безпосередньо від кінців прорізів 138 і 144. Прорізи 138 у трубчастому спіральному провіднику 105 мають таку конфігурацію, що перед тим як надійти на електричний контакт 101, струм змушений проходити по практично кільцевій траєкторії. Аналогічним чином, прорізи 144 у трубчастому спіральному провіднику 106 мають таку конфігурацію, що струм, який виходить із електричного контакту 102, змушений проходити по практично кільцевій траєкторії, перед тим як вийти з вакуумного вимикача 100 через рухомий стрижень 108. Середньому фахівцю в цій галузі, який має який має намір реалізувати цей винахід, ясно, що напрямок струму можна реверсувати.

Контактне покриття 103 розташоване між електричним контактом 101 і трубчастим спіральним провідником 105 нерухомого електродного вузла 124. Аналогічним чином, контактне покриття 104 розташоване між електричним контактом 102 і трубчастим спіральним провідником 106 рухомого електродного вузла 122. Кожне з контактних покриттів 103 та 104 може містити одну або більше вставок з міді, нержавіючої сталі та/або іншого відповідного матеріалу. Контактні покриття 103 та 104 і прорізи 138 та 144 трубчастих спіральних провідників 105 і 106 використовуються для створення магнітного поля, паралельного спільній поздовжній осі електродних вузлів 122 і 124, електричних контактів 101 і 102 та ізолятора 115 (далі "аксіальне магнітне поле")

Коли вакуумний вимикач 100 знаходиться в розімкнутому положенні, іншими словами, якщо електричні контакти 101 та 102 роз'єднані, як показано на фігурі 2, то електричні контакти 101 та 102 утворюють електричну дугу, поки наступного разу струм не буде дорівнювати нулю (далі "пройде через нуль" або "нульове значення струму"). Як правило, змінний струм частотою 60 Гц проходить через нуль 120 разів у секунду. Аксіальне магнітне поле, генероване контактними покриттями 103 та 104 і прорізами 138 та 144 трубчастих спіральних провідників 105 і 106, регулює електричну дугу між електричними контактами 101 і 102. Наприклад, аксіальне магнітне поле може викликати дифузійну дугу між електричними контактами 101 і 102.

Дуга складається з парів металу, які зазвичай називають "плазма", що випаровуються з поверхні кожного електричного контакту 101, 102. Більша частина парів металу з кожного електричного контакту 101, 102 осаджується на інший електричний контакт 101, 102. Пари, що залишились, розсіюються всередині вакуумної камери 130. Первинна область, яка може бути заповнена плазмою дуги, може бути легко розрахована по лінії прямої видимості від контактів 101 і 102 і показана позицією 220 на фігурі 2. Вторинна область плазми дуги, яка утворюється внаслідок відбиття і відскакування плазми дуги, невелика, і тут докладно не описується.

Розташований у центрі металевий екран 116 має конфігурацію, що забезпечує утримання електропровідної плазми дуги 220 і перешкоджає її осадженню на поверхню ізолятора 115.

Аналогічним чином, торцеві екрани 113 і 114 мають конфігурацію, що забезпечує утримання електропровідної плазми дуги 220, яка проходить по краях центрального екрана 116.

Торцеві екрани 113 і 114 перешкоджають осадженню плазми дуги 220 на певні поверхні ізолятора 115 і захищають місця з'єднання 125-126 на кінцях ізолятора 115 від високої електростатичної напруги (електростатичного поля). Кожний з екранів 113, 114, 116 може містити одну або більше вставок з міді, нержавіючої сталі і/або іншого відповідного матеріалу.

В залежності від характеристик електроенергетичної системи, пов'язаної з вакуумним вимикачем 100, основна напруга (іншими словами, перехідна відновна напруга або "ПВН") - значно більша від номінальної напруги електроенергетичної системи - може з'явитися через короткий час після згасання дуги. Наприклад, для енергетичних систем напругою 38 кВ ПВН має пікове значення до 71,7 кВ або навіть 95,2 кВ. Така напруга з'являється через дуже короткий час, порядку 20-70 мікросекунд. Вакуумний вимикач 100 має таку конфігурацію, яка дозволяє витримати такі та інші перехідні напруги, що набагато перевищують номінальну напругу системи. Наприклад, для установки напругою 38 кВ вимикач 100 може мати таку конфігурацію, яка дозволить йому витримувати або утримувати розімкнуте коло при імпульсних напругах змінного струму 70 кВ, або 150 кВ, або 170 кВ (BIL). Наприклад, такі напруги можуть виникати від комутуючих вузлів всередині електроенергетичної системи або поза нею або внаслідок розрядів блискавки.

Кути на поверхнях 101а та 102а електричних контактів відповідно 101 і 102, зворотні сторони 103а та 104а контактних покриттів відповідно 103 та 104, а також краї торцевих екранів 113 і 114 та центрального екрана 116 являють собою гострі кути і краї, які можуть викликати високу електростатичну напругу (електростатичне поле). Середньому фахівцю в цій галузі, який має намір реалізувати цей винахід, ясно, що електростатична напруга може змінюватися під дією трьох основних факторів: напруги, відстані і розміру. Наприклад, електростатична напруга між двома контактами вища там, де вища різниця потенціалів між контактами. Електростатична напруга між двома контактами нижча там, де більша відстань між розведеними контактами. Аналогічно, розмір (тобто габарити і форма) об'єкта впливає на електростатичну напругу. В загальному випадку, об'єкт, конструктивні елементи якого мають випуклості невеликого розміру і гострі скруглення, матиме високу електростатичну напругу. Надмірно високе електростатичне поле може призводити до ушкодження об'єкта або іншого середовища, яке зазнає дії напруги.

Висока температура парів металу також може знижувати здатність вакуумного вимикача 100 витримувати високі напруги. Наприклад, якщо гаряча плазма 220 проходить безпосередньо поблизу краю одного з екранів 113, 114 і 116, екран 113, 114 або 116 може стати надмірно гарячим, щоб витримати потрібну величину напруги. Тепло і електростатичне поле, прикладені до контактів 101 і 102 і країв екранів 113, 114 і 116, можуть викликати створення додаткової плазми дуги між контактами 101 і 102 або краями екранів 113, 114 і 116. Такий дуговий розряд може призвести до осадження парів металу на внутрішню поверхню ізолятора 115, і призвести до погіршення електричної стійкості вакуумного вимикача 100. Пари металу можуть осаджуватись на внутрішній поверхні ізолятора 115 навіть у тому випадку, якщо ця поверхня не знаходиться на лінії прямої видимості контактів 101 і 102.

На фігурах 3 і 4 зображені вертикальні поперечні перерізи іншого варіанта здійснення вакуумного вимикача 300. За виключенням деякої різниці в деталях екранів, вакуумний вимикач 300 ідентичний вакуумному вимикачу 100, описаному раніше з посиланням на фігури 1 і 2. На всіх фігурах 1-4 для позначення деталей, спільних для вакуумного вимикача 300 і вакуумного вимикача 100, використовуються однакові номери позицій. Такі однакові ознаки були вже докладно описані раніше з посиланням на фігури 1-2, тому зараз вони детально не описуються.

У прикладі вакуумного вимикача 300 кожний з центральних екранів 316 і торцевих екранів 313 і 314 включає закручені кінці 316а, 313а і 314а. Радіус кривизни завитків значно більший, ніж виконаний на краях екранів 113, 114 і 116 вакуумного вимикача 100. Більший радіус знижує електростатичну напругу на краях екранів 313, 314 і 316, підвищуючи тим самим рівень витримуваної напруги вакуумного вимикача 300 у порівнянні з рівнем витримуваної напруги вакуумного вимикача 100.

Завитки країв 316а центрального екрана 316 мають таку конфігурацію, яка дозволяє їм частково екранувати плазму 420, і перешкоджає останній проходити поблизу країв центрального екрана 316, захищаючи тим самим краї центрального екрана 316 від дії тепла плазми 420. Захищаючи краї центрального екрана 316 від дії теплової енергії, завитки такої конфігурації зменшують ймовірність того, що краї центрального екрана 316 зруйнуються або утворюють дугу.

Закручені кінці 313а, 314а і 316а екранів 313, 314 і 316 дорогі у виготовленні, потребують великих затрат при виконанні операцій обробки та очистки для забезпечення низького рівня

забруднень, який необхідний для їх включення у вакуумний вимикач. Як правило, щоб досягти потрібного рівня чистоти, деталі з міді та нержавіючої сталі вакуумного вимикача повинні бути електрополіровані. Внаслідок їх чашкоподібної конфігурації завитки на кінцях 313а, 314а і 316а екранів 313, 314 і 316 під час електрополірування можуть уловлювати повітря, кислоти або інші забруднення. Захоплене повітря призводить до неналежної очистки екранів 313, 314 і 316. Захоплена кислота або інші забруднення можуть потрапити у наступний вузол вакуумного вимикача 300. У будь-якому випадку уловлене повітря, кислота або інші забруднення призводять до погіршення роботи вакуумного вимикача 300. Ймовірність такого погіршення може бути знижена шляхом складання центрального екрана 316 з кількох очищених деталей. Однак таке складання збільшує кількість деталей, складність пристрою і його вартість.

На фігурах 5 і 6 зображені вертикальні поперечні перерізи іншого прикладу здійснення вакуумного вимикача 500. Аналогічно вакуумному вимикачу 100, описаному раніше з посиланням на фігури 1 і 2, вакуумний вимикач 500, зображений на фігурах 5 і 6, включає вакуумну камеру 530, призначену для забезпечення цілісності вакуумної ізоляції у відношенні елементів, розміщених у камері. Повітря видаляється з вакуумної камери 530, створюючи глибокий вакуум 517, який має високу електричну міцність і властивості, потрібні для відключення струму. Вакуумна камера 530 включає ізолятор 515, що містить керамічний матеріал і має, як правило, циліндричну форму. Рухомий електродний вузол 522 всередині камери 530 здатний переміщатись відносно нерухомого електродного вузла 524, дозволяючи або перешкоджаючи протіканню струму через вакуумний вимикач 500. Сильфон 518 всередині вакуумної камери 530 включає складений спіраллю еластичний матеріал, який має форму, що забезпечує герметичність вакуумної камери 530 під час переміщення рухомого електродного вузла 522 відносно нерухомого електродного вузла 524. Нижче наводиться більш докладний опис переміщення рухомого електродного вузла 522 відносно нерухомого електродного вузла 524.

Нерухомий електродний вузол 524 включає електричний контакт 501 і трубчастий спіральний провідник 505, в якому виконані прорізи 538. Електричний контакт 501 і трубчастий спіральний провідник 505 механічно зафіксовані на опорному стрижні 509. Наприклад, трубчастий спіральний провідник 505 може включати одну або більше вставок з міді або іншого відповідного матеріалу, а опорний стрижень 509 може включати одну або більше вставку з нержавіючої сталі або іншого відповідного матеріалу. Зовнішній провідний стрижень 507 кріпиться до опорного стрижня 509. Наприклад, електропровідний стрижень 507 може включати одну або більше вставок з міді або іншого відповідного матеріалу. Як опорний стрижень 509, так і електропровідний стрижень 507 можуть включати один або більше витків різі для полегшення виконання електричних або механічних з'єднань, необхідних для того, щоб пропускати струм через вакуумний вимикач 500 або розмикати чи замикає вакуумний вимикач 500.

Рухомий електродний вузол 522 включає електричний контакт 502 і трубчастий спіральний провідник 506, в якому виконані прорізи 544. Наприклад, трубчастий спіральний провідник 506 може включати одну або більше вставок з міді або іншого відповідного матеріалу. Провідний диск 523 кріпиться до сильфона 518 і до трубчастого спірального провідника 506 таким чином, що електричний контакт 502 може входити в стикання і виходити з стикання з електричним контактом 501 нерухомого електродного вузла 524. Кожний з електричних контактів 501 і 502 може включати мідь, хром і/або інший відповідний матеріал. Наприклад, кожний з електричних контактів 501 і 502 може включати суміш, що містить 70 % міді і 30 % хрому або суміш, що містить 35 % міді і 65 % хрому.

Рухомий електродний вузол 522 механічно зафіксований на опорному стрижні 510, який виходить з вакуумної камери 530 і кріпиться до рухомого стрижня 508. Наприклад, опорний стрижень 510 може включати одну або більше вставок з нержавіючої сталі або іншого відповідного матеріалу, а рухомий стрижень 508 може включати одну або більше вставок з міді або іншого відповідного матеріалу. Рухомий стрижень 508 і опорний стрижень 510 служать як зовнішній вивід для з'єднання вакуумного вимикача 500 з колом зовнішнього навантаження (не показано), а також як точка механічного приєднання вакуумного вимикача для його підключення. Як опорний стрижень 510, так і електропровідний стрижень 508 можуть включати один або більше витків різі, таких як витки різі 519, для полегшення виконання електричних або механічних з'єднань, необхідних для того, щоб пропускати струм через вакуумний вимикач 500 або розмикати чи замикає вакуумний вимикач 500.

Діаметр кожного з трубчастих спіральних провідників 505 і 506 вакуумного вимикача 500 більший, пропорційно діаметру його відповідних контактів, ніж діаметр трубчастих спіральних провідників 105 і 106 вакуумного вимикача 100 на фігурах 1 і 2. Наприклад, кожний з трубчастих спіральних провідників 505 і 506 має діаметр, який приблизно дорівнює діаметру відповідних

електричних контактів 501 і 502. Трубочасті спіральні провідники 505 і 506, які мають більші діаметри, потребують, щоб трубочасті спіральні провідники 505 і 506 містили більше міді або інших матеріалів, ніж трубочасті спіральні провідники 105 і 106 вакуумного вимикача 100 на фігурах 1 і 2. Таким чином, більші діаметри трубочастих спіральних провідників 505 і 506  
 5 приводять до збільшення вартості трубочастих спіральних провідників 505 і 506 порівняно з трубочастими спіральними провідниками 105 і 106 вакуумного вимикача 100 на фігурах 1 і 2. Аналогічно, більший діаметр рухомого трубочастого спірального провідника 506 приводить до збільшення маси рухомого трубочастого спірального провідника 506 порівняно з трубочастим спіральним провідником 106, вимагаючи, таким чином, більшого навантаження на механізм, що  
 10 діє на контакти, для розмикання або замикання вакуумного вимикача 500 при потрібних робочих швидкостях, ніж те, яке було б необхідним для розмикання або замикання вакуумного вимикача 100 при таких самих потрібних робочих швидкостях.

Вакуумна ізоляція на кожному кінці ізолятора 115 забезпечується за допомогою металевих торцевих кришок 511 та 512, припаяних до металізованої поверхні на ізоляторі 515, у місцях  
 15 з'єднання 525-526. Торцеві кришки 511 та 512 забезпечують герметичність вакуумного вимикача 500. Торцева кришка 511 закріплена між провідним диском 507 і трубочастим спіральним провідником 505. Торцева кришка 512 розташована між сільфоном 518 і провідним диском 513. Торцеві кришки 511 і 512 виконані скругленими і увігнутими до простору вакуумної камери 530. Торцеві кришки 511 і 512 діють як торцеві кришки і як торцеві екрани, як правило як торцеві  
 20 кришки 111 і 112 і як торцеві екрани 113 і 114 вакуумного вимикача 100, зображеного на фігурі 1.

Коли вакуумний вимикач 500 знаходиться у замкнутому положенні, як показано на фігурі 5, струм може протікати, наприклад, від трубочастого спірального провідника 505 нерухомого електродного вузла 524, електричного контакту 501 нерухомого електродного вузла 524 і  
 25 електричного контакту 502 рухомого електродного вузла 522 до трубочастого спірального провідника 506 рухомого електродного вузла 522 так, що по контактах 501 і 502 у відповідному трубочастому спіральному провіднику 505 і трубочастому спіральному провіднику 506 струм протікає безпосередньо від кінців прорізів 538 і 544. Прорізи 538 у трубочастому спіральному провіднику 505 мають таку конфігурацію, що перед тим як надійти на електричний контакт 501,  
 30 струм змушений проходити по практично кільцевій траєкторії. Аналогічним чином, прорізи 544 у трубочастому спіральному провіднику 506 мають таку конфігурацію, що струм, який виходить з електричного контакту 502, змушений проходити по практично кільцевій траєкторії, перед тим як вийти з вакуумного вимикача 500 через рухомий стрижень 508. Середньому фахівцю в цій галузі, який має вигоди від розкриття цього винаходу, ясно, що напрямок струму можна  
 35 реверсувати.

Контактне покриття 503 розташоване між електричним контактом 501 і трубочастим спіральним провідником 505 нерухомого електродного вузла 524. Аналогічно, контактне покриття 504 розташоване між електричним контактом 502 і трубочастим спіральним провідником 506 рухомого електродного вузла 522. Кожне з контактних покриттів 503 та 504  
 40 може містити одну або більше вставок з міді, нержавіючої сталі і/або іншого відповідного матеріалу. Контактні покриття 503 і 504 і прорізи 538 і 544 трубочастих спіральних провідників 505 і 506 використовуються для створення аксіального магнітного поля.

Коли вакуумний вимикач 500 знаходиться в розімкнутому положенні, як показано на фігурі 6, електричні контакти 501 та 502 утворюють електричну дугу, поки наступного разу струм не  
 45 пройде через нуль. Аксіальне магнітне поле, що генерується контактними покриттями 503 та 504 і прорізами 538 та 544 трубочастих спіральних провідників 505 і 506, регулює електричну дугу між електричними контактами 501 і 502. Наприклад, аксіальне магнітне поле може викликати дифузійну дугу між електричними контактами 101 і 102.

[00039] Дуга складається з парів металу, які зазвичай називають "плазма", що випаровуються з поверхні кожного електричного контакту 501, 502. Більшість парів металу з  
 50 кожного електричного контакту 501, 502 осаджується на інший електричний контакт 501, 502. Пари, що залишились, розсіюються всередині вакуумної камери 530. Первинна область, яка може бути заповнена плазмою дуги, може бути легко розрахована по лінії прямої видимості від контактів 501 і 502 і показана позицією 620 на фігурі 6. Вторинна область плазми дуги, яка утворюється внаслідок відбиття і відскакування плазми дуги, невелика, і тут докладно не описується.

Розташований у центрі металевий екран 516 має конфігурацію, що забезпечує утримання електропровідної дугової плазми 620 і запобігає її осадженню на поверхню ізолятора 515. Торцеві кришки 511 і 512 мають таку конфігурацію, яка забезпечує утримання електропровідної  
 60 дугової плазми 620, яка проходить поблизу країв центрального екрана 516. Торцеві кришки 511 і

512 запобігають осадженню дугової плазми 620 на поверхню ізолятора 515 і захищають місця з'єднання 525-526 на кінцях ізолятора 515 від високої електростатичної напруги. Кожна з кришок 511, 512 і 516 може містити одну або більше вставок з міді, нержавіючої сталі і/або іншого відповідного матеріалу.

Центральний екран 516 містить стандартний матеріал більшої товщини, ніж центральний екран 116 вакуумного вимикача 100, зображеного на фігурі 1, що дозволяє виконати більше скруглення на краях центрального екрана 516. Це більше скруглення на краях центрального екрана 516 і більше утворене скруглення в комбінованих торцевих кришках/торцевих екранах 511 і 512 знижують електростатичну напругу в вакуумному вимикачі 500, що приводить до підвищення електричної міцності. Аналогічним чином, практично однакові діаметри трубчастих спіральних провідників 505 і 506, електричних контактів 501 і 502 і контактних покриттів 503 і 504 знижують електростатичну напругу на кутах зовнішніх поверхонь 501а та 502а контактів 501 і 502, а також на зовнішніх діаметрах контактів 501 і 502 і контактних покриттів 503 та 504, що приводить до підвищення електричної міцності. Зниження електростатичної напруги на електричних контактах 501 і 502 приводить також до меншого дугоутворення та ерозії контактів на електричних контактах 501 і 502, забезпечуючи збільшення строку корисності виробу. Однак тепло дуги плазми 620 і в цьому варіанті може викликати розряд або утворити дугу між краями центрального екрана 516 і торцевих кришок 511 та 512 під час відключення струму КЗ, призводячи до зниження працездатності ізолятора 515 внаслідок осадження парів металу.

На фігурах 7 і 8 показані вертикальні перерізи ще одного варіанта здійснення винаходу вакуумного вимикача 700. За виключенням деякої різниці в деталях екранів, контактного покриття і деталях трубчастих спіральних провідників, вакуумний вимикач 700 ідентичний вакуумному вимикачу 500, описаному раніше з посиланням на фігури 5 і 6. На всіх фігурах 5-8 для позначення деталей, спільних для вакуумного вимикача 700 і вакуумного вимикача 500, використовуються однакові номери позицій. Такі однакові ознаки були вже докладно описані раніше з посиланням на фігури 5 і 6, тому зараз вони детально не описуються.

Кожний з трубчастих спіральних провідників 705 і 706 вакуумного вимикача 700, зображеного на фігурах 7 і 8, має менший діаметр, ніж трубчасті спіральні провідники 505 і 506 вакуумного вимикача 500, зображеного на фігурах 5 і 6. Наприклад, кожен з трубчастих спіральних провідників 705 і 706 має розмір, аналогічний розміру трубчастих спіральних провідників 105 і 106 вакуумного вимикача 100, зображеного на фігурах 1 і 2. Менший діаметр трубчастих спіральних провідників 705 і 706 забезпечує зменшення вартості трубчастих спіральних провідників 705 і 706 порівняно з трубчастими струмопровідними елементами 505 і 506 вакуумного вимикача 500, зображеного на фігурах 5 і 6. Аналогічно, менший діаметр рухомого трубчастого спірального провідника 706, з'єданого з рухомим електродним вузлом 722, забезпечує зменшення маси у порівнянні з рухомим трубчастим спіральним провідником 506, вимагаючи, таким чином, меншого навантаження на механізм, що діє на контакти, для розмикання або замикання вакуумного вимикача 700 при потрібних робочих швидкостях, ніж те, яке було б необхідне для механізму, що діє на контакти, для розмикання або замикання вакуумного вимикача 500 при таких же потрібних робочих швидкостях.

Як і контактні покриття 103, 104, 503 і 504 вакуумних вимикачів 100, 300 і 500, зображених на фігурах 1-6, контактні покриття 703 і 704 вакуумного вимикача 700, показані на фігурах 7-8, мають конфігурацію, що дозволяє коригувати магнітне поле на електричних контактах 501 і 502 рухомого електродного вузла 722 і нерухомого електродного вузла 724.

Контактні покриття 703 і 704 мають конфігурацію, що дозволяє також коригувати електростатичну напругу. Контактне покриття 703 проходить перпендикулярно осі трубчастого спірального провідника 705, з зовнішнього боку трубчастого спірального провідника 705, перекриваючи принаймні частину трубчастого спірального провідника 705. Аналогічно, контактне покриття 704 проходить перпендикулярно осі трубчастого спірального провідника 706, з зовнішнього боку трубчастого спірального провідника 706, перекриваючи принаймні частину трубчастого спірального провідника 706. Така конфігурація дозволяє куту кожного контактного покриття 703, 704, розташованому напроти електричних контактів 501 і 502, мати широке скруглення 703b, 704b, а отже, низьку електростатичну напругу. Така конфігурація дозволяє також забезпечити зниження електростатичної напруги на кутах зовнішніх поверхонь 501а і 502а контактів 501 і 502, а також на зовнішніх діаметрах контактів 501 і 502 і контактних покриттів 703 і 704, викликаній близькістю більшою осьовою довжиною контактних покриттів 703 і 704.

Таким чином, контактні покриття 703 і 704 приводять до більш високого рівня відновлення напруги або стійкості відносно до напруги і до зменшення ерозії електричних контактів 501 і 502. Ці властивості з'являються у вакуумному вимикачі 700, який має більш високий рівень струму



відключення КЗ або номінальну напругу, ніж вакуумний вимикач 100 на фігурах 1 і 2. Наприклад, більш високий рівень струму відключення КЗ або номінальна напруга може бути порівнянною з рівнем струму відключення КЗ або номінальною напругою вакуумного вимикача 500 на фігурах 5 і 6.

5 Контактні покриття 703 та 704 можуть містити одну або більше вставок з нержавіючої сталі і/або іншого відповідного матеріалу. Наприклад, контактні покриття 703 та 704 можуть містити матеріал, який забезпечує більш високий рівень стійкості відносно до напруги, ніж інші матеріали, такі як мідь, яка використовується в інших контактних покриттях вакуумних вимикачів.

10 Контактне покриття 703 включає канавку 703а, яка має таку конфігурацію, яка забезпечує можливість розміщення у ній виступу 705а в трубчастому спіральному провіднику 705. Аналогічно, контактне покриття 704 включає канавку 704а, яка має конфігурацію, що забезпечує можливість розміщення у ній виступу 706а в трубчастому спіральному провіднику 706. Частина кожного контактного покриття 703, 704, розташована між відповідним виступом 705а, 706

15 контактного покриття і електричним контактом 501, 502, має товщину, достатню для того, щоб звести до мінімуму опір електричного струму від кожного трубчастого спірального провідника 705, 706 до кожного електричного контакту 501, 502, а також достатню для того, щоб змінити протікання струму з метою коригування магнітного поля на електричних контактах 501 і 502.

20 Центральний екран 716 вакуумного вимикача 700 приблизно має форму кривої подвійної "S" з двома кінцями 716а, що розширюються. Кожен кінець 716а включає сегмент 716аа, який виконаний спрямованим всередину, в напрямку від ізолятора 515, і сегмент 716аб, який виконаний спрямованим назовні, у напрямку ізолятора 515. У цьому варіанті виконання сегменти 716аа і 716аб утворюють вигини, які мають скруглення, аналогічні скругленням закручених кінців 316а центрального екрана 316 вакуумного вимикача 300 на фігурах 3 і 4,

25 описаного вище. В альтернативних конструктивних виконаннях сегменти 716аа і 716аб можуть мати різні скруглення вигинів. Ці вигини дозволяють знизити електростатичну напругу центрального екрана 716.

Край 716ас центрального екрана 716 спрямований від джерела напруженості, оскільки вони розташовані у зоні потенціалу і ослабленої напруги частини центрального екрана 716, що залишилась. Наприклад, кожний з країв 716ас може бути розміщений під кутом приблизно 90

30 градусів відносно поздовжньої осі трубчастих спіральних провідників 705 і 706. Як варіант, край 716ас можуть бути розміщені під гострими або тупими кутами відносно поздовжньої осі трубчастих спіральних провідників 705 і 706. Край 716ас не знаходяться на прямому шляху дугової плазми 820 під час утворення дуги. Таким чином, край 716ас захищені від дугової плазми 820, зменшуючи ймовірність або виключаючи руйнування країв 716ас внаслідок підводу тепла плазми 820.

35

Оскільки вигини на краях 716а центрального екрана 716 не утворюють чашки, як завитки у центральному екрані 316 вакуумного вимикача 300 на фігурах 3 і 4, то центральний екран 716 може бути легко виготовлятися і очищатися відомими способами. Використання центрального

40 екрана 716 у сполученні з комбінованими торцевими кришками/торцевими екранами 511 і 512 забезпечує зниження електростатичної напруги в вакуумному вимикачі 700, що приводить до більш високого рівня відновлення напруги або стійкості відносно до напруги. У деяких альтернативних варіантах здійснення винаходу замість комбінованих торцевих кришок/торцевих екранів 511 і 512 можуть бути використані альтернативні торцеві

45 кришки/торцеві екрани, такі як ті, що були описані вище з посиланням на фігури 1-4.

Кожний з екранів 716, 511 і 512 може містити одну або більше вставок з міді, нержавіючої сталі і/або іншого відповідного матеріалу або їх комбінацій. Наприклад, у деяких альтернативних варіантах здійснення винаходу екран 716 може включати дві вставки металу, з'єднані разом, для створення виступу 739 на одній або на обох вставках, де виступ 739 має

50 конфігурацію, яка дозволяє входити в зачеплення з відповідною канавкою 740 на ізоляторі 515. Можуть використовуватись альтернативні засоби кріплення/вирівнювання екрана 716 до ізолятора 515 або інші способи фіксації/вирівнювання екрана 716 всередині камери 730 вакуумного вимикача 700. Наприклад, екран 716 може включати канавку для розміщення в ній відповідного виступу ізолятора 515. Для простоти місце, в якому екран 716 і ізолятор 515 з'єднуються, позначається в цьому описі як "точка з'єднання" 738.

55

Два сегменти 716ад екрана 716 розміщені на протилежних точці з'єднання 738 сторонах. Сегмент 716аа екрана 716 розташований між сегментом 716ад і сегментом 716аб. Відстань по осі між сегментом 716аб і сегментом 716ад більша, ніж відстань по осі між сегментом 716аа і сегментом 716ад. Перший кінець 716ааа сегмента 716аа з'єднаний з сегментом 716ад, а другий

60 кінець 716ааб сегмента 716аа з'єднаний з сегментом 716аб. Перший кінець 716ааа сегмента

716аа, розташованого поблизу нерухомого електродного вузла 724, розташований між контактним покриттям 703 нерухомого електродного вузла 724 і кришкою 511. Сегмент 716аа проходить від першого кінця 716ааа криволінійно у напрямку кришки 511. Аналогічно, перший кінець 716ааа сегмента 716аа, розташованого поблизу рухомого електродного вузла 722, розташований між контактним покриттям 704 рухомого електродного вузла 722 і проходить від першого кінця 716ааа криволінійно у напрямку кришки 512.

На фігурі 9 наведена блок-схема, що показує варіант виконання електроенергетичної системи 900 з використанням вакуумного вимикача 700, зображеного на фігурах 7 і 8. Джерело живлення 905, таке як високовольтна лінія електропередачі, що йде від електростанції або іншої мережі живлення, передає енергію споживачам 935 через підстанцію 910, електроенергетичні розподільні лінії 950, розподільний пристрій 955 і розподільні трансформатори 960. Незважаючи на те, що енергетична система 900, наведена на фігурі 9, включає лише одну підстанцію 910 і лише одну комбінацію електроенергетичних розподільчих ліній 950, розподільного пристрою 955, розподільних трансформаторів 960 і споживачів 935, фахівець з середнім рівнем знань, який має намір реалізувати цей винахід, розумітиме, що енергетична система 900 може включати будь-яку кількість підстанцій 910, електроенергетичних розподільчих ліній 950, розподільних пристроїв 955 і розподільних трансформаторів 960.

Вміст підстанції 910 був спрощений для кращого розуміння і може включати високовольтний розподільний пристрій 915 з одного боку трансформатора 920 і розподільний пристрій середньої (зазвичай називається "клас розподілення") напруги 925 з другого боку трансформатора 920. Джерело живлення 905 передає енергію по високовольтних кабелях 907 до високовольтного розподільного пристрою 915, який передає потужність на розподільний пристрій середньої напруги 925 через трансформатор 920. Розподільний пристрій середньої напруги 925 передає потужність на електроенергетичні розподільні лінії 950.

Термін "висока напруга" вживається тут для позначення напруги вище за 38 кВ. Термін "низька напруга" вживається тут для позначення напруги від 120 В до 240 В. Термін "середня напруга" вживається тут для позначення напруг, які використовуються для електроенергетичних розподільчих ліній і займають проміжне положення між "високими" і "низькими" напругами.

Трансформатор 920 передає енергію від однієї електричної мережі до другої електричної мережі за допомогою магнітної муфти. Наприклад, трансформатор 920 може включати дві або більше подвійні обмотки і магнітний сердечник для концентрації потоку силових ліній. Напруга, прикладена до однієї обмотки, створює змінний у часі потік силових ліній у сердечнику, що наводить напругу в інших обмотках. Відносне число витків обмотки визначає коефіцієнт трансформації по напрузі між обмотками, трансформуючи таким чином напругу від однієї мережі до іншої.

Розподільні електричні лінії 950 отримують потужність від розподільного пристрою середньої напруги 925 підстанції 910 і передають отриману потужність споживачам 935. Одна підстанція 910 може забезпечувати енергією велику кількість різних розподільних фідерів 970. У першому розподільному фідері 970а підстанція 910 передає потужність безпосередньо споживачам 935 через розподільні електричні лінії 950. В інших розподільних фідерах 970b і 970с підстанція 910 забезпечує енергією велику кількість споживачів через розподільчі електричні лінії 950 і один або більше розподільчих пристроїв 955, з'єднаних з ними. Наприклад, кожний розподільний пристрій 955 може включати вакуумний вимикач 700, який має таку конфігурацію, яка дозволяє відключати пошкоджені ділянки у розподільних електричних лініях 950. Розподільний пристрій 955 може відключати пошкоджені ділянки без припинення подачі енергії в інші, придатні до експлуатації, розподільні електричні лінії 950.

У розподільному фідері 970с розподільна електрична лінія 950 поділена на велику кількість сегментів 970са та 970сб. Кожен сегмент 970са, 970сб включає розподільний пристрій 955, який має таку конфігурацію, яка дозволяє відключати пошкоджені ділянки у сегменті 970са, 970сб. Така конфігурація дозволяє розподільному пристрою 955 у сегменті 970сб відключати пошкоджені ділянки у сегменті 970сб без припинення подачі енергії в Інший, придатний до експлуатації сегмент 970са.

Споживачі 935 можуть отримувати струм середньої напруги безпосередньо від розподільних ліній 950 або від розподільного трансформатора 960, з'єданого з розподільними лініями 950. Розподільний трансформатор 960 має конфігурацію, яка дозволяє знизити енергію середньої напруги від розподільних ліній 950 до низької напруги, наприклад до напруги змінного струму 120 В або 240 В в домашній електромережі. Кожен розподільний трансформатор 960 може забезпечувати струмом низької напруги одного або більше споживачів 935.

Кожний з розподільних пристроїв 915, 925 і 955 включає корпус, що містить вакуумний вимикач, який має конфігурацію, що дозволяє відключати струми КЗ в мережі, з'єднаній з розподільними пристроями 915, 925 і 955. Наприклад, кожний розподільний пристрій 955 може включати вакуумний вимикач 700, плавкий запобіжник і переривник кола.

Варіант енергетичної системи 900, показаний на фігурі 9, наведено лише як ілюстративний приклад компонентів, необхідних для забезпечення подачі енергії споживачам. Інші приклади здійснення винаходу можуть не містити всі компоненти, наведені на фігурі 9, або можуть включати додаткові компоненти. Наприклад, для фахівця з середнім рівнем знань у цій галузі, який має намір реалізувати цей винахід, очевидно, що хоча наведений приклад енергетичної системи 900, показаний на фігурі 9, включає три розподільних фідери 970 і два сегменти 970са і 970сб, енергетична система 900 може включати будь-яке відповідне число розподільних фідерів 970 і сегментів 970са і 970сб.

Дані випробувань

Випробування на стійкість струмам КЗ

Було виконано багато випробувань для визначення експлуатаційних характеристик деяких варіантів вакуумних вимикачів, які мають описані вище механічні властивості або конструктивні ознаки. Випробування включали оцінку експлуатаційних характеристик деяких варіантів вакуумних вимикачів у синтетичній схемі випробування і у випробувальному колі з повним навантаженням. У випробувальному колі з повним навантаженням струм відключення і відновна напруга надходили від генератора або від енергетичної системи. У синтетичній схемі випробування вимикачів струм відключення і відновна напруга надходили від батарей заряджених конденсаторів.

Випробування вимикачів у синтетичній схемі зазвичай проводяться при розробленні та випробуванні нового вакуумного вимикача, оскільки це більш кероване випробування і забезпечує більш точні показання вимірювальних приладів, ніж у випробувальному колі з повним навантаженням. Випробування з повним навантаженням зазвичай використовуються для підсумкової сертифікації і для випробувань повністю розробленого пристрою, і включає випробування вакуумного вимикача, механізму, який діє на контакти і механізму, який розмикає вакуумний вимикач, ізоляційної системи, пов'язаної з вакуумним вимикачем, і електронного блока керування, пов'язаного з вакуумним вимикачем.

Як правило, як при випробуванні вимикачів у синтетичній схемі, так і у випробувальному колі з повним навантаженням вакуумний вимикач перевіряється на відповідність вимогам, установленим стандартами з випробувань, таким як стандарт IEEE C37.60-2003. Зокрема, вакуумний вимикач випробується на відповідність стандарту рівнів відключення струмів КЗ і потрібних "режимів роботи" згідно з таблицею 6 стандарту C37.60-2003, а також перехідної відновної напруги (ПВН) згідно з таблицями 10а і 10b (які містять значення і час утримання перехідної відновної напруги як для трифазних, так і для однофазних систем відповідно) з C37.60-2003 в установленому порядку. Згідно з IEEE C37.60-2003, типовий вакуумний вимикач повинен відключати три різні рівні струмів КЗ і напруги. Наприклад, при роботі в мережах трифазного струму напругою 38 кВ при струмі відключення 12,5 кА вакуумний вимикач повинен виконувати 16 відключень КЗ при 90-100 % можливості КЗ, яка дорівнює 12,5 кА, з піковим значенням перехідної відновної напруги 71,7 кВ. Він повинен також виконувати 56 відключень при 45-55 % можливості КЗ (5,6-6,0 кА), з піковим значенням перехідної відновної напруги 78,1 кВ і 44 відключення при 15-20 % можливості КЗ (1,9-2,5 кА), з піковим значенням відновної перехідної напруги 82,4 кВ. Рівень перехідної відновної напруги, як правило, падає зі збільшенням струму КЗ. Отже, зазвичай вакуумний вимикач повинен виконувати у цілому 116 відключень КЗ. Деякі варіанти вакуумного вимикача можуть працювати в двох режимах, виконуючи 232 операції відключення КЗ.

Потрібний режим для однофазного електротехнічного пристрою - пристрій з одним вакуумним вимикачем - як правило, більш важкий, ніж для трифазного пристрою - пристрій з трьома вакуумними вимикачами. У трифазному пристрої будь-який вакуумний вимикач може отримати підтримку від інших двох вакуумних вимикачів. У багатьох випадках застосування перші два вакуумні вимикачі будуть виконувати всю роботу у трифазному пристрої. З використанням довільного часу роботи режим загрузки і напруга можуть бути розподілені рівномірно на всі три вакуумні вимикачі в електротехнічному пристрої. В однофазному пристрої один вакуумний вимикач повинен самостійно виконувати всі 116 (або 232) відключення. Складання навантаження на однофазному вакуумному вимикачі говорить про те, що потрібні рівні перехідної відновної напруги вищі для відключень у колі однофазного струму, ніж для відключень у колі трифазного струму. Наприклад, при роботі в мережах однофазного струму напругою 38 кВ потрібні рівні перехідної відновної напруги - 95, 2 кВ, 90,2 кВ і 82, 8 кВ, тоді як

при роботі в мережах однофазного струму значення дорівнюють відповідно 82,4 кВ, 78, кВ і 71,7 кВ.

В таблиці наводяться дані про роботу деяких варіантів вакуумних вимикачів, конструкція яких по суті аналогічна конструкції вакуумних вимикачів 100 і 500, зовнішній діаметр три дюйми і діаметр електричних контактів 1,75 дюйма:

Вакуумні вимикачі 100 і 500: результати випробувань на стійкість струмам

	Вимикач, практично аналогічний вимикачу за винаходом	Матеріал контакту	Матеріал контактного покриття	Випробування у синтетичній схемі або з повним навантаженням	Одна або три фази	Потужність відключення КЗ (кА)	Клас напруги (кВ)	Пікові значення ПВН (кВ) *	Всього # відключень **	# Немає відключення (лише у синтетичній схемі)
1	100	Cu35/Cr65	Мідь	3 повним навантаженням	Одна	8.0 кА	27 кВ	67.6 кВ	232	-
2	100	Cu35/Cr65	Мідь	3 повним навантаженням	Три	12.0 кА	27 кВ	58.6 кВ	232	-
3	100	Cu70/Cr30	Відсутній	3 повним навантаженням	Одна	12.5 кА	27 кВ	67.6 кВ	232	-
4	100	Cu70/Cr30	Відсутній	3 повним навантаженням	Три	12.5 кА	27 кВ	58.6 кВ	232	-
5	100	Cu70/Cr30	Відсутній	3 повним навантаженням	Три	12.5 кА	38 кВ	82.4 кВ	232	-
6	500	Cu70/Cr30	Нерж. сталь	У синтетичній схемі	-	16.0 кА	27 кВ	67.6 кВ	116	1-2
7	500	Cu70/Cr30	Нерж. сталь	У синтетичній схемі	-	12.5 кА	38 кВ	92.2 кВ	116	9-13
8	500	Cu70/Cr30	Нерж. сталь	У синтетичній схемі	-	12.5 кА	38 кВ	92.2 кВ		20
9	500	Cu70/Cr30	Нерж. сталь	3 повним навантаженням	Одна	12.5 кА	27 кВ	67.6 кВ	232	-
10	500	Cu70/Cr30	Нерж. сталь	3 повним навантаженням	Три	16.0 кА	27 кВ	58.6 кВ	232	-
			сталь	20						
11	500	Cu70/Cr30	Нерж. сталь	3 повним навантаженням	Три	12.5 кА	38 кВ	82.4 кВ	232	-

\* для випробування з повним навантаженням, не всі операції виконуються при піковому значенні ПВН, в залежності від рівня струму КЗ

\*\* не всі заміри при рівні струму КЗ 90-100 %, деякі при 15-20 % і 44-55 %, згідно з IEEE C37.60-2003

\*\*\* всі заміри при рівні струму КЗ 100 % з різними рівнями асиметрії для цієї серії

10 Як впливає з даних цієї таблиці, вакуумні вимикачі, наведені як приклади здійснення винаходу, успішно виконали один або два режими, потрібні згідно з вимогами C37.60-2003 при випробуванні при повному навантаженні, як при роботі в мережах трифазного струму напругою 38 кВ, так і при роботі в мережах однофазного струму напругою 27 кВ. Однак, вакуумні вимикачі, наведені як приклади здійснення винаходу, не пройшли випробувань при роботі в мережах однофазного струму напругою 38 кВ.

Перевірка деяких даних випробувань у синтетичній схемі показує, що при вищих рівнях перехідних відновної напруги вакуумні вимикачі за винаходом набагато менш успішно відключали струми КЗ після першого переходу через нуль. Перевірка вакуумних вимикачів за винаходом показала, що для більш низького класу напруги ступінь зносу контактів та ерозії, а також кількість осаджених частинок парів металу на внутрішніх поверхнях ізоляторів вакуумних вимикачів були прийнятними, однак при наближенні рівнів ПВН до потрібних при роботі в мережі однофазного струму напругою 38 кВ ці показники стали надто високими. Зокрема, у вакуумних вимикачах спостерігались ознаки утворення дуги від країв екранів, а також від контактів.

Були проведені аналогічні випробування деяких вакуумних вимикачів за винаходом, які мали подібні конструктивні ознаки з вакуумним вимикачем 700. Результати цих випробувань наведені в цій таблиці:

Вакуумний вимикач 700: результати випробувань на стійкість струмам КЗ

	ВВ, практично аналогічний вимикачу за винаходом	Матеріал контакту	Матеріал Контактного покриття	Випробування у синтетичній схемі або з повним навантаженням	Одна чи три фази	Потужність відключення КЗ(кА)	Клас напруги (кВ)	Пікові значення ПВН (кВ)*	Всього # відключень **	# Немає відключення (лише у синтетичній схемі)
1	700/100	Cu70/Cr30	Нерж. сталь	У синтетичній схемі	-	12.5 кА	38 кВ	92.2 кВ	120***	13-17
2	700	Cu35/Cr65	Мідь	У синтетичній схемі	-	12.5 кА	38 кВ	92.2 кВ	116	14
3	700	Cu35/Cr65	Нерж. сталь	У синтетичній схемі	-	12.5 кА	38 кВ	92.2 кВ	116	12
4	700	Cu70/Cr30	Нерж. сталь	У синтетичній схемі		12.5 кА	38 кВ	92.2 кВ	116	5-7
5	700	Cu70/Cr30	Нерж. сталь	З повним навантаженням	Одна	12.5 кА	38 кВ	95.2 кВ	232	-

\* для випробування з повним навантаженням, не всі операції-при піковому значенні ПВН, в залежності від рівня струму КЗ

\*\* не всі заміри при рівні струму КЗ 90-100 %, деякі при 15-20 % і 44-55 %, згідно з ШЕЕ С37.60-2003

\*\*\* всі заміри при рівні струму КЗ 100 % з різними рівнями асиметрії для цієї серії

Перший вакуумний вимикач, що пройшов випробування, мав екран, по суті аналогічний екрану 716 вакуумного вимикача 700 на фігурі 7 і контактні покриття, по суті аналогічні контактним покриттям 103 і 104 вакуумного вимикача 100 на фігурі 1. Цей вакуумний вимикач проходив випробування при 100 % струму КЗ, з різними рівнями асиметрії. Результати випробування можуть бути порівняні з результатами аналогічного випробування на вакуумному вимикачі 500, поданих вище в таблиці, де наведені результати вакуумних вимикачів 100 і 500 (номер 8). Тоді як число неуспішних відключень при першому проході струму через нуль для вакуумного вимикача (13-17) зменшилось відносно числа неуспішних відключень при першому проході струму через нуль вакуумного вимикача 500 (20), ознаки зносу контактів і ерозії у вакуумному вимикачі спостерігались і в цьому випадку.

Другий і третій випробувані вакуумні вимикачі 700 включали електричні контакти 501 і 502, які містили сплав, що складався з 35 % міді і 65 % хрому, і контактні покриття, по суті аналогічні контактним покриттям 703 і 704 вакуумного вимикача 700 на фігурі 7. Другий вакуумний вимикач 700 включав мідні електричні контакти 703 і 704. Третій вакуумний вимикач 700 включав електричні контакти 703 і 704 з нержавіючої сталі. Ці вакуумні вимикачі 700 мали однакові кількості неуспішних відключень КЗ на першому переході струму через нуль (12-14) відносно

числа неуспішних відключень КЗ на першому переході струму через нуль у вакуумному вимикачі 500, випробуваному при тій же напрузі і такому ж режимі (9-13), про що свідчать дані, що містяться у наведеній вище у таблиці з результатами випробувань вакуумних вимикачів 100 і 500 (номер 7).

Четвертий випробуваний вакуумний вимикач 700 включали електричні контакти 501 і 502, які містили сплав, що складався з 70 % міді і 30 % хрому, і контактні покриття з нержавіючої сталі, по суті аналогічні контактним покриттям 703 і 704 вакуумного вимикача 700 на фігурі 7. При випробуванні у синтетичній схемі цей вакуумний вимикач 700 мав значно меншу кількість не успішно відключених КЗ на першому переході струму через нуль (5-7). При перевірці після випробування електричні контакти 701 і 702 показали незначну кількість або відсутність ознак зносу та ерозії; аналогічним чином, на ізоляторі 515 спостерігалось дуже незначне осадження парів металу, і на екранах 716, 511 і 513 спостерігалось незначне дуго утворення або дуго утворення було взагалі відсутнє.

П'ятий вакуумний вимикач 700, конструкція якого по суті аналогічна четвертому вакуумному вимикачу, показав хороші результати і при випробуванні з повним навантаженням. При випробуванні в мережі однофазного струму напругою 38 кВ вакуумний вимикач 700 успішно виконав два режими відключення КЗ згідно з IEEE C37.60-2003, демонструючи здатність вакуумного вимикача відключати і витримувати високі рівні перехідної відновної напруги у мережі однофазного струму напругою 38 кВ, тобто: 82,8 кВ для 90-100 % рівня струму КЗ, 90,2 кВ для 45-55 % рівня струму КЗ і 95,2 кВ для 15-20 % рівня струму КЗ.

Випробування основного імпульсного рівня міцності ізоляції (BIL):

Були проведені численні випробування різних конструкцій вакуумних вимикачів за винаходом як з рідкою, так і з твердою ізоляцією, за допомогою генератора імпульсів для моделювання рівня витримуваної напруги при різних перехідних режимах, таких як грозова перенапруга. Вакуумні вимикачі випробувались на відповідність вимогам установлених стандартів з випробування, в тому числі стандарту IEEE C37.60-2003, зокрема розділу 6.2.1.1 цього стандарту під назвою "Витримувана випробувальна напруга грозового імпульсу" Згідно з вимогами стандарту IEEE C37.60-2003, вимикач має витримувати (тобто зберігати напругу без розряду) хвилю напруги, яка піднімається до заданого пікового значення за 1,2 мікросекунди, а потім падає до половини цього пікового значення за 50 мікросекунд. Вакуумний вимикач повинен витримувати напругу в чотирьох режимах: збуджуваний на рухомому кінці як позитивними, так і негативними хвилями напруги, в той час як нерухомий кінець заземлений, збуджуваний з нерухомого кінця позитивними і негативними хвилями напруги, в той час як рухомий кінець заземлений. Під час кожного режиму вимикач повинен витримувати три імпульси високої напруги. Якщо вакуумний вимикач нездатний витримати який-небудь із цих імпульсів високої напруги, то для того, щоб відповідати вимогам стандарту, вакуумний вимикач повинен успішно витримати дев'ять додаткових імпульсів напруги (без жодного неуспішного відключення). Як варіант, вакуумний вимикач може бути підданий дії 15 імпульсних хвиль у кожному режимі, з яких вакуумний вимикач має право не витримати максимум дві, для виконання вимог стандарту МЕК 60060-1-1989-11.

Як правило, при роботі в системі напругою 27 кВ вакуумний вимикач витримує імпульсну напругу, що дорівнює 125 кВ. У системи напругою 38 кВ вакуумний вимикач, як правило, витримує імпульсну напругу, що дорівнює 150 кВ. Однак у зв'язку з високими оцінками енергетичних систем стає звичним, що вакуумний вимикач здатний витримувати 170 кВ.

Наведена нижче таблиця містить велику кількість результатів випробувань, на основі яких можна отримати типовий очікуваний діапазон витримуваної імпульсної напруги при збереженні діелектричної міцності ізоляції для вакуумних вимикачів 100, 500 і 700. Кожний вакуумний вимикач мав зовнішній діаметр три дюйми і діаметр електричних контактів 1,75 дюйма. У деяких випадках випробування на витримувану імпульсну напругу проводилися лише для деяких режимів, чим пояснюються пусті графи в таблиці. В деяких випадках випробувались невеликі зразки, що привело до меншого, ніж звичайно, розкиду точок для розподілу вимірів.

Результати випробування витримуваної імпульсної напруги для вакуумних вимикачів 100, 500 і 700

ВВ, практично аналогічний вимикачу за винаходом:	Матеріал контакту	Контактне покриття	Типовий ВІЛ, рухомий кінець + (кВ)	Типовий ВІЛ, рухомий кінець -(кВ)	Типовий ВІЛ, нерухомий кінець + (кВ)	Типовий ВІЛ, нерухомий кінець - (кВ)
100	Cu70/Cr30	Відсутнє	140-160	140-160	140-160	140-160
500	Cu70/Cr30	Нерж. Сталь	145-160	145-160	145-160	145-160
700/100*	Cu70/Cr30	Нерж. Сталь	145-175	160-170	-	-
700	Cu35/Cr65	Мідь	170	160-170	-	-
700**	Cu35/Cr65	Нерж. Сталь	150+	150+	-	-
700	Cu70/Cr30	Нерж. Сталь	155-175	160-175	160-175	155-175

\* Вимикач по суті аналогічний вимикачу 700, але з використанням контактного покриття з нержавіючої сталі 100

\*\* Вимикач не випробували на напругу вище 150 кВ

Як свідчать ці результати випробувань, вакуумні вимикачі, конструкція яких по суті аналогічна конструкції вакуумних вимикачів 100, 500 за винаходом, витримують імпульсну напругу, що становить приблизно 145-160 кВ, вакуумні вимикачі, які за конструкцією по суті аналогічні вакуумному вимикачу 700 за винаходом, здатні витримувати вищу імпульсну напругу, порядку 160-175 кВ.

На завершення слід відзначити, що описані вище варіанти здійснення винаходу являють собою вакуумний вимикач. Для фахівця з середнім рівнем знань в даній галузі, який має намір реалізувати цей винахід, очевидно, що можуть мати місце багато інших модифікацій, ознак і варіантів виконання. Наприклад, деякі з описаних тут варіантів здійснення можуть бути використані в інших типах розподільних механізмів з вакуумними вимикачами, таких як вакуумні перемикачі, що використовуються в ізоляторах розподільної лінії, вмикальних або вимикальних конденсаторних батареях, що застосовуються для керування якістю електроенергії. У багатьох з цих виробів, що зазнають дії високої напруги і мають відповідати вимогам щодо забезпечення високого комутаційного ресурсу, можуть бути використані і/або впроваджені описані тут варіанти здійснення винаходу. У зв'язку з цим слід враховувати, що багато аспектів винаходу було описано вище лише як приклад і вони не розглядаються як необхідний або суттєвий елемент винаходу, якщо не застережене інше. Слід також розуміти, що винахід не обмежується прикладами виконання, зображеними на фігурах, що прикладаються, і що можуть бути внесені різні зміни, які не виходять за межі суті, об'єму та ідеї винаходу, який визначається формулою, що прикладається.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- Електродний вузол вакуумного вимикача (700), що містить: електричний контакт (501); спіральний провідник (705), що має поздовжню вісь, яка простягається по суті перпендикулярно до діаметра спірального провідника; і контактне покриття (703), що розташоване між електричним контактом (501) і спіральним провідником (705), контактне покриття містить ділянку, що простягається в осьовому напрямі назовні діаметру спірального провідника (705) таким чином, що ділянка контактного покриття (703) оточує щонайменше поздовжню ділянку спірального провідника (705), де осьовий напрям є, по суті, паралельним поздовжній осі спірального провідника (705), де ділянка контактного покриття визначає щонайменше частину зовнішньої периферії електродного вузла.
- Електродний вузол за п. 1, який **відрізняється** тим, що контактне покриття містить канавку (703а), і який відрізняється тим, що спіральний провідник (705) містить виступ (705а), який розташований принаймні частково в межах канавки.
- Електродний вузол за п. 1, який **відрізняється** тим, що контактне покриття (703) має діаметр, по суті, рівний до зовнішнього діаметра електричного контакту (501).
- Електродний вузол за п. 1, який **відрізняється** тим, що ділянка контактного покриття має форму випуклої кривої.

5. Електродний вузол за п. 1, який **відрізняється** тим, що контактне покриття знижує електростатичну напругу вакуумного вимикача.
6. Електродний вузол за п. 1, який **відрізняється** тим, що вакуумний вимикач є вакуумним вимикачем на випадок несправності.
- 5 7. Електродний вузол за п. 1, який **відрізняється** тим, що спіральний провідник містить канавку (703a), і який відрізняється тим, що контактне покриття має виступ (705a), що розташований принаймні частково в межах канавки.
8. Електродний вузол за п. 7, який **відрізняється** тим, що канавка (703a) зчіплюється зі щонайменше трьома сторонами виступу (705a).
- 10 9. Електродний вузол за п. 2, який **відрізняється** тим, що канавка (703a) зчіплюється зі щонайменше двома сторонами виступу (705a).
10. Електродний вузол за п. 2, який **відрізняється** тим, що канавка (703a) зчіплюється зі щонайменше трьома сторонами виступу (705a).
11. Електродний вузол за п. 7, який **відрізняється** тим, що канавка (703a) зчіплюється зі
- 15 щонайменше двома сторонами виступу (705a).
12. Електродний вузол за п. 1, який **відрізняється** тим, що периметр контактного покриття (703), по суті, дорівнює периметру електричного контакту (501).
13. Електродний вузол за п. 1, який **відрізняється** тим, що контактне покриття (703) містить нержавіючу сталь.
- 20 14. Електродний вузол за п. 2, який **відрізняється** тим, що виступ (705a) містить кінець спірального провідника (705).

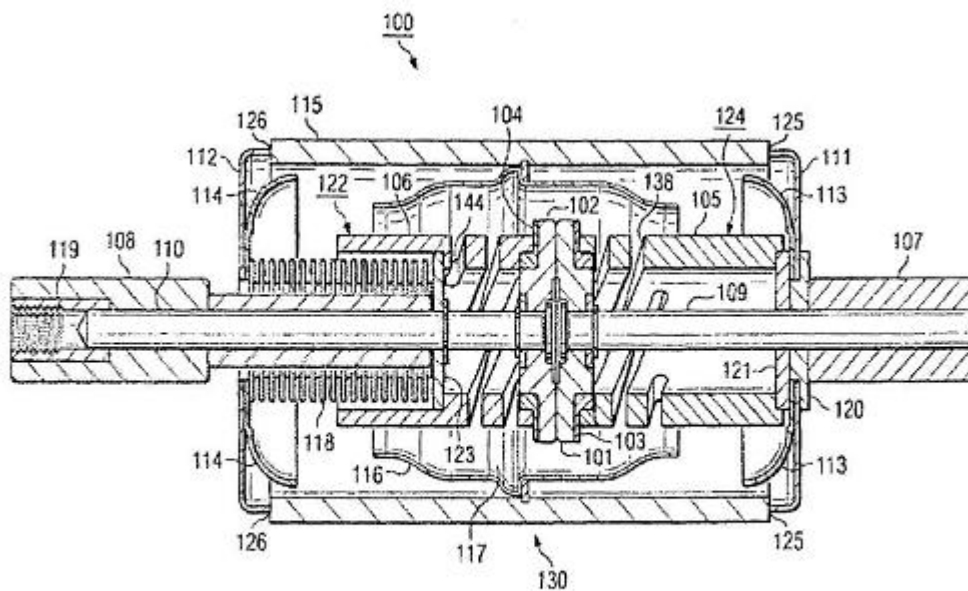


Fig. 1



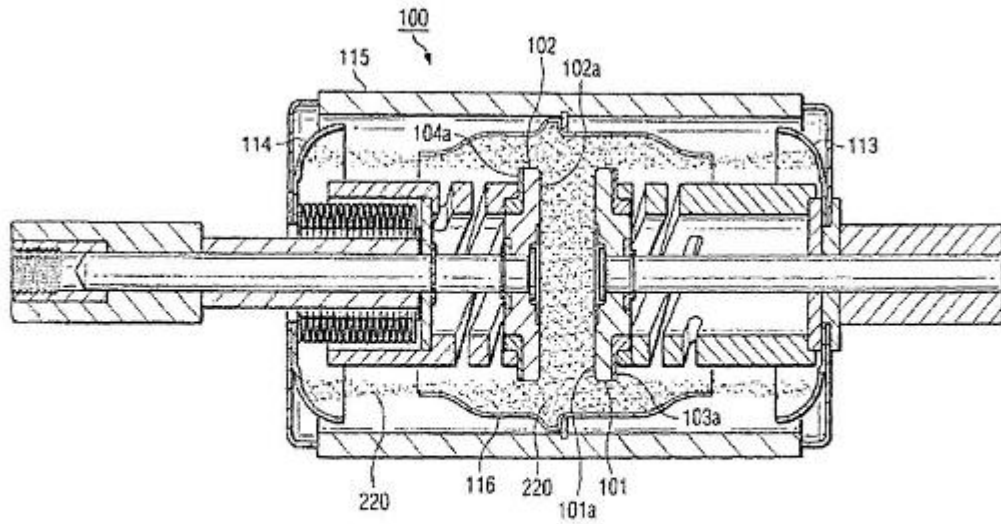


Fig. 2

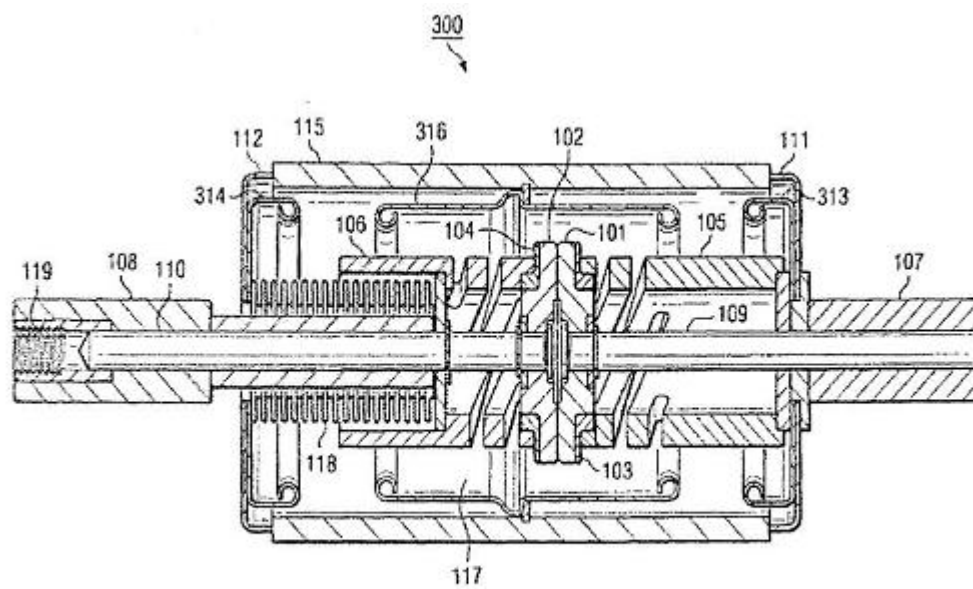


Fig. 3

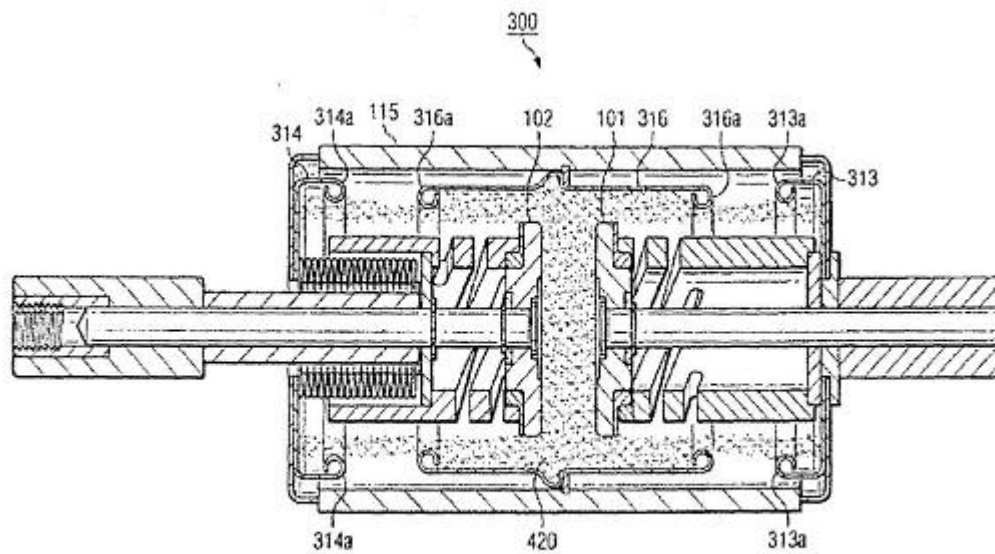


Fig. 4

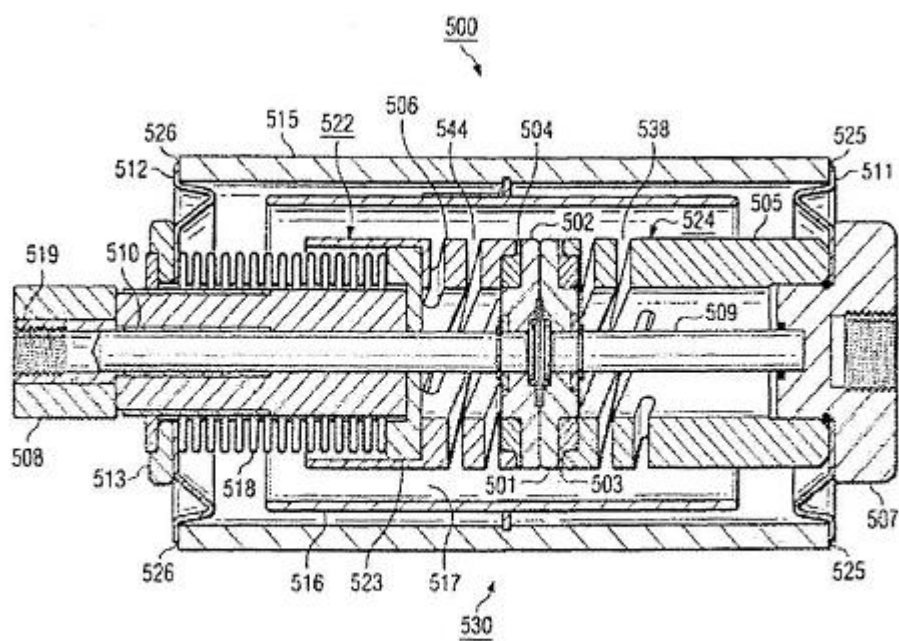


Fig. 5

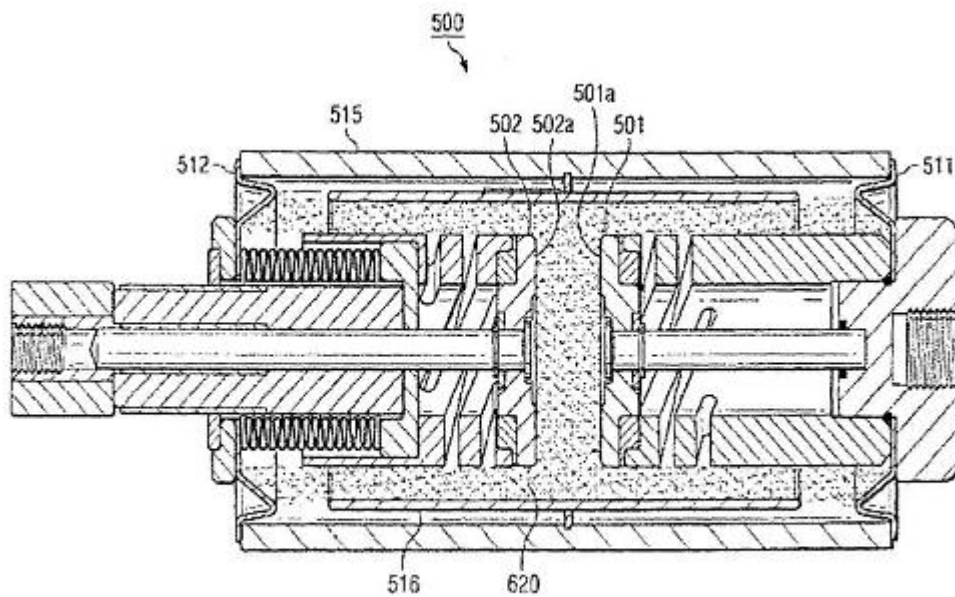


Fig. 6

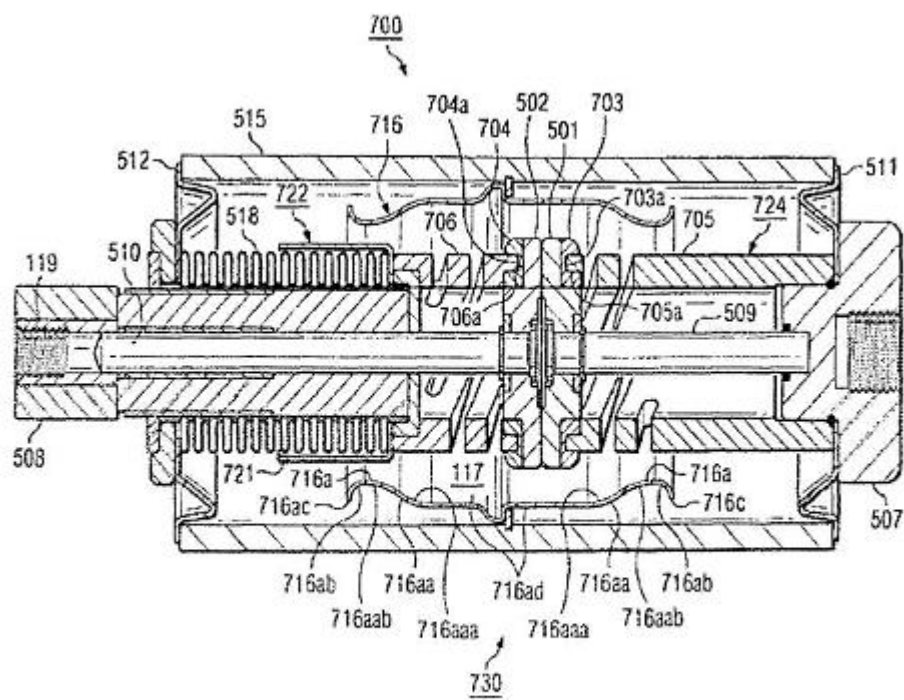


Fig. 7

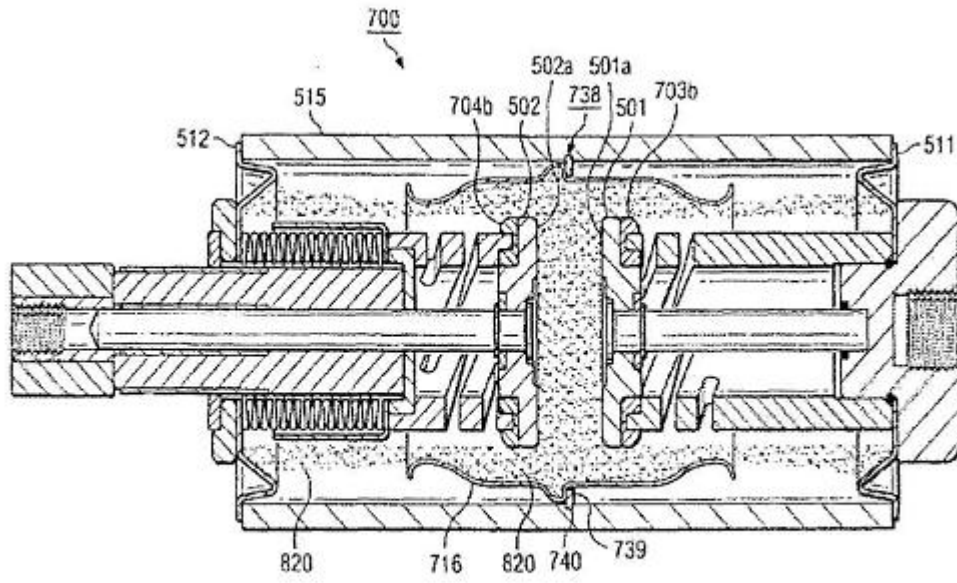


Fig. 8

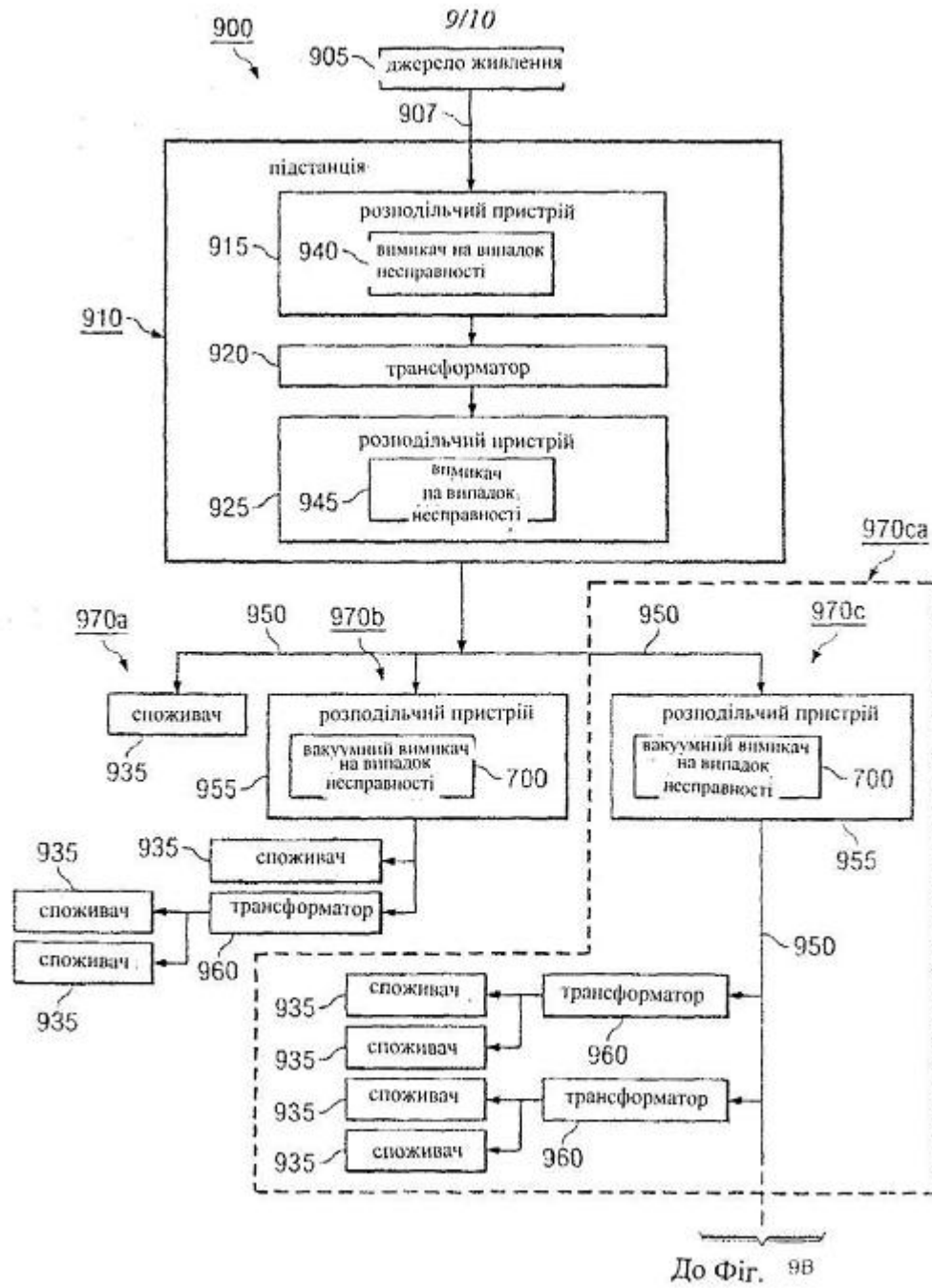
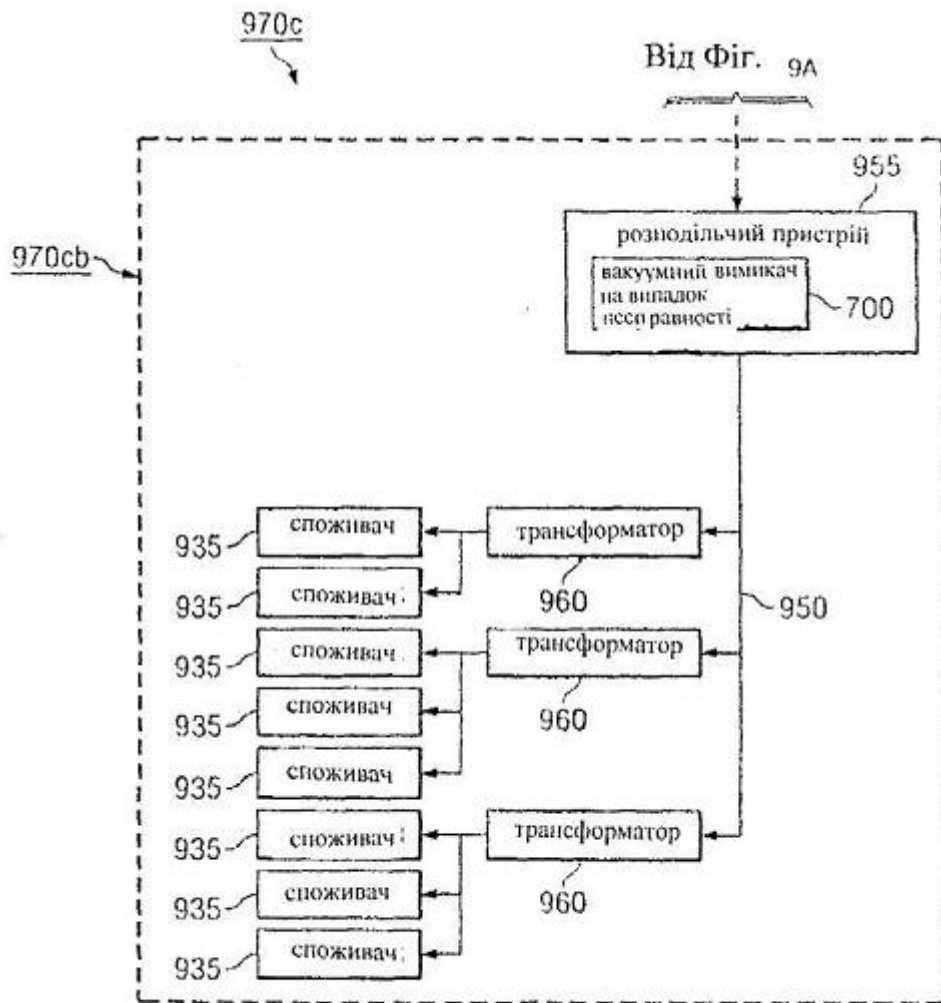


Fig. 9A



Фіг. 9В

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601