



УКРАЇНА

(19) UA (11) 82313 (13) C2
(51) МПК (2006)
H01H 51/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) КОМУТАТОР СИГНАЛІВ НИЗЬКОГО РІВНЯ

1

2

(21) 2004032136

(22) 23.03.2004

(24) 10.04.2008

(46) 10.04.2008, Бюл.№7, 2008 рік

(72) КОЧАН РОМАН ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA, КО-
ЧАН ВОЛОДИМИР ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA

(73) КОЧАН РОМАН ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA, КО-
ЧАН ВОЛОДИМИР ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA

(56) US 3005069, 17.10.1961

US 3701960, 31.10.1972

SU 445085, 18.11.1974

US 4084142, 11.04.1978

SU 748564, 15.07.1980

DE 3412154, 25.07.1985

(57) 1. Комутатор сигналів низького рівня на базі реле з двома паралельно розміщеними герконами, виводи яких впаяні в контактні площадки друкованої плати, виконані у вигляді видовжених прямокутників, і залиті термоізолюючим компаундом, наприклад, на основі окису берилію, який **відрізняється** тим, що контактні площадки, в які впаяні контакти окремих сусідніх герконів, розміщені

тільки зі сторони друкованої плати, протилежно самому герконовому реле, і з мінімальним зазором між собою, а контакти герконів впаяні в неметалізовані отвори згаданих контактних площадок з надлишком припою, причому простір між цими валиками заповнений теплопровідною пастою.

2. Комутатор сигналів низького рівня за п. 1, який **відрізняється** тим, що надлишком припою утворені валики півциліндричної форми.

3. Комутатор сигналів низького рівня за п. 1, який **відрізняється** тим, що кількість герконів у кожному каналі парна, але більша двох, а провідники лінії під'єднання джерела сигналу під'єднані до паралельно з'єднаних ланок, які утворені послідовно з'єднаними контактами герконів з резисторами, опір яких однаковий і значно більший опору контакту геркона, причому ланки з'єднані паралельно, під'єднані до одного провідника лінії під'єднання джерела сигналу і охоплюють ланки, під'єднані до другого провідника лінії під'єднання джерела сигналу.

Запропонований комутатор відноситься до пристроїв вимірювальної техніки, зокрема, до систем вимірювання електричних величин (малих напруг, струмів, опорів і т.д.), а також неелектричних величин з допомогою різних давачів (сенсорів), які перетворюють ці неелектричні величини в електричний сигнал низького рівня (термопар, термометрів опору, тензоперетворювачів опору і т.д.).

До вимірювальних пристроїв і систем, які обслуговують складні об'єкти, звичайно під'єднують багато давачів. При цьому використовують дві структури систем [1] - багатоканальну (в якій до кожного давача під'єднують окремий вимірювальний канал) і багатоточкову (в якій кожен давач під'єднують з допомогою комутатора до спільного вимірювального каналу). Очевидно, що баї аточкова структура економічно вигідніша, тому вона повинна б витіснити багатоканальну. Однак в багатоточковій структурі велику роль грає похибка комутатора, яка особливо сильно впливає на ре-

зультат вимірювання при комутації сигналів низького рівня. Додатковою вимогою до комутаторів багатоточкової структури є необхідність зберігати високу точність передачі при дії завад - як загального виду (напруга між провідниками лінії під'єднання давача і колом заземлення вимірювальної системи), так і міжканальних (напруга між провідниками лінії під'єднання окремих давачів). Для окремих типів давачів напруги згадані завади можуть перевищувати 500 Вольт [2]. Тому, по-перше, звичайно комутатори сигналів давачів комутують обидва провідники лінії під'єднання [3], а по-друге, звичайно такі комутатори будують на електромагнітних контактних реле, бо всі відомі інтегральні комутатори при таких напругах завад виходять з ладу.

Відомі комутатори на звичайних електромагнітних контактних реле [4]. Однак в такому разі похибка комутатора буде досить великою (до 50... 100мкВ) через виникнення на контактах реле окисних плівок і накопичення на них забруднень. Тоді,

(13) C2

(11) 82313

(19) UA

при замиканні забруднених контактів, за рахунок конденсації вологи на них, виникає електрохімічна е.р.с. [4], тобто створюється гальванічний елемент, е.р.с. якого сумується з сигналом.

Значно кращі характеристики мають комутатори на базі реле з герметизованими магнітокеріваними контактами (герконові реле), в яких згадані похибки звичайних реле відсутні [4]. Однак в місці впаювання пермалоевого виводу геркона в друковану плату з мідними провідниками виникає термопара (точка з'єднання двох різновидних металів). Чутливість цієї термопари досягає, залежно від температури оточуючого середовища, 30...50мкВ/°С [1, 5]. Теплові потоки, які обов'язково існують у вимірювальній системі (викликані впливом зовнішнього середовища і нагрівом елементів системи споживаним струмом, зокрема, нагрівом обмотки керування самого герконового реле), створюють градієнти температури, а це приводить до генерації описаною термопарою е.р.с. Похибка, яку викликає ця паразитна е.р.с, залежить від конструкції комутатора. Для звичайних комутаторів, в конструкції яких не передбачені додаткові заходи для зменшення градієнтів температури (наприклад, Ф240, Ф799), ця похибка складає 20...40мкВ [5].

Відомо використання спеціальних термоірівнювачів для зменшення градієнту температури між выводами герконів [6, 7], що веде до зменшення паразитної е.р.с. Відомі термоірівнювачі дозволяють зменшити паразитну е.р.с. до значень 0,1...1мкВ. Однак конструкція цих термоірівнювачів або дуже складна [6], або на декілька порядків збільшує розміри і масу реле [7], а значить і відповідні параметри комутатора.

Значно кращі масогабаритні характеристики має реле на герконі, яке використовує мініатюрний термоірівнювач на базі металізованої пластинки з теплопровідної кераміки (найкраще з окису берилію) [8]. Однак ці реле вимагають продовження выводів з допомогою додаткових провідників, припаяних або приварених до основних выводів геркона. Ці додаткові проводи повинні мати строго однакові термоелектричні властивості з основними выводами (найпростіше - бути точно з того ж матеріалу, що і основні проводи), інакше в електричному колі давач - герконові реле - вхід засобу вимірювання створяться додаткові термопари, які самі вимагали би зменшення паразитної е.р.с, яку вони створюють. Вільним від цього недоліку є варіант конструкції реле на герконі [8], у якому ці подовжуючі проводи відсутні за рахунок довгих выводів самого геркона. Однак це вимагає використання спеціально замовлених герконів, звичайні геркони мають виводи недостатньої довжини, щоби охопити котушку, на якій розміщена обмотка керування. Суттєвим недоліком такого реле на герконі є необхідність використання спеціального термоірівнювального елемента - пластинки з теплопровідної кераміки, сторони якої покриті тонкою, напиленою або "впаленою" плівкою із золота або паладію (інші матеріали не дозволяють створити відповідної плівки на поверхні окису берилію), до якої припаюють виводи геркона і мідні провідники для підключення геркона в схему. Цей елемент в констру-

кції реле на герконах згідно [8] є обов'язковим (його вилучення практично повністю усуває ефект термоірівнювання) і ключовим (від його якості в повній мірі залежить якість термоірівнювання). Тому такі реле суттєво дорожчі, ніж звичайні реле на герконах.

Для спрощення і здешевлення термоірівнювачів необхідно зменшити відстань між тими контактами герконів, між якими треба вирівнювати температуру. Для цього використовують реле з двома паралельно розміщеними герконами, які комутують обидва провідники лінії під'єднання джерела сигналу (датчика). Таким чином створюється можливість компенсувати не дію градієнту температури на кожен геркон окремо, а дію градієнту температури на канал комутатора в цілому (за рахунок послідовного зустрічного з'єднання всіх термопар, які створені точками впаювання выводів герконів в друковану плату). Це дозволяє зменшити відстань між контактами, між якими необхідно вирівнювати температуру, в декілька десятків разів.

Такий спосіб використано в [9], де пропонується використати два мініатюрних термоірівнювачів на базі металізованої пластинки з теплопровідної кераміки для вирівнювання температури між обома парами сусідніх выводів двох герконів. Перевагою такого технічного рішення є можливість використання звичайних герконів з відносно короткими выводами, недоліком - збільшення затрат через необхідність використання двох термоірівнювальних елементів - пластинок з теплопровідної кераміки, сторони якої покриті плівкою, до яких припаяні виводи геркона і мідні провідники для підключення геркона в схему або мідні штирки для впаювання реле в друковану плату. Це додатково збільшує ціну кожного вимірювального каналу.

Прототипом заявленого комутатора є комутатор, в якому зменшення градієнту температури між выводами герконів досягається заливкою плати комутатора спеціальними компаундами [10, 11], які вирівнюють температуру між сусідніми выводами обох герконів. Однак до компаунду, яким заливають плату в цілому або тільки місця впаювання герконів, ставляться суперечливі вимоги - він повинен мати одночасно високу теплопровідність для доброго вирівнювання температур выводів і низьку теплопровідність для захисту выводів від зовнішніх теплових потоків. Крім того, така конструкція погано протидіє градієнту температури, який виникає при дії теплового потоку вздовж выводів геркона. А власне такий тепловий потік викликає обмотка керування реле, тому його усунути неможливо. В результаті похибка комутаторів такої конструкції досягає 2...6мкВ [10, 11].

Метою винаходу є зменшення паразитної е.р.с. комутатора на базі герконових реле до значень 0,1...0,5мкВ без різкого збільшення кількості деталей і маси.

Поставлена мета досягається тим, що контактні площадки, в які впаяні сусідні виводи окремих герконів, виконані у вигляді видовжених прямокутників, розміщених тільки з сторони друкованої плати, протилежної самому герконовому реле. Зазор між контактними площадками виконаний

мінімально допустимим з точки зору технології виготовлення друкованих плат. Самі виводи герконів впаєні в неметалізовані отвори контактних площадок з надлишком припою, який на контактній площадці створює валики напівциліндричної форми. Простір між цими валиками заповнений теплопровідною пастою, наприклад, на основі окису берилію

Крім того, для додаткового зменшення паразитної е.р.с. кількість герконів у кожному каналі комутатора вибрана парною, але більшою двох. При цьому провідники лінії під'єднання джерела сигналу під'єднані до паралельно з'єднаних ланок, які створені послідовно з'єднаними виводами герконів з резисторами, опір яких значно більший за опір контакту геркона. Ланки кожного провідника лінії під'єднання джерела сигналу з'єднані паралельно таким чином, що ланки, під'єднані до одного провідника лінії під'єднання джерела сигналу, охоплюють ланки, під'єднані до другого провідника лінії під'єднання джерела сигналу.

Таке виконання комутатора сигналів низького рівня дозволяє досягнути поставлену мету і забезпечити зменшення паразитної е.р.с. комутатора до значень 0,1...0,5мкВ. Це досягається за рахунок дії термоірівнювача між виводами герконів, який створюють валики припою і теплопровідна паста між ними. Запропонована форма контактних площадок друкованої плати дозволяє забезпечити хороший тепловий контакт без необхідності металізації в отворах друкованої плати, через які проходять виводи геркона, дозволяє розмістити точку з'єднання пермалою з міддю (через малий проміжок припою), тобто гарячий кінець створеної цієїю точкою з'єднання термопари, по суті в центрі термоірівнювача, тобто якнайдалі від і силових потоків і якнайближче теплопровідної насій. Відносно масивні валики припою, мінімальний зазор між ними і наявність теплопровідної паста дозволяють забезпечити малий тепловий опір між точками з'єднання пермалою з міддю обох герконів цього каналу комутатора, тобто хорошу взаємну компенсацію паразитних е.р.с. створених термопар. Така конструкція ліквідує протиріччя щодо вимог до захисного компаунду - тепер він повинен мати тільки термоізолюючі властивості. При цьому конструкція комутатора ускладнюється незначно - порівняно з прототипом, при виготовленні комутатора, додається тільки одна нова операція - заповнення простору між валиками припою теплопровідною пастою. Решта операцій тільки модифікуються (наприклад, припаювання присутнє і в прототипі, тому створення валиків припою не нова операція).

Запропонована конструкція комутатора забезпечує зниження паразитної е.р.с. до значень 0,1...0,5мкВ в звичайних умовах. Однак, при дії вздовж плати теплових потоків великої інтенсивності, в напрямі, перпендикулярному до осі герконів (наприклад, через наявність елементів, які споживають значну потужність), виникає залишковий градієнт температури в самому термоірівнювачі комутатора, що веде до зростання паразитної е.р.с. Для її зменшення пропонується паралельне

з'єднання герконів, які під'єднані до різних провідників лінії під'єднання джерела сигналу. Тому число герконів повинно бути парним (для комутації обох провідників джерела сигналу), але більшим за два (наприклад 4, 8 і т.д.). Кожен провідник лінії під'єднання джерела сигналу комутується декількома паралельно з'єднаними герконами. З'єднані паралельно геркони (і термоірівнювачі між їх виводами) розміщено таким чином, щоби середні паразитні е.р.с. відповідних термопар мали близькі значення і взаємно компенсувалися. Для цього, при паралельному розміщенні герконів відносно плати, необхідно з'єднувати геркони таким чином, щоби ті з них, які під'єднані до одного провідника лінії під'єднання джерела сигналу, охоплювали ті, які під'єднані до другого провідника лінії під'єднання джерела сигналу. Наприклад, при використанні реле з 4-ма герконами необхідно з'єднувати паралельно середні геркони (другий і третій) і крайні геркони (перший і четвертий). Однак при безпосередньому з'єднанні паралельно самих герконів, розподіл паразитної е.р.с. буде залежати від опору їх контакту, який невідомий і нестабільний (міняється випадковим чином при чергових замиканнях герконового реле). Тому послідовно з кожним герконом необхідно ввімкнути резистори однакового опору, причому їх опір повинен бути значно більший за опір контакту геркона. В такому випадку розподіл паразитної е.р.с. буде визначатися ввімкненими резисторами і практично не буде залежати від опору контакту геркона. Тоді посередньому буде ефективно зменшувати залишкові паразитні е.р.с.

Таким чином, розглянуті ознаки запропонованого комутатора є суттєвими, оскільки вони безпосередньо впливають на досягнення мети. При цьому мета може бути досягнута тільки при їх сукупному використанні - усунення хоч однієї ознаки погіршить умови вирівнювання температури, що різко збільшить паразитні е.р.с. Тому розглянуті ознаки запропонованого комутатора є також необхідними.

Суть винаходу пояснюють креслення Фіг.1, 2, 3 і 4. На Фіг.1а представлено переріз друкованої плати комутатора в площині впаювання виводів герконів для прототипу, а на Фіг.1б - форму площадок цієї друкованої плати, в які впаюють виводи герконів. На Фіг.2а представлено переріз друкованої плати запропонованого комутатора в площині впаювання виводів герконів при використанні реле на 2-х герконах, а на Фіг.2б - форму площадок друкованої плати запропонованого комутатора, в які впаюють виводи герконів. На Фіг.3 представлено переріз друкованої плати запропонованого комутатора в площині впаювання виводів герконів при використанні реле на 4-х герконах згідно другого пункту формули винаходу, а на Фіг.4 представлено вид друкованих провідників, в які впаюють реле на 4-х герконах і схематичне зображення його контактів та послідовно з'єднаних резисторів.

Як видно з Фіг.1а, в комутаторі-прототипі, герконове реле 1, що має виводи 2, впаєно в друковану плату 3 і залито компаундом 4. Контактні площадки 5 звичайні (наприклад, круглі - див. Фіг.1б), з металізацією отворів, тому припій 6 за-

повнює отвори. Тепловий контакт між выводами 2 слабкий - не вжито заходів для його покращення.

Як видно з Фіг.2, в запропонованому комутаторі герконове реле 1, що має виводи 2, теж впаяно в друковану плату 3 і залите компаундом 4. Однак контактні площадки 5 мають форму видовженого прямокутника (див Фіг.2б), а отвори не мають металізації. Припій 6 при пайці контактів 2 подається на контактні площадки 5 з надлишком і створює валики напівциліндричної форми (див Фіг.2а). Простір між цими валиками заповнений теплопровідною пастою 7 (наприклад, КТП-8, на основі окису берилію). В такій конструкції тепловий контакт між выводами 2 дуже сильний. Він забезпечений мінімальним зазором між валиками пропою 6, наявністю теплопровідної пасти 7 і великою площею контакту валиків пропою 6 з пастою 7 (завдяки видовженій формі контактних площадок 5, яка задає розміри і форму валиків припою 6). Крім того, точка стикування выводів 2 л припоєм 6 захована в глибині плати 3, тобто розміщена практично в центрі термовирівнювача. Ці особливості забезпечують малу залишкову паразитну е.р.с.

Максимальні залишкові паразитні е.р.с. в запропонованій конструкції будуть при постійній дії інтенсивного теплового потоку в напрямі стрілки (при розміщенні поряд з реле 1 елемента, який нагрівається в процесі роботи). Тоді між валиками припою 6 створиться градієнт температури. Хоча цей градієнт буде значно ослаблений за рахунок дії термовирівнювача валик-паста-валик і тепловим опором компаунду 4, власне він буде визначати похибку комутатора. Для додаткового зменшення паразитної е.р.с. використано її просторове усереднення. Як видно з Фіг.3, герконове реле 1,

що має чотири геркони з выводами 2, впаяно в друковану плату 3 і залите компаундом 4. Між всіма выводами 2 створено хороший тепловий контакт за допомогою валиків припою 6 і теплопровідної пасти 7, аналогічно до Фіг.2. Крім того, перший провідник лінії під'єднання джерела сигналу (датчика) під'єднаний (Фіг.4) до выводів крайніх герконів (першого і четвертого),

а другий провідник лінії під'єднання джерела сигналу під'єднаний до выводів внутрішніх герконів (другого і третього). Послідовно з кожним герконом ввімкнені однакові резистори R (див. Фіг.4), опір яких значно більший, ніж максимальний опір замкнутого геркона.

При дії і силової о по і оку вздовж стрілки А (див. Фіг.4) градієнт в термовирівнювачі комутатора не створюється. При дії теплового потоку вздовж стрілки В в термовирівнювачі створюється максимальний градієнт. При цьому в термопарах, створених пермалоевими выводами 1А..4А і 1В..4В герконів і відповідними мідними контактними площадками, будуть створюватися паразитні е.р.с. $E_{1,4}$, $E_{2,4}$... E_{4B} . Згідно теорії теплопередачі, при дії теплового потоку вздовж стрілки В температура выводів від 1 до 4 буде спадати. Тому створювані паразитні е.р.с. теж будуть спадати, якщо рухатися від контактів 1 до 4. Якщо спадання лінійне (див. таблицю 1), то показане на Фіг.4 з'єднання герконів дозволяє повністю усунути вплив теплового потоку - сумарні паразитні е.р.с. по кожному провіднику лінії під'єднання джерела сигналу будуть однаковими і рівними 5,5мкВ, тобто їх вплив взаємно компенсується. Рівні ваги при сумуванні забезпечуються рівністю резисторів R.

Таблиця 1. Розподіл паразитних е.р.с. між контактами герконів.

Контакт	Паразитна е.р.с.	Середня паразитна е.р.с.	Сумарна паразитна е.р.с.
1А	7 мкВ	$(E_{1A} + E_{4A})/2 = 5,5$ мкВ	По першому провіднику
2А	6 мкВ		$(E_{1A} + E_{4A})/2 -$
3А	5 мкВ		$(E_{1B} + E_{4B})/2 = 0$
4А	4 мкВ		
1В	- 7 мкВ	$(E_{1B} + E_{4B})/2 = -5,5$ мкВ	По другому провіднику
2В	- 6 мкВ		$(E_{2A} + E_{3A})/2 -$
3В	- 5 мкВ		$(E_{2B} + E_{3B})/2 = 0$
4В	- 4 мкВ		

В дійсності паразитні е.р.с. спадають не лінійно, а по експоненті. Однак нелінійність цієї експоненти є величиною другого порядку малості порівняно з самими паразитними е.р.с. Тому запропоноване технічне рішення дозволяє будувати комутатори сигналів низького рівня з дуже малою похибкою, навіть при дії зовнішніх теплових потоків.

Використання запропонованого технічного рішення дозволяє створювати прецизійні вимірюва-

льні та керуючі багатоточкові системи, метрологічні характеристики яких кращі за метрологічні характеристики багатоканальних систем за рахунок можливості виділити більше ресурсів на підвищення точності спільного вимірювального каналу. Зокрема, запропонований комутатор сигналів низького рівня може знайти застосування в системах автоматизованої повірки взірцевих засобів - нормальних елементів, котушок опору, шунтів, термопар, термометрів опору і т. д. Він може бути

використаний у високоточних системах керування технологічними процесами, зокрема, в прецизійних системах вимірювання температури і керування термічним обладнанням, наприклад, в електронній промисловості та металургії багатоконпонентних сплавів. Запропонований комутатор також може використовуватися при проведенні досліджень різних конструкцій з допомогою тензометрів.

Список джерел інформації:

1. Цапенко М.П. Измерительные информационные системы.: Учебное пособие для вузов. - 2-е изд., - М.: Энергоатомиздат, 1985.

2. O. Berezky, A. Karachka, O. Bojko, I. Maruschak. Development of the integrating analog to digital converter for distributive data acquisition systems with improved noise immunity. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. February 2002, Number 1, Volume 51, pp. 96-101.

3. Гордов А.Н. Малков Я.В., Эргардт Н.Н., Ярышев Н.А. Точность контактных методов измерения температуры. М.: Издательство стандартов, 1976.

4. Александров В.С., Прянишников В.А. Приборы для измерения малых напряжений и токов. Л. "Энергия", 1971.

5. Белоусов И.А. Повышение точности многоканальных измерительных устройств с термоэлектрическими преобразователями: Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н.- Львов, ФМИ, 1991.

6. Швецкий Б.И. Электронные цифровые приборы. - К.: Техника, 1981

7. А.с. 748564 СССР, МКИ Н01н 51/28. Реле на герконе / В.Ю.Мильченко, М.Г.Рылик, А.А.Саченко и др. (СССР). - N2649832/24-07; Заявлено 27.07.78; Опубл. 1980, Бюл N26.

8. United States Patent 3,701,96. Reed Relay having low thermal EMF. Bruce D. Campbell. July 12, 1971.

9 United States Patent 4,084,142. Reed Relay having low differential thermal EMF. Bruce D Campbell, Ralph Abrams. September 27, 1976. 10. Преобразователь измерительный цифровой многоканальный Ш711/1. Комплект документации ЗПИ.499.434.

11. Keithley Instruments, Inc. Scanning Multimeter Facilitates Multipoint Automated Testing. IEEE Instrumentation & Measurement Magazine. December 1998, Vol. 1, No. 4.

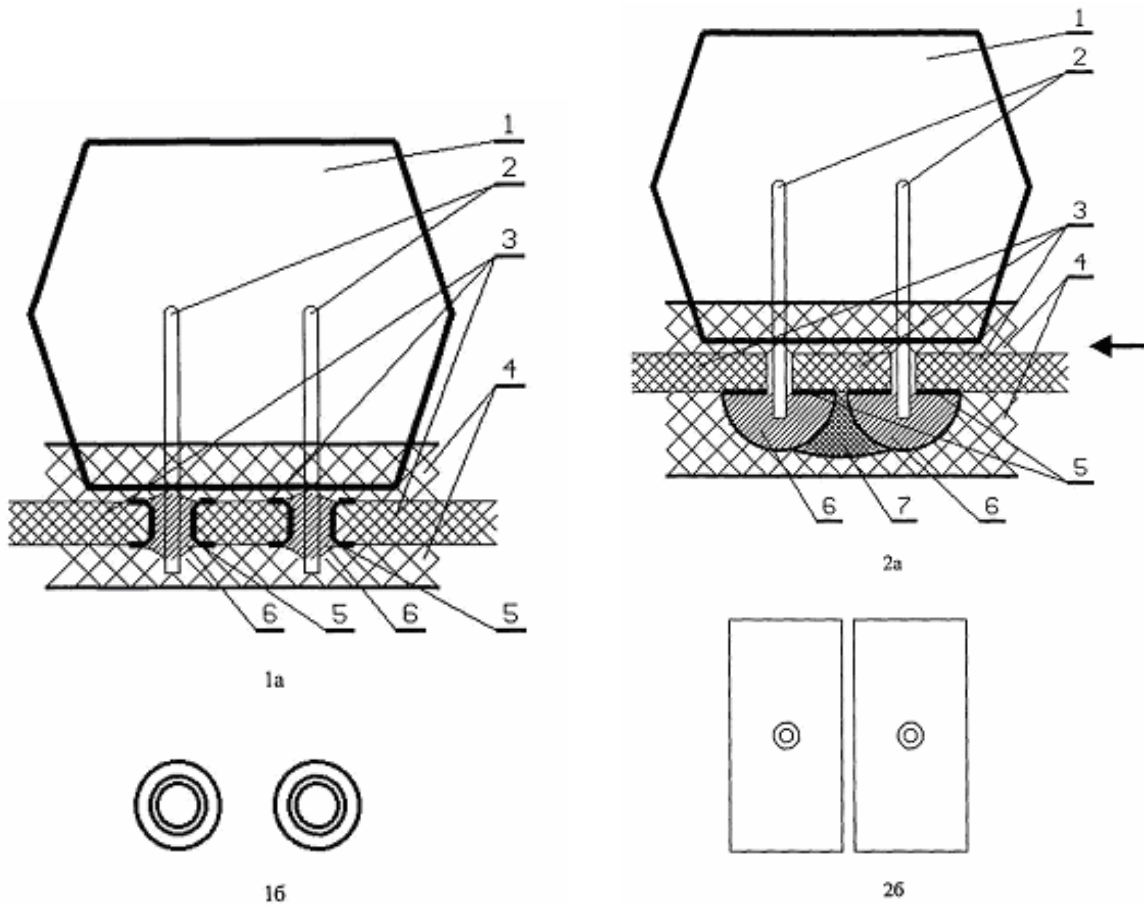
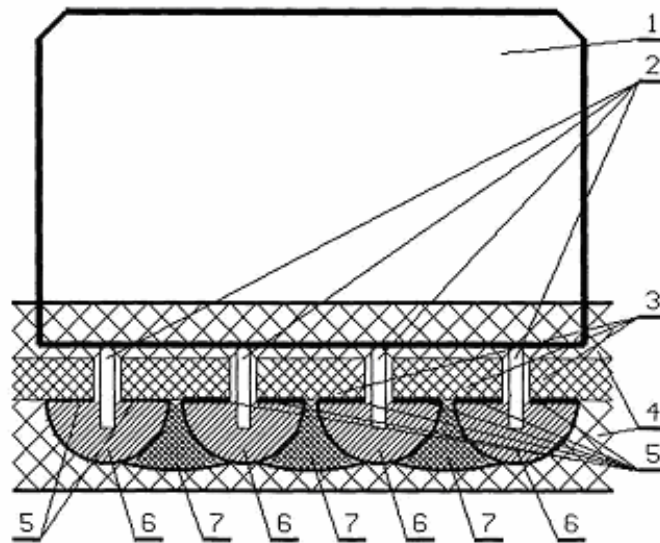
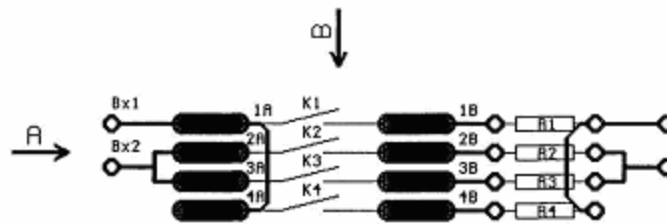


Fig.1

Fig.2



Фиг.3



Фиг.4