



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **89441** (13) **U**
(51) МПК (2014.01)
H01L 35/10 (2006.01)
F01P 7/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

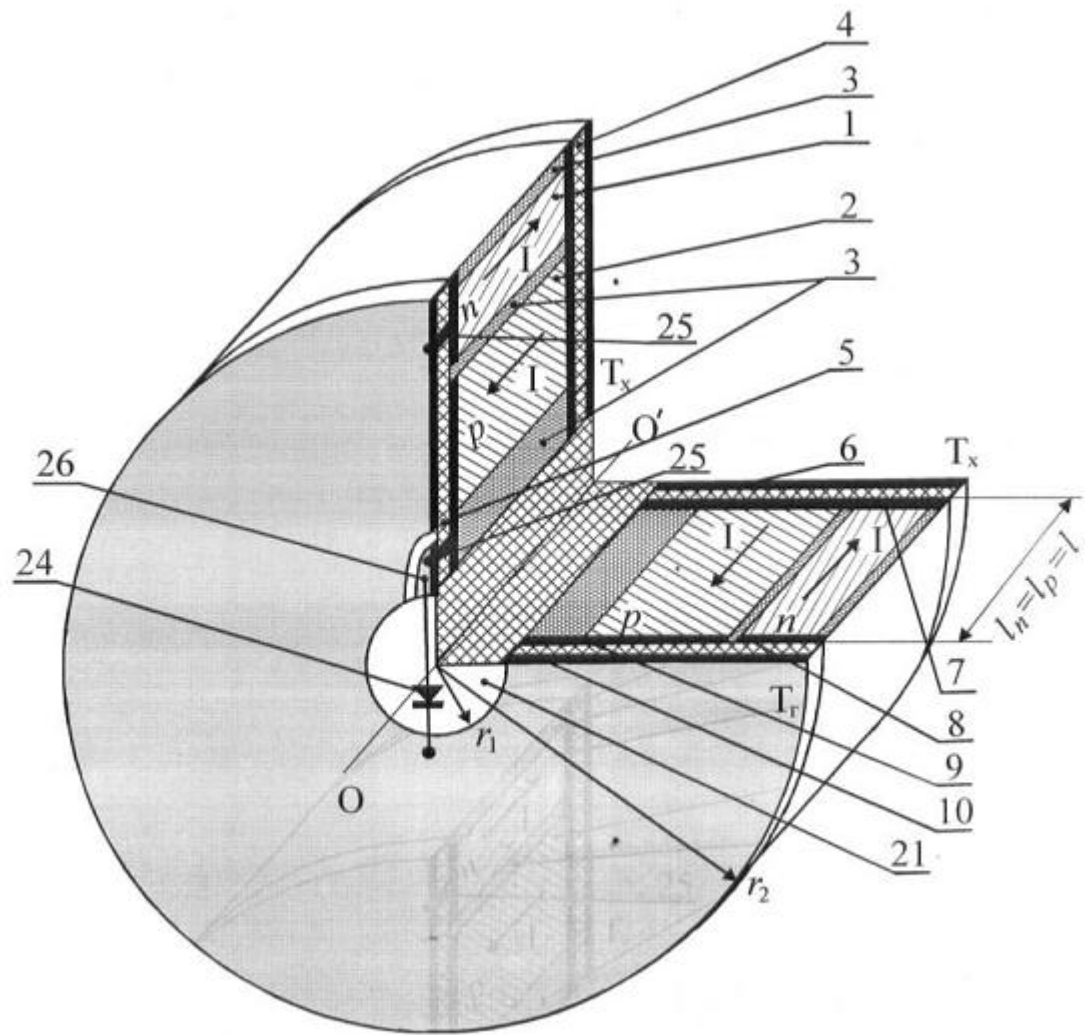
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 11282	(72) Винахідник(и): Ащеулов Анатолій Анатолієвич (UA), Бєліков Олександр Борисович (UA), Романюк Ігор Степанович (UA), Чернов Володимир Макарович (UA)
(22) Дата подання заявки: 23.09.2013	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.04.2014	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.04.2014, Бюл.№ 8	(73) Власник(и): Ащеулов Анатолій Анатолієвич, вул. Кочубея, 32/1, м. Чернівці, 58003 (UA), Бєліков Олександр Борисович, вул. Київська, 7/12, м. Чернівці, 58002 (UA), Романюк Ігор Степанович, пр. Незалежності, 92з/48, м. Чернівці, 58029 (UA), Чернов Володимир Макарович, вул. Червоноармійська, 97, кв. 137, м. Чернівці, 58013 (UA)

(54) ТВЕРДОТІЛЬНИЙ ОХОЛОДЖУВАЧ**(57) Реферат:**

Твердотільний охолоджувач з n- і р-гілок, електропереходів та тепловідводів містить гілки, виконані у вигляді співвісно розташованих один в одному порожнистих циліндрів, торці яких зі сторони холодної грані електрично з'єднані між собою за допомогою кільцевого металевих контакту. При цьому металевий контакт розташований на торцевій грані керамічного кільця, а зі сторони гарячої - з окремими кільцевими співвісними металевими контактами, розміщеними на торцевій грані протилежного керамічного кільця, що знаходяться у тепловому контакті з холодним та гарячим теплообмінниками. При цьому теплообмінники розташовані у внутрішньому об'ємі циліндричного статора з повздовжніми пазами із електричними обмотками.

UA 89441 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до галузі термоелектричних, магнітотермоелектричних та гальванотермомагнітних пристроїв і знайде застосування в техніці охолодження у різних напрямках науки та техніки, а саме: в приладобудуванні, медицині, побуті та інших галузях.

На даний час охолодження в інтервалі температур від кімнатних до азотних проводиться різними методами, в тому числі із застосуванням наступних ефектів: Пельтьє, Нернста, гальванотермомагнітних та інших [1].

Електроживлення пристроїв, які працюють на основі вищенаведених ефектів, здійснюється постійним електричним струмом. Це обумовлює їх роботу тільки в стаціонарному тепловому режимі, що, в свою чергу, веде до малих величин їх глибин охолодження.

Найбільш близьким аналогом до пристрою, який заявляється, є пристрій, що застосовується, наприклад, у термоелектричному пристрої, який наведений у [2]. Цей пристрій складається з n - і p -гілок на основі кристалів твердих розчинів Bi-Te-Se-Sb, які розміщені між двома керамічними теплоелектропереходами. Одна з граней цієї батареї знаходиться у тепловому контакті з тепловідводом, а друга - з елементом, який охолоджується. Проходження постійного електричного струму заданих величин та полярності через такий охолоджувач викликає, внаслідок дії ефекту Пельтьє, відповідний рівень охолодження.

Недоліком твердотільних охолоджувачів, які застосовують ефект Пельтьє, є недостатній перепад температур при відносно великій споживчій потужності. Ці недоліки обумовлені низьким значенням термоелектричної добротності Z існуючих термоелектричних матеріалів. Цей фактор є вирішальним-стримуючим для подальшого розвитку існуючих стаціонарних методів охолодження, які засновані як на ефектах Пельтьє, так і на ефектах Нернста та гальванотермомагнітних.

Задачею корисної моделі є створення твердотільних охолоджувачів на основі існуючих матеріалів, які б характеризувались можливістю створення підвищених перепадів температур при зменшенні електричної потужності, яка ними споживається.

Поставлена задача вирішується тим, що в запропонованому твердотільному охолоджувачі з n - і p -гілок, електротеплопереходів та тепловідводів, згідно з корисною моделлю, гілки виконано у вигляді співвісно розташованих один в одному порожнистих циліндрів, торці яких зі сторони холодної грані з'єднані між собою за допомогою кільцевого металевих контакту, розташованого на торцевій грані керамічного кільця, а зі сторони гарячої - з окремими кільцевими співвісними металевими контактами, розміщеними на торцевій грані протилежного керамічного кільця, що знаходиться у тепловому контакті з холодними і гарячими теплообмінниками відповідно, які, в свою чергу, співвісно містяться у внутрішньому об'ємі циліндричного статора з повздовжніми пазами із електричними обмотками, кількість яких N кратна 3; n - і p -гілки електрично закорочено на випрямляючий діод, полярність включення якого, при заданому напрямку обертання магнітного поля забезпечує вибраний напрямок градієнта температури; у внутрішньому об'ємі циліндричного термоелемента на основі n - і p -гілок знаходиться співвісно розташована циліндрична вставка з феродіелектричного матеріалу.

У корисній моделі, що заявляється, запропоновано принципово нове рішення, яке полягає в тому, що n - і p -гілки виконано у вигляді співвісно розташованих один в одному порожнистих циліндрів, торці яких зі сторони холодної грані з'єднані між собою за допомогою кільцевого металевих контакту, розташованого на торцевій грані керамічного кільця, а зі сторони гарячої - з окремими кільцевими співвісними металевими контактами, розміщеними на торцевій грані протилежного керамічного кільця, що знаходяться у тепловому контакті з холодними і гарячими теплообмінниками відповідно, які, в свою чергу, співвісно містяться у внутрішньому об'ємі циліндричного статора із повздовжніми пазами з електричними обмотками, кількість яких N кратна 3;

Згідно з корисною моделлю n - і p -гілки електрично закорочено на випрямляючий діод, полярність включення якого, при заданому напрямку обертання магнітного поля забезпечує вибраний напрямок градієнта температури;

Згідно з корисною моделлю у внутрішньому об'ємі циліндричного термоелемента на основі n - і p -гілок знаходиться співвісно розташована циліндрична вставка з феродіелектричного матеріалу.

Тому ознака - n - і p -гілки виконана у вигляді співвісно розташованих один в одному порожнистих циліндрів, торці яких зі сторони холодної грані з'єднані між собою за допомогою кільцевого металевих контакту, розташованого на торцевій грані керамічного кільця, а зі сторони гарячої - з окремими кільцевими співвісними металевими контактами, розміщеними на торцевій грані протилежного керамічного кільця, що знаходяться у тепловому контакті з холодними і гарячими теплообмінниками відповідно, які, в свою чергу, співвісно містяться у внутрішньому об'ємі циліндричного статора із повздовжніми пазами з електричними обмотками,

кількість яких N кратна 3; n - і p -гілки електрично закорочено на випрямляючий діод, полярність включення якого, при заданому напрямку обертання магнітного поля забезпечує вибраний напрямок градієнта температури; у внутрішньому об'ємі циліндричного термоелемента на основі n - і p -гілок знаходиться співвісно розташована циліндрична вставка з феродіелектричного матеріалу.

Використання запропонованої корисної моделі не вимагає спеціальних технічних та технологічних прийомів та матеріалів, її реалізація можлива на існуючих підприємствах приладобудівного напрямку.

Запропонований твердотільний охолоджувач (Фіг. 1 - Фіг. 5) складається з гілок 1 і 2 n - і p -провідності, відповідно, що виготовляються з кристалів $Bi-Te-Se-Sb$ у вигляді співвісно розташованих один в одному порожнистих циліндрів. Торці цих гілок зі сторони холодної грані електрично з'єднано між собою за допомогою кільцевого внутрішнього металевих контакту 7, що розташовано на внутрішній торцевій грані керамічного кільця 4. Протилежні торці гілок 1 і 2 електрично з'єднано з внутрішніми співвісними металевими кільцевими контактами 8 та 9, що розташовані на внутрішній грані керамічного кільця 5. Контакт 8 за допомогою закорочення 25 електрично з'єднується з зовнішнім контактом 10, а контакт 9 за допомогою іншого закорочення 25 - з зовнішнім контактом 26, які електрично з'єднані з діодом 24. Зовнішні торцеві грані керамічних кілець 4 та 5 знаходяться у тепловому контакті з холодним 12 та гарячим 13 теплообмінниками відповідно (Фіг. 1, 3).

Протилежні грані теплообмінників містять трубки 22 та 23 для підводу та відводу відповідних теплоносіїв. Теплообмінники 12 і 13 разом з циліндричними елементами на основі гілок 1 та 2, що скомутовані металевими шарами 6-10 співвісно розміщуються у внутрішньому об'ємі статора 16 з феродіелектричного матеріалу. Внутрішня поверхня цього статора містить поздовжні пази 17 прямокутної форми, в яких розміщено електричні обмотки 11. Кількість N цих обмоток кратна 3, при цьому кількість пазів $P=2N$.

Осі електричних обмоток 11 розміщуються у внутрішньому об'ємі статора під кутом $\varphi = 120^\circ$. Електричні виводи цих обмоток підключаються до електророз'єму 27 через отвір 18. Електророз'єм 27 кріпиться до пластини 19. В центральній частині циліндричного елемента з гілок 1 та 2 співвісно розміщена циліндрична вставка з феродіелектричного матеріалу.

Бічні сторони торцевих поверхонь статора 16 зачинені кришками 15 з внутрішніми теплоізоляційними шарами 3, стягнених за допомогою гвинтів 14 (Фіг. 2, 3). Закорочуючий діод 24 електрично під'єднано між контактами 10 та 26, розташованих на зовнішній стороні керамічного кільця 5 (Фіг. 1, 3, 4). Полярність підключення цього діода при заданому напрямку обертання магнітного поля, що генерується обмотками 11 у внутрішньому об'ємі статора 16, визначається вибраним напрямком градієнта температур вздовж висоти і гілок 1 та 2. Температурні коливання геометричних розмірів всіх складових частин твердотільного охолоджувача в цілому компенсується теплодемпфіруючою пружиною 20. Електричні виводи обмоток 11, що розташовані у пазах 17 статора, 16 через отвір 18 під'єднані до електричного роз'єму 27, який розміщено на пластині 19.

Електричні виводи обмоток 11 з'єднано в електричну схему трикутника (Фіг. 5). Контакти I та II цього трикутника, через амперметр A під'єднано до вторинної обмотки трансформатора TP_1 . Первинна обмотка цього трансформатора під'єднана до виходу автотрансформатора Автр., що підключено до джерела змінного струму з напругою 220 В. Точка трикутника III через фазозсуваючий конденсатор C під'єднана до точки II цього трикутника.

Запропонований твердотільний охолоджувач працює наступним чином: підключення автотрансформатора Автр. до джерела змінного струму викликає появу 3-фазного змінного струму, що протікає в електричних обмотках 11. Величина цього струму керується за допомогою Автр. Оскільки ці обмотки включено в електричну схему трикутника з фазозсуваючим конденсатором C , то це призводить до відповідної послідовності фазозсуву струму кожної з обмоток трикутника. Це зумовлює появу (у внутрішньому об'ємі статора 16) магнітного поля, що обертається навколо його центральної осі.

При цьому вектор магнітної індукції в кожній точці внутрішнього об'єму між циліндричною вставкою 21 і статором 16 орієнтовано вздовж радіуса r_2 (Фіг. 1). Результируюча магнітна індукція $B_{\text{хрез}}$ в цьому випадку представляється наступним виразом

$$B_{\text{хрез}} = 3/2 B_m (\omega t - \pi x / \tau),$$

де $B_{\text{хрез}}$ - значення магнітної індукції між поверхнями статора 16 і циліндричної вставки 21;

B_m - амплітудне значення магнітної індукції однієї з обмоток; ω - циклічна частота або кутова швидкість; t - час; x - відстань від осі обмотки до відповідної точки; τ - міжполюсне ділення.

Обертання магнітної індукції $B_{\text{хрез}}$ викликає появу магнітного потоку Φ , який пронизує гілки 1 та 2. Зміна цього потоку веде до виникнення на їх торцях е.р.с. індукції $E_{\text{ср}}$, величина якої дорівнює:

у випадках середнього значення

$$E_{\text{ср}} = 4f_1 \omega_{\Phi} \Phi_m;$$

ефективного значення

$$E_{\text{еф}} = 4,44 f_1 \omega_{\Phi} \Phi_m,$$

де ω - кількість витків в фазі, а Φ_m - амплітудне значення магнітного потоку.

Полярність е.р.с. індукції E_n і E_p , що виникає на гілках n- та p-типу провідності має протилежні напрямки. Якщо ці гілки з'єднано електрично послідовно та замкнені на діод 24, то утворюється замкнений ланцюг, в якому струм протікає в одному напрямку. Протікання цього струму викликає між торцевими гранями гілок 1 та 2 різницю температур ΔT , яка обумовлена дією ефектів Пельтьє, Нернста, магнітотермoe.р.с. та інших. Завдяки безконтактному об'ємному вводу електричної енергії в об'єм електричних гілок 1 та 2 ефективність охолодження запропонованого твердотілого охолоджувача значно зростає.

Попередні експериментальні дослідження запропонованого твердотілого охолоджувача проводилось на макетному зразку, що виконувався з n- і p-гілок у вигляді співвісно розташованих пустотілих циліндрів, виготовлених методом гарячого пресування. В якості матеріалу застосовувались кристали твердих розчинів Bi-Te-Se-Sb, що отримувались методом вертикальної зонної перекристалізації, та далі дробилися у шарових млинах. Величина статичної термоелектричної добротності Z_p , Z_n пресованих матеріалів при цьому складала: $3,12 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$; $3,28 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$.

Геометричні розміри гілок складали: висота $l = l_n = l_p = 8$ мм; зовнішній та внутрішній радіуси n-гілки r_{n1} , r_{n2} -25 та 24 мм, відповідно, а p-гілки r_{p3} , r_{p4} -23,5 та 22,4 мм, відповідно.

Торцеві грані цих гілок з одної сторони комутувалися за допомогою металевого внутрішнього шару 7, розташованого на торцевій грані кільця 4 з кераміки 22ХС, що знаходиться у тепловому контакті з холодним теплообмінником 12. Протилежні торцеві грані віток 1 та 2 електрично комутуються методом пайки з шарами 8 і 9 за допомогою закорочення 25, що електрично з'єднано з зовнішнім контактом 10 та 26, які, в свою чергу, електрично з'єднані з діодом 24. Полярність включення цього діода вибирається таким чином, що при заданому напрямку обертання магнітного поля, забезпечується необхідний напрямок градієнта температур гілок 1 та 2 вздовж їх висоти l . Зовнішня сторона кільця 5 знаходиться у тепловому контакті з гарячим теплообмінником 13. Гарячі та холодні теплоносії пропускаються через відповідні теплообмінники за допомогою трубок 22 та 23. Оскільки елемент, утворений гілками 1 та 2, кільцями 4 та 5 знаходиться в активному електротепловому режимі, то зміна його геометричних розмірів, яка обумовлена температурним коефіцієнтом розширення - компенсується пружиною 20. Циліндрична вставка 21 та статор 16 виготовляються з високоефективного феродіелектричного матеріалу, з відповідною магнітною проникністю. Електроізоляція 3 віток 1 та 2 та кришок 15 виконується з термоізоли.

Випробування запропонованого твердотілого охолоджувача проводилось як при динамічному, так і стаціонарному режимах (у випадку як обертаючого магнітного поля, так і при постійному струмі, що протікає через гілки 1 та 2). В останньому випадку термоелемент за допомогою додаткових електровиводів під'єднувався до джерела постійного струму. При цьому величина струму визначалась за допомогою зразкової котушки, яка при вимірюванні електрично послідовно під'єднувалась з діодом 24.

Результати вимірювання на постійному струмі показали, що максимальна різниця температур між гарячою та холодною гранями охолоджувача досягає значень $\Delta T = 60-62$ К при струмі $I_{1\text{опт}} = 52$ А. Аналогічні дослідження для випадку обертаючого магнітного поля дали значення $\Delta T = 102-120$ К, при струмі $I_{2\text{опт}} = 18$ А. В останньому випадку спостерігається розширення робочого діапазону охолоджувача в бік низьких температур. Такі суттєві позитивні зміни характеристик запропонованого пристрою, надає динамічний режим його роботи, який обумовлюється взаємодією магнітного поля, що обертається з носіями електричних зарядів термоелектричних матеріалів гілок 1 та 2.

Запропонований твердотілий охолоджувач знайде широке застосування в сучасній науці та техніці. Його використання дасть великий економічний та соціальний ефекти.

Джерела інформації:

[1] Ащеулов А.А., Горобець М.В., Добровольський Ю.Г., Романюк І.С. "Термоелектричні модулі Пельтьє на основі кристалів твердих розчинів Bi-Te-Se-Sb". Чернівці, видавництво "Прут", 2011 р.

[2] Ащеулов А.А. та ун... Патент UA 16625, 15.08.2006, бюл. № 8.

5

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Твердотільний охолоджувач з n- і р-гілок, електропереходів та тепловідводів, який **відрізняється** тим, що гілки виконано у вигляді співвісно розташованих один в одному порожнистих циліндрів, торці яких зі сторони холодної грані електрично з'єднані між собою за допомогою кільцевого металевого контакту, розташованого на торцевій грані керамічного кільця, а зі сторони гарячої - з окремими кільцевими співвісними металевими контактами, розміщеними на торцевій грані протилежного керамічного кільця, що знаходяться у тепловому контакті з холодним та гарячим теплообмінниками відповідно, які, в свою чергу, співвісно розташовані у внутрішньому об'ємі циліндричного статора з повздовжніми пазами із електричними обмотками, кількість яких N кратна 3.
2. Твердотільний охолоджувач за п. 1, який **відрізняється** тим, що n- і р-гілки електрично закорочено на випрямляючий діод, полярність включення якого, при заданому напрямку обертання магнітного поля, забезпечує необхідний напрямок градієнта температур.
3. Твердотільний охолоджувач за пп. 1, 2, який **відрізняється** тим, що у внутрішньому об'ємі циліндричного термоелемента на основі n- і р-гілок знаходиться співвісно розташована циліндрична вставка з феродіелектричного матеріалу.

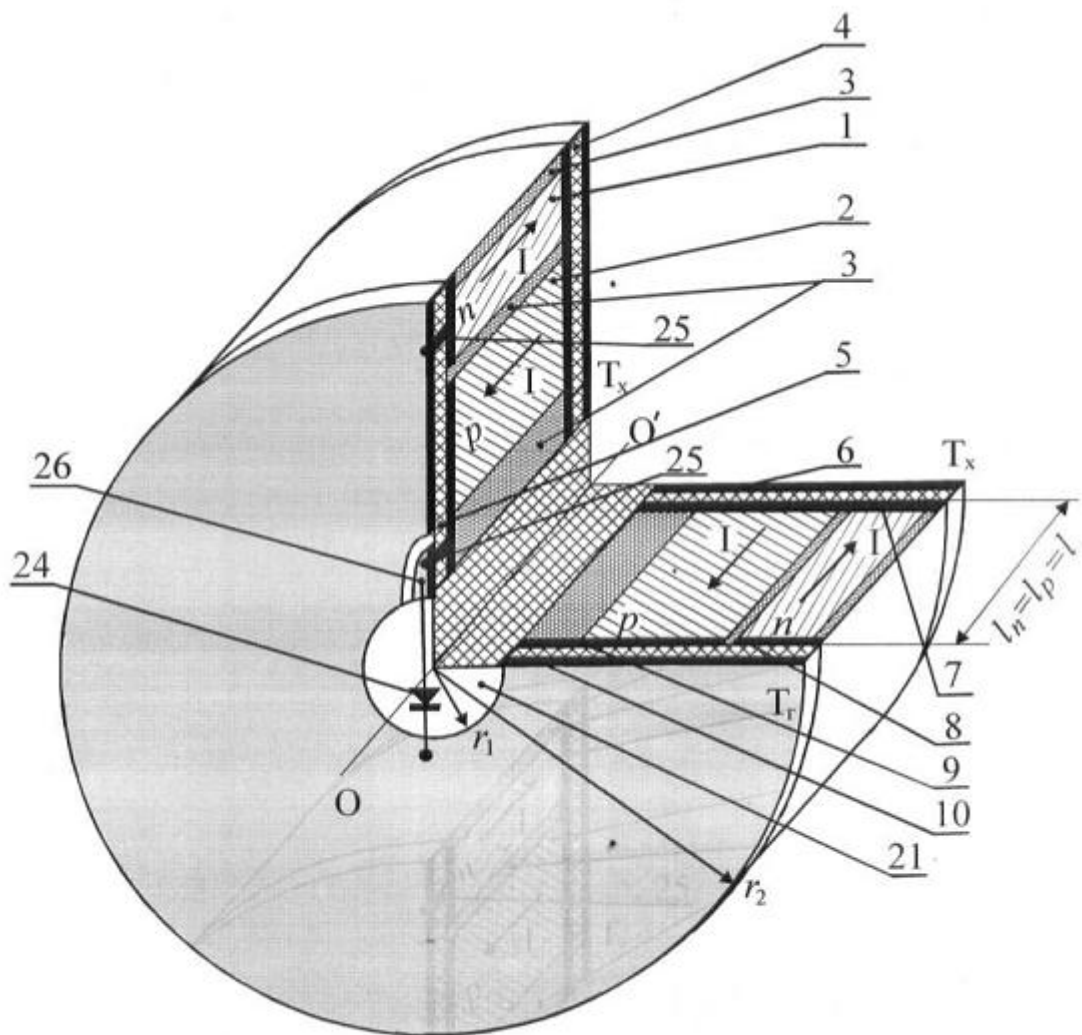


Fig. 1

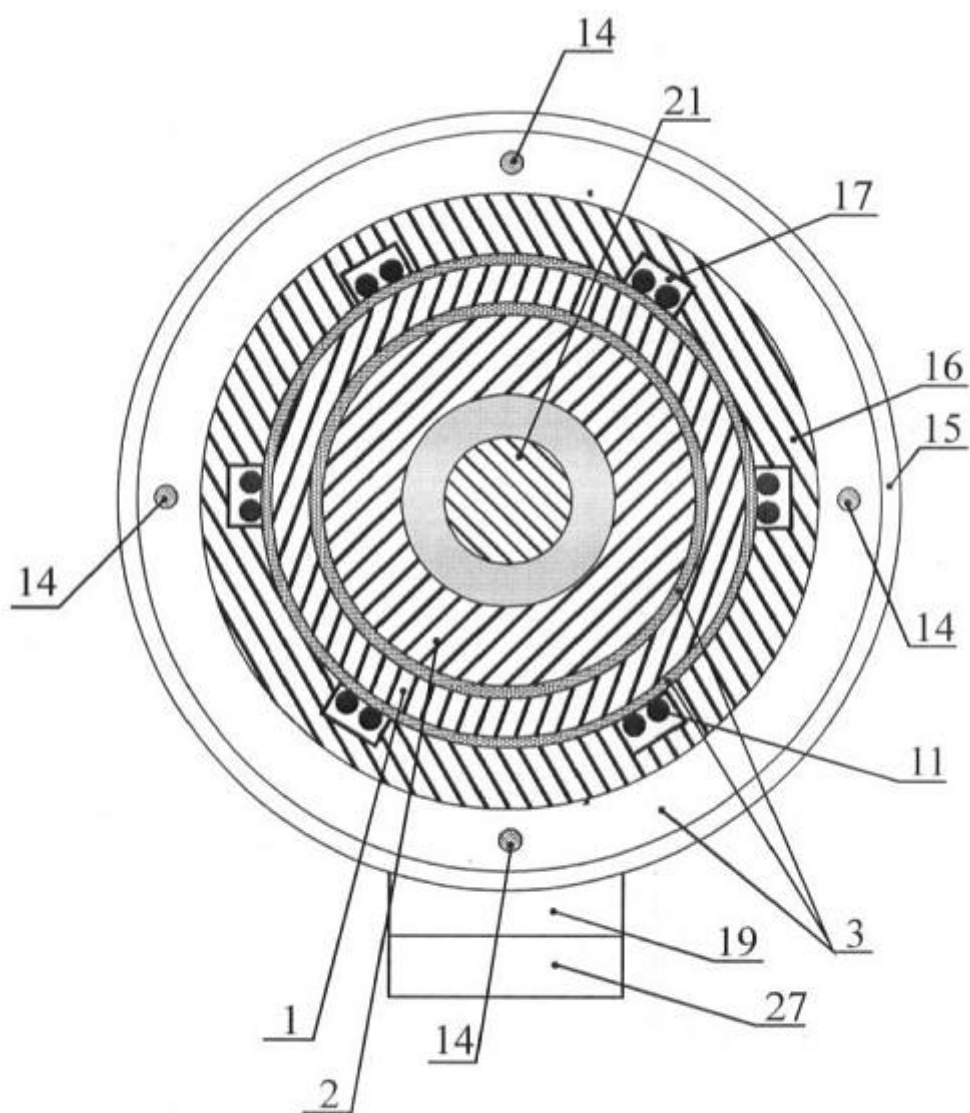
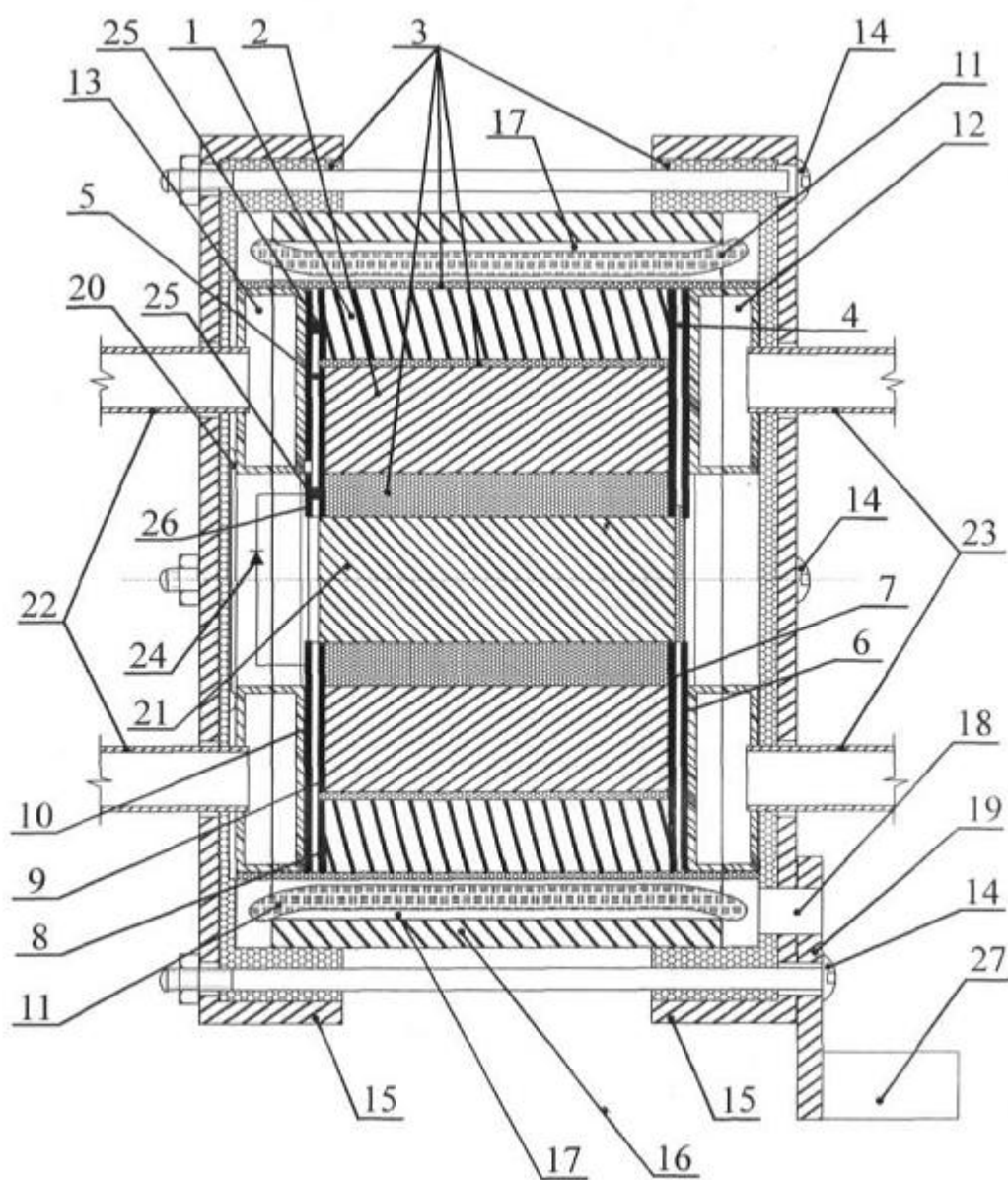
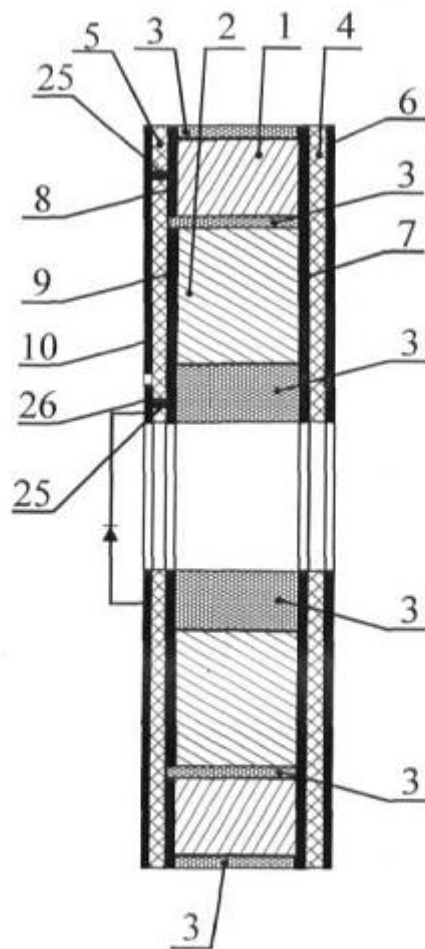


Fig. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

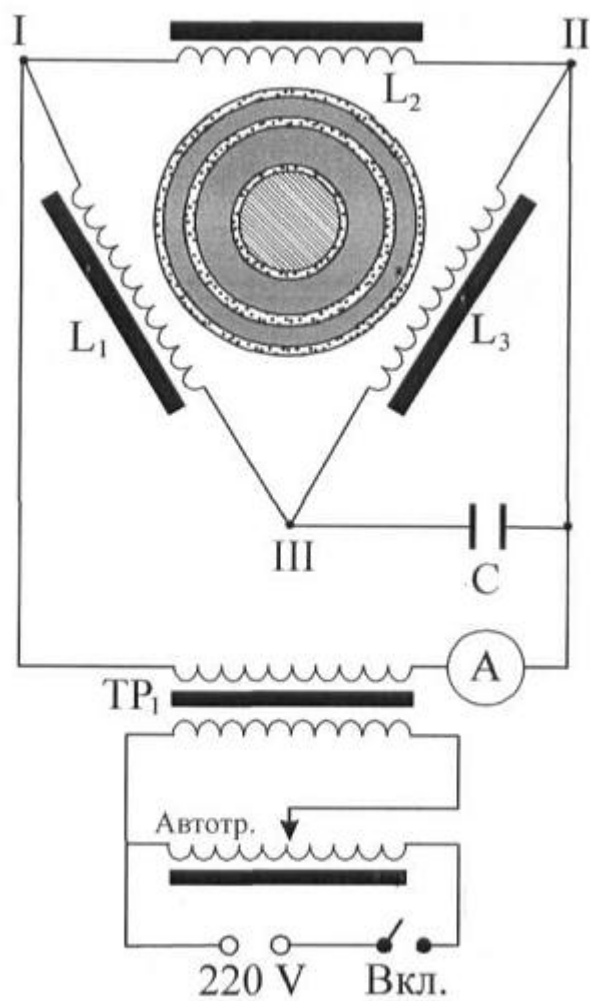


Fig. 5