



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 204 938** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК⁷ **A 61 B 5/053**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

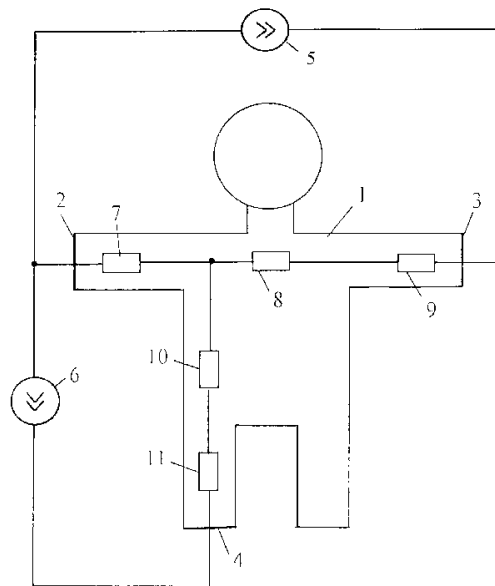
(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2002100259/14, 11.01.2002
(24) Дата начала действия патента: 11.01.2002
(46) Дата публикации: 27.05.2003
(56) Ссылки: WO 97/40743 A1, 06.11.1997. RU 2104668 C1, 20.02.1998. RU 2094013 C1, 27.10.1997. US 4911175 A, 27.05.1990.
(98) Адрес для переписки: 117296, Москва, ул. Молодежная, 3, кв.204, Пат.пов. Л.Г.Багяну, рег.№ 131

(71) Заявитель:
Николаев Дмитрий Викторович (RU),
Похис Карина Абдуллаевна (RU)
(72) Изобретатель: Николаев Д.В. (RU),
Похис К.А. (RU), Смирнов А.В. (RU), Туйкин С.А. (RU), Цветков А.А. (RU), ЛЕМПЕРЛЕ Мартин Готтфрид (DE)
(73) Патентообладатель:
Николаев Дмитрий Викторович (RU),
Похис Карина Абдуллаевна (RU)

(54) СПОСОБ РЕГИОНАЛЬНОЙ БИОИМПЕДАНСОМЕТРИИ

(57) Реферат:
Изобретение относится к области медицинской диагностики. Способ региональной биоимпедансометрии заключается в пропускании зондирующего тока через участок тела человека и измерении величины напряжения V_1 на нем, используемой для вычисления импедансов K исследуемых регионов тела, расположенных на пути протекания зондирующего тока. Для по меньшей мере одного из K исследуемых регионов тела изменяют величину тока, протекающего через него, и измеряют измененную величину напряжения V_2 на указанном участке тела. При вычислении импеданса этого исследуемого региона тела используют разность величин V_2 и V_1 . Способ позволяет повысить точность измерения. 7 з.п.ф-лы, 6 ил.



Фиг. 1

RU 2 204 938 C1

RU 2 204 938 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 204 938** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁷ **A 61 B 5/053**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

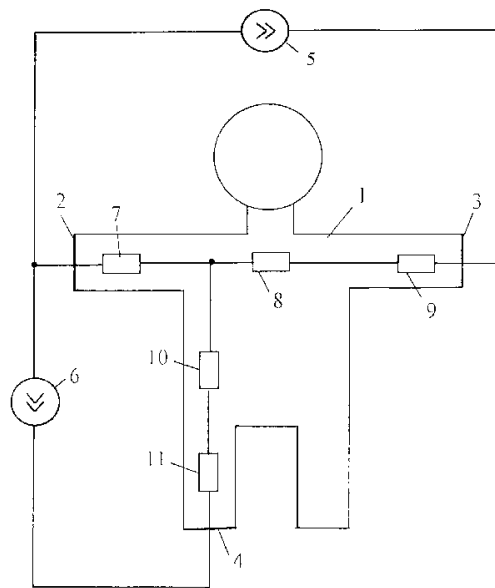
(21), (22) Application: 2002100259/14 , 11.01.2002
 (24) Effective date for property rights: 11.01.2002
 (46) Date of publication: 27.05.2003
 (98) Mail address:
 117296, Moskva, ul. Molodezhnaja, 3, kv.204,
 Pat.pov. L.G.Bagjanu, reg.№ 131

(71) Applicant:
 Nikolaev Dmitrij Viktorovich (RU),
 Pokhis Karina Abdullaevna (RU)
 (72) Inventor: Nikolaev D.V. (RU),
 Pokhis K.A. (RU), Smirnov A.V. (RU), Tujkin S.A.
 (RU), Tsvetkov A.A. (RU), LEMPERLE Martin
 Gottfrid (DE)
 (73) Proprietor:
 Nikolaev Dmitrij Viktorovich (RU),
 Pokhis Karina Abdullaevna (RU)

(54) **METHOD FOR REGIONAL BIOIMPEDANSOMETRY**

(57) Abstract:

FIELD: medicinal diagnostics. SUBSTANCE: the suggested method deals with affecting human body section with probing current and measuring voltage value V_1 on it to be used for calculation of impedances K at studied body areas situated on the way of probing current supply. For, at least, one K one should measure current value coming through it to measure altered voltage value V_2 at the mentioned body area. At calculating impedance at this body section under studying one should apply the difference of V_1 and V_2 values. EFFECT: higher accuracy of calculation. 7 cl, 6 dwg



Фиг. 1

RU 2 204 938 C1

RU 2 204 938 C1

Изобретение относится к области медицинской диагностики, в частности к методам интроскопии, и может быть использовано для получения информации о внутренних областях организма с использованием электрического тока в качестве зондирующего сигнала.

Метод интроскопии с использованием переменного электрического тока состоит в измерении импедансов регионов (участков) тела и получении на основе измеренных импедансов различной информации об этих регионах. Следовательно, в основе таких методов интроскопии лежат методы региональной биоимпедансометрии.

Известен способ региональной биоимпедансометрии, заключающийся в пропускании зондирующего тока через участок тела человека и измерении величины напряжения на нем, используемой для вычисления импеданса [Патент США 4911175, МКИ 7 А 61 В 5/05, 1990 год].

Недостатком этого метода является недостаточная высокая точность измерения импеданса исследуемого региона тела, так как электроды размещаются непосредственно на границах исследуемого региона тела, и практически невозможно точно воспроизвести расположение электродов при повторном обследовании пациента, вследствие чего случайным образом изменяется объем реально исследуемого региона тела и существенно искажаются результаты сопоставительного анализа.

Наиболее близким по технической сущности является способ региональной биоимпедансометрии, заключающийся в пропускании зондирующего тока через участок тела человека и измерении величины напряжения на нем, используемой для вычисления импедансов K исследуемых регионов тела, расположенных на пути протекания указанного зондирующего тока [Заявка РСТ WO 97/40743, МКИ 7 А 61 В 5/05, 1997 год].

Недостатком известного способа является недостаточная точность измерения импеданса исследуемого региона тела. Импеданс исследуемого региона тела вычисляется как отношение напряжения на этом исследуемом регионе тела к величине зондирующего тока. Но напряжение на исследуемом регионе тела определяется косвенно, как разность напряжения на всем участке тела, через который пропускают зондирующий ток, и напряжений на других регионах тела, входящих в указанный участок тела, через которые также протекает зондирующий ток. При этом напряжения на других регионах тела измеряются между разными парами электродов. Измерение напряжений на нескольких регионах тела между разными парами электродов вносит дополнительные погрешности в результат.

Кроме того, недостаточная точность известного способа обусловлена тем, что границы областей тела, на которых реально измеряются напряжения, часто не совпадают с анатомическими границами исследуемых регионов, так как измерение напряжений осуществляется на дополнительных электродах, далеко отстоящих от пути протекания зондирующего тока.

Техническим результатом заявленного изобретения является повышение точности

измерения импедансов исследуемых регионов тела. Дополнительным техническим результатом является расширение области применения способа за счет обеспечения возможности измерения импедансов регионов тела, труднодоступных для проведения прямых измерений.

Для решения поставленной технической задачи в способе региональной биоимпедансометрии, заключающемся в пропускании зондирующего тока через участок тела человека и измерении величины напряжения V_1 на нем, используемой для вычисления импедансов исследуемых K регионов тела, расположенных на пути протекания зондирующего тока, согласно изобретению, для по меньшей мере одного из указанных исследуемых K регионов тела изменяют величину тока, протекающего через него, пропуская для этого дополнительный ток, часть пути протекания которого вне этого исследуемого региона тела не совпадает с путем протекания зондирующего тока, или ответвляя часть зондирующего тока в обход этого исследуемого региона тела и измеряя величину этой части зондирующего тока, и измеряют измененную величину напряжения V_2 на указанном участке тела, через который пропускают зондирующей ток, а при вычислении импеданса данного исследуемого региона тела используют разность измеренной измененной величины напряжения V_2 и измеренной величины напряжения V_1 , кроме того, зондирующий ток пропускают через обе руки, а дополнительный ток через одну из рук, являющуюся исследуемым регионом тела, и одноименную с ней ногу, находя при этом импеданс этой руки, помимо этого, после нахождения импеданса руки пропускают зондирующий ток через другой участок тела, включающий эту руку, туловище и противоположную ногу, измеряют величину напряжения на этой руке и прилегающем к ней регионе туловища и используют эту величину для вычисления импеданса указанного региона туловища, кроме того, для определения импеданса полушария головы, прилегающего к первой височной области, зондирующий ток пропускают между одной из рук и первой височной областью, а дополнительный ток пропускают между указанной рукой и второй височной областью, и вычисляют величину импеданса исследуемого региона тела, включающего указанную руку и шею, помимо этого, при определении импеданса туловища зондирующий ток пропускают между одной из рук и одной из ног, а дополнительный ток пропускают между другой рукой и другой ногой, при этом при определении импедансом рук зондирующий ток пропускают между левой и правой руками, причем дополнительный ток для левой руки пропускают между левой рукой и левой ногой, а дополнительный ток для правой руки пропускают между правой рукой и правой ногой, помимо этого, после нахождения импедансом исследуемых регионов тела вычисляют импеданс верхней части туловища между руками, а ответвляемую часть зондирующего тока пропускают через ногу, противоположную исследуемой руке, соединяя внешним проводником.

Сущность изобретения состоит в том, что в процессе биоимпедансометрии сначала

измеряют напряжение на участке тела, через который пропускается зондирующий ток, а затем поочередно изменяют величину тока, протекающего через исследуемые регионы тела, оставляя неизменной величину зондирующего тока, протекающего через другие регионы тела, находящиеся на пути протекания зондирующего тока, и измеряют измененные значения напряжения на указанном участке тела. Величину импеданса каждого исследуемого региона тела вычисляют как результат деления разности измененного значения напряжения на всем участке тела, полученного при изменении величины тока через этот исследуемый регион тела, и первоначально измеренного значения напряжения на всем участке тела на величину изменения тока через этот исследуемый регион тела.

Изменение величины тока через исследуемый регион тела может осуществляться путем пропускания дополнительного тока известной величины, который должен протекать через исследуемый регион тела, а вне этого исследуемого региона тела путь протекания дополнительного тока не должен совпадать с путем протекания зондирующего тока. Другой вариант изменения величины тока через исследуемый регион тела - ответвление части зондирующего тока в обход исследуемого региона тела. Вычисление импеданса исследуемого региона тела в этом случае выполняется аналогично предыдущему случаю, но для определения величины изменения тока через исследуемый регион тела необходимо дополнительно измерять величину ответвляемой части зондирующего тока.

Таким образом, измерение всех напряжений выполняется всегда на одном и том же участке тела, что позволяет уменьшить погрешности измерений. Кроме того, как будет показано ниже, обеспечивается более точное выделение границ исследуемых регионов тела. Это также способствует повышению точности измерений импедансов исследуемых регионов тела.

Сравнение заявленных изобретений с прототипом позволяет утверждать о соответствии критерию "новизна", а отсутствие в известных аналогах отличительных признаков заявляемых изобретений говорит о соответствии критерию "изобретательский уровень". Предварительные испытания позволяют судить о возможности промышленного использования.

На фиг.1 показана эквивалентная схема, поясняющая реализацию заявленного способа для измерения импеданса левой руки; на фиг.2. - эквивалентная схема, поясняющая реализацию заявленного способа для измерения импеданса участка туловища; на фиг.3 - эквивалентная схема, поясняющая реализацию заявленного способа для измерения импеданса полушария головы; на фиг.4 - эквивалентная схема, поясняющая реализацию заявленного способа для измерения импеданса туловища с компенсацией контактных импедансов электродов; на фиг.5 - эквивалентная схема, поясняющая реализацию заявленного способа для измерения импеданса верхней части туловища и на фиг.6 - эквивалентная

схема, поясняющая реализацию заявленного способа для измерения импеданса руки и верхней части туловища с помощью ответвления части зондирующего тока.

5 В общем виде заявленный способ региональной биоимпедансометрии описывается следующим образом.

Пусть участок тела, через который пропускают зондирующий ток I_1 , состоит из K регионов, имеющих импедансы $Z_{11}...Z_{1K}$.

10 При этом измеряют величину напряжения U_1 на этом участке тела, которая равна

$$U_1 = I_1 Z_{11} + I_1 Z_{12} + \dots + I_1 Z_{1K} \quad (1)$$

15 Для измерения импеданса первого исследуемого региона изменяют величину тока через него, пропуская для этого дополнительный ток I_2 , часть пути протекания которого вне этого исследуемого региона тела не совпадает с путем протекания зондирующего тока. Пусть величина изменения тока через первый исследуемый регион тела равна I_2 . При этом измеряют измененную величину напряжения U_2 на указанном участке тела, которая равна

$$U_2 = (I_1 + I_2) Z_{11} + I_1 Z_{12} + \dots + I_1 Z_{1K} \quad (2)$$

20 Вычитая из равенства (2) равенство (1), получаем $U_2 - U_1 = I_2 Z_{11}$, откуда находим величину импеданса первого исследуемого региона.

Аналогично находят импедансы других исследуемых регионов тела на пути протекания зондирующего тока.

30 Вместо того, чтобы пропускать дополнительный ток, можно ответвлять часть зондирующего тока в обход первого исследуемого региона тела и измерять величину этой части. Если обозначить измеренную величину ответвляемой части зондирующего тока также через I_2 , то для измененного значения напряжения получится равенство

$$U_2 = (I_1 - I_2) Z_{11} + I_1 Z_{12} + \dots + I_1 Z_{1K} \quad (2a)$$

40 Вычитая из равенства (1) равенство (2a), получаем $U_1 - U_2 = I_2 Z_{11}$, откуда находим величину импеданса первого исследуемого региона.

Аналогично можно найти импедансы других исследуемых регионов.

45 Особенности и преимущества заявленного способа региональной биоимпедансометрии раскрываются ниже через примеры измерений импедансов различных регионов тела.

Первый пример реализации способа (фиг.1) заключается в измерении импеданса левой руки пациента 1. При этом первый электрод 2 накладывается на дистальную часть левой руки пациента 1, второй электрод 3 накладывается на дистальную часть правой руки, первый дополнительный электрод 4 - на дистальную часть левой ноги. Между первым и вторым электродами 2, 3 пропускают зондирующий ток величиной I_1 , создаваемый первым источником 5 тока, при этом измеряют значение напряжения U_1 между первым электродом 2 и вторым электродом 3.

60 Затем, не выключая зондирующий ток I_1 , между первым электродом 2 и первым дополнительным электродом 4 через тело пациента 1 пропускают дополнительный ток величиной I_2 , создаваемый первым дополнительным источником 6 тока. При этом снова измеряют напряжение между первым электродом 2 и вторым электродом 3 и

получают измененное значение напряжения U_2 .

Зондирующий ток, создаваемый первым источником 5 тока, протекает через импеданс 7 левой руки величиной Z_7 , импеданс 8 верхней части туловища величиной Z_8 и импеданс 9 правой руки величиной Z_9 . На основании закона Ома измеренное значение напряжения U_1 равно

$$U_1 = I_1 Z_7 + I_1 Z_8 + I_1 Z_9 \quad (3)$$

Дополнительный ток, создаваемый первым дополнительным источником 6 тока, протекает через импеданс 7 левой руки, импеданс 10 левой части туловища величиной Z_{10} и импеданс 11 левой ноги величиной Z_{11} . С учетом совместного протекания измерительного тока I_1 и дополнительного тока I_2 через левую руку пациента 1 напряжение U_2 равно

$$U_2 = I_1 Z_7 + I_2 Z_7 + I_1 Z_8 + I_1 Z_9 \quad (4)$$

Вычитая из равенства (4) равенство (3), получаем $U_2 - U_1 = I_2 Z_7$, откуда

$$Z_7 = (U_2 - U_1) / I_2 \quad (5)$$

Таким образом, импеданс исследуемого региона тела получается путем деления разности измеренного измененного значения напряжения U_2 и измеренного значения напряжения U_1 на величину дополнительного тока I_2 , которая равна изменению тока через исследуемый регион тела пациента 1. Как напряжение U_1 , так и измененное напряжение U_2 измеряются между первым электродом 2 и вторым электродом 3. Благодаря этому погрешности измерения напряжения, создаваемые контактными импедансами электродов и участков поверхности тела, в значительной мере компенсируются при вычитании. В этом примере, как и в большинстве последующих, для измерения напряжений может использоваться известная тетраполярная схема, в соответствии с которой измерение напряжения производится не между электродами, через которые подводится ток, а между устанавливаемыми рядом с ними дополнительными электродами.

Особенность данного измерения заключается в том, что в зоне левого плеча зондирующий ток I_1 и дополнительный ток I_2 расходятся в разные стороны. Благодаря этому граница региона, в котором имеет место изменение величины тока, более точно соответствует анатомической границе исследуемого региона (левой руки). Это позволяет говорить об образовании "электрической" границы исследуемого региона, конфигурация которой определяется анатомическим строением зоны суммирования токов, вследствие чего ее параметры являющейся более стабильными по сравнению с границей исследуемого региона, образующейся при кожном наложении измерительного электрода.

После измерения описанным способом импеданса руки возможно измерение импеданса прилегающего к этой руке региона туловища (фиг.2). Для этого выключают источник 5 тока и источник 6 дополнительного тока, накладывают третий электрод 12 на правую ногу пациента 1 и пропускают другой зондирующий ток величиной I_3 , создаваемый вторым источником 13 тока. Этот ток протекает через импеданс 14 региона

туловища, прилегающего к левой руке, импеданс 15 участка туловища, прилегающего к правой ноге, и импеданс 16 правой ноги. Величины импедансов 14, 15 и 16 равны соответственно Z_{14} , Z_{15} и Z_{16} . На грудную клетку предварительно накладывают четвертый электрод 17, положение которого определяет границу исследуемого участка туловища с импедансом 14, и во время пропускания другого зондирующего тока I_3 измеряют напряжение U_3 на этой руке и прилегающем к ней регионе туловища, то есть между первым электродом 2 и четвертым электродом 17.

Величина этого напряжения равна $U_3 = I_3 Z_7 + I_3 Z_{14}$. Так как величина импеданса 7 левой руки уже измерена, то можно найти величину импеданса 14 прилегающего к левой руке региона туловища

$$Z_{14} = (U_3 - I_3 Z_7) / I_3 \quad (6)$$

Как пояснялось выше, заявленный способ региональной биоимпедансометрии обеспечивает повышенную точность измерения импеданса исследуемого региона, за счет того, что граница региона, импеданс которого фактически измеряется, более точно соответствует анатомической границе исследуемого региона тела, в данном случае левой руки. Поэтому и при описанном косвенном измерении импеданса прилегающего к левой руке региона туловища обеспечивается повышение точности, так как измеряемое значение импеданса Z_{14} будет соответствовать импедансу всего указанного региона туловища, и не будет существенной ошибки из-за того, что часть этого региона создаст вклад в измеренное значение импеданса левой руки Z_7 .

Аналогично можно измерять импедансы других конечностей и прилегающих к ним регионов туловища.

Другой пример реализации заявленного способа региональной биоимпедансометрии заключается в измерении импеданса полушария головы (фиг.3). Первый электрод 2 накладывают на одну из рук (в данном случае на левую руку). Второй электрод 3 накладывают на первую височную область (в данном случае на правую височную область). Первый дополнительный электрод 4 накладывают на вторую (левую) височную область. Зондирующий ток величиной I_1 , создаваемый первым источником 5 тока, пропускают между первым электродом 2 и вторым электродом 3. Этот ток проходит через импеданс 7 левой руки величиной Z_7 , импеданс 18 шеи величиной Z_{18} и импеданс 19 правого полушария головы величиной Z_{19} . При этом измеряется величина напряжения U_4 между первым электродом 2 и вторым электродом 3. Величина этого напряжения равна

$$U_4 = I_1 Z_7 + I_1 Z_{18} + I_1 Z_{19} \quad (7)$$

Затем, не выключая зондирующий ток I_1 , между первым электродом 2 и первым дополнительным электродом 4 через тело пациента 1 пропускают дополнительный ток величиной I_2 , создаваемый первым дополнительным источником 6 тока. При этом снова измеряют напряжение между первым электродом 2 и вторым электродом 3 и получают измененное значение напряжения U_5 .

Дополнительный ток I_2 протекает через импеданс 7 левой руки, импеданс 18 шеи и импеданс 20 левого полушария головы величиной Z_{20} . Измененное значение напряжения U_5 равно

$$U_5 = I_1 Z_7 + I_2 Z_7 + I_2 Z_{18} + I_1 Z_{19} \quad (8)$$

Вычитая из равенства (8) равенство (7), находим импеданс исследуемого региона тела, включающего левую руку и шею

$$Z_7 + Z_{18} = (U_5 - U_4) / I_2 \quad (9)$$

Затем из (7) определяем импеданс правого полушария головы

$$Z_{19} = (U_4 - I_1 Z_7 - I_1 Z_{18}) / I_1 \quad (10)$$

Аналогично можно найти импеданс другого полушария головы. Использование левой или правой руки для нахождения импеданса любого полушария головы равнозначно.

Особенностью описанного способа измерения импеданса полушария головы является то, что зондирующий ток подается в голову через шею, и тем самым обеспечиваются прохождение его наибольшей части через головной мозг и минимальная утечка зондирующего тока по поверхностным тканям головы. Это позволяет уменьшить систематическую погрешность. Использование заявленного способа региональной биоимпедансометрии для измерения суммарного импеданса руки и шеи позволяет косвенно найти импеданс полушария головы с высокой точностью.

Следующий пример реализации заявленного способа региональной биоимпедансометрии заключается в измерении импеданса туловища пациента 1 (фиг.4). Первый электрод 2 накладывается на дистальную часть левой руки, второй электрод 3 накладывается на дистальную часть левой ноги, первый дополнительный электрод 4 - на дистальную часть правой руки и второй дополнительный электрод 21 - на дистальную часть правой ноги. Между первым и вторым электродами 2, 3 пропускают зондирующий ток величиной I_1 , создаваемый первым источником 5 тока, и при этом измеряют значение напряжения U_6 между первым электродом 2 и вторым электродом 3.

Затем, не выключая зондирующий ток I_1 , между первым дополнительным электродом 4 и вторым дополнительным электродом 21 через тело пациента 1 пропускают дополнительный ток величиной I_2 , создаваемый первым дополнительным источником 6 тока. При этом снова измеряют напряжение между первым электродом 2 и вторым электродом 3 и получают измененное значение напряжения U_7 .

В данном примере будем учитывать импедансы контактов, возникающие на границах электродов и тела. Зондирующий ток I_1 , создаваемый первым источником 5 тока, протекает через импеданс 22 контакта первого электрода величиной Z_{22} , импеданс 7 левой руки величиной Z_7 , импеданс 23 туловища величиной Z_{23} , импеданс 11 левой ноги величиной Z_{11} и импеданс 24 контакта второго электрода величиной Z_{24} . Измеренное значение напряжения U_6 равно

$$U_6 = I_1 Z_{22} + I_1 Z_7 + I_1 Z_{23} + I_1 Z_{11} + I_1 Z_{24} \quad (11)$$

Дополнительный ток 12, создаваемый первым дополнительным источником 6 тока, протекает через импеданс 9 левой руки,

импеданс 23 туловища величиной Z_{11} и импеданс 24 правой ноги. Импедансы контактов первого и второго дополнительных электродов 4 и 21 не учитываются, так как они не влияют на результат измерения. С учетом совместного протекания измерительного тока I_1 и дополнительного тока I_2 через туловище пациента 1 напряжение U_7 равно

$$U_7 = I_1 Z_{22} + I_1 Z_7 + I_1 Z_{23} + I_2 Z_{23} + I_1 Z_{11} + I_1 Z_{24} \quad (12)$$

Здесь предполагается, что контактные импедансы Z_{22} и Z_{24} не изменились за время проведения измерений напряжений U_6 и U_7 . Вычитая из равенства (12) равенство (11), получаем $U_7 - U_6 = I_2 Z_{23}$, откуда

$$Z_{23} = (U_7 - U_6) / I_2 \quad (13)$$

Таким образом, в данном примере реализации заявленного способа осуществляется компенсация контактных импедансов, что дает возможность использовать более простую биполярную схему измерений, в соответствии с которой напряжение измеряется между теми же электродами, через которые подводится зондирующий ток. Описанный вариант измерения возможен при любых сочетаниях рук и ног для пропуска зондирующего тока и дополнительного тока. Необходимо только выполнять условие, чтобы пути протекания этих токов совпадали только в пределах туловища.

Следующий пример реализации способа региональной биоимпедансометрии включает измерение импедансов обеих рук и последующее определение импеданса верхней части туловища между двумя руками. Первый электрод 2 накладывается на дистальную часть левой руки пациента 1, второй электрод 3 - на дистальную часть правой руки, первый дополнительный электрод 4 - на дистальную часть левой ноги, второй дополнительный электрод 21 - на дистальную часть правой ноги. Между первым и вторым электродами 2, 3 пропускают зондирующий ток величиной I_1 , создаваемый первым источником 5 тока, и при этом измеряют значение напряжения U_1 между первым электродом 2 и вторым электродом 3.

Затем, не выключая зондирующий ток I_1 , между первым электродом 2 и первым дополнительным электродом 4 через тело пациента 1 пропускают первый дополнительный ток величиной I_2 , создаваемый первым дополнительным источником 6 тока, и описанным выше способом измеряют величину импеданса Z_7 левой руки (см. формулы (3...5)).

Затем аналогично измеряют импеданс правой руки. Для этого, не выключая зондирующий ток I_1 , между вторым электродом 2 и вторым дополнительным электродом 21 через тело пациента 1 пропускают второй дополнительный ток величиной I_4 , создаваемый вторым дополнительным источником 26 тока. При этом снова измеряют напряжение между первым электродом 2 и вторым электродом 3 и получают второе измененное значение напряжения U_8 .

Второй дополнительный ток I_4 , создаваемый вторым дополнительным источником 26 тока, протекает через

импеданс 9 правой руки величиной Z_9 , импеданс 27 правой части туловища величиной Z_{27} и импеданс 25 правой ноги величиной Z_{25} . С учетом совместного протекания зондирующего тока I_1 и второго дополнительного тока I_4 через правую руку пациента 1 напряжение U_8 равно

$$U_8 = I_1 Z_9 + I_4 Z_9 + I_1 Z_8 + I_1 Z_7 \quad (14)$$

Вычитая из равенства (14) равенство (3), получаем $U_8 - U_1 = I_4 Z_9$, откуда

$$Z_9 = (U_8 - U_1) / I_4 \quad (15)$$

Затем из (3) находим величину импеданса верхней части туловища Z_8

$$Z_8 = (U_1 - I_1 Z_7 - I_1 Z_9) / I_1 \quad (16)$$

Как пояснялось выше, заявленный способ региональной биоимпедансометрии обеспечивает соответствие границ регионов, импедансы которых реально измеряются, и анатомических границ исследуемых регионов тела. Поэтому в описанном примере измерение импеданса части торса происходит между двумя "электрическими" границами, которые образуются в зонах соединения конечностей с торсом. Эта особенность позволяет существенно повысить точность измерения за счет того, что граница исследуемого региона определяется только анатомическим строением и не зависит от изменения места наложения электродов на дистальных частях конечностей.

В последнем примере реализации заявляемого способа (фиг.6) производится измерение импеданса правой руки и верхней части туловища. Первый электрод 2 накладывается на дистальную часть левой руки пациента 1, второй электрод 3 накладывается на дистальную часть правой руки, первый дополнительный электрод 4 - на дистальную часть левой ноги. Между первым и вторым электродами 2, 3 пропускают зондирующий ток величиной I_1 , создаваемый первым источником тока 5, и при этом измеряют значение напряжения между первым электродом 2 и вторым электродом 3. Измеренное значение напряжения U_1 определяется соотношением (3).

Затем, не выключая зондирующий ток I_1 , соединяют второй электрод 3 проводником 27 с первым дополнительным электродом 4. При этом часть зондирующего тока I_1 , обозначаемая далее I_1' , ответвляется и протекает через импеданс 10 левой части туловища и импеданс 11 левой ноги. Величину тока I_1' измеряют с помощью измерителя 28 тока. Ток через исследуемый регион тела (верхняя часть туловища и правая рука) уменьшается на величину I_1' . Измеренное измененное значение напряжения U_9 равно

$$U_9 = I_1 Z_7 + (I_1 - I_1')(Z_8 + Z_9) \quad (17)$$

Вычитая из равенства (3) равенство (17), получаем $U_1 - U_9 = I_1' (Z_8 + Z_9)$, откуда $Z_8 + Z_9 = (U_1 - U_9) / I_1'$.

Ниже приведены примеры практического применения заявленного способа региональной биоимпедансометрии.

Пример 1.

Пациент П., 30 лет. Проводились биоимпедансные исследования левой руки. Электроды фиксировались на конечностях согласно фиг.1. Измерение напряжений U_1 , U_2 проводили по тетраполярной методике в

последовательности, описывающей действия для фиг. 1. В качестве зондирующего и дополнительного токов использовали переменный синусоидальный ток с частотой 20 кГц и величиной 1 мА.

Получили следующие величины:

$$U_1 = 405 \text{ мВ}, U_2 = 588 \text{ мВ}.$$

Используя эти величины и соотношение (3), определили импеданс левой руки $Z_7 = 183 \text{ Ом}$

Пример 2.

Пациент С., 26 лет. Проводились биоимпедансные исследования торса. Электроды фиксировались на конечностях согласно фиг.4. Измерения напряжений проводились по биполярной методике в последовательности, описывающей действия для фиг. 4. В качестве зондирующего и дополнительного токов использовали переменный синусоидальный ток с частотой 20 кГц, величина которого составляла 1 мА.

Получили следующие величины:

$$U_6 = 269 \text{ мВ}, U_7 = 309 \text{ мВ}$$

Используя эти величины и соотношение (13), определили импеданс торса $Z_{23} = 40 \text{ Ом}$

Величина помех, вызванных нестабильностью контактного импеданса, возникающего на границе раздела электрод - ткань, не превышала уровня аналогичных помех при тетраполярной схеме измерения.

Таким образом, в заявленном способе региональной биоимпедансометрии измерение всех напряжений выполняется всегда на одном и том же участке тела. Благодаря этому уменьшаются погрешности измерений. Кроме того, обеспечивается более точное выделение границ исследуемых регионов тела. Это также способствует повышению точности измерений импедансов исследуемых регионов тела.

Заявленный способ позволяет также косвенно измерять импедансы регионов тела, труднодоступных для проведения прямых измерений, в том числе полушарий головы и отдельных регионов туловища. При этом исключается наложение дополнительных электродов на различные участки тела. Благодаря этому сокращается время, необходимое для проведения обследований, и большая часть поверхности тела остается свободной для проведения терапевтических воздействий или диагностических исследований.

Формула изобретения:

1. Способ региональной биоимпедансометрии, заключающийся в пропускании зондирующего тока через участок тела человека и измерении величины напряжения V_1 на нем, используемой для вычисления импедансов исследуемых К регионов тела, расположенных на пути протекания зондирующего тока, отличающийся тем, что для по меньшей мере одного из указанных исследуемых К регионов тела изменяют величину тока, протекающего через него, пропуская для этого дополнительный ток, часть пути протекания которого вне этого исследуемого региона тела не совпадает с путем протекания зондирующего тока, или, ответвляя часть зондирующего тока в обход этого исследуемого региона тела и измеряя величину этой части зондирующего тока,

измеряют измененную величину напряжения V_2 на участке тела, через который пропускают зондирующий ток, а при вычислении импеданса данного исследуемого региона тела используют разность измеренной измененной величины напряжения V_2 и измеренной величины напряжения V_1 .

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что зондирующий ток пропускают через обе руки, а дополнительный ток через одну из рук, являющуюся исследуемым регионом тела, и одноименную с ней ногу, находя при этом импеданс этой руки.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что после нахождения импеданса руки пропускают зондирующий ток через другой участок тела, включающий эту руку, туловище и противоположную ногу, измеряют величину напряжения на этой руке и прилегающем к ней регионе туловища и используют эту величину для вычисления импеданса указанного региона туловища.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что для определения импеданса полушария головы, прилегающего к первой височной области, зондирующий ток пропускают между одной из рук и первой височной областью, а дополнительный ток пропускают между

указанной рукой и второй височной областью и вычисляют величину импеданса исследуемого региона тела, включающего указанную руку и шею.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при определении импеданса туловища зондирующий ток пропускают между одной из рук и одной из ног, а дополнительный ток пропускают между другой рукой и другой ногой.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при определении импедансов рук зондирующий ток пропускают между левой и правой руками, причем дополнительный ток для левой руки пропускают между левой рукой и левой ногой, а дополнительный ток для правой руки пропускают между правой рукой и правой ногой.

7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что после нахождения импедансов рук вычисляют импеданс верхней части туловища между руками.

8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при определении импеданса одной руки и верхней части туловища зондирующий ток пропускают между руками, а ответвляемую часть зондирующего тока пропускают через ногу, противоположную исследуемой руке, соединяя их внешним проводником.

30

35

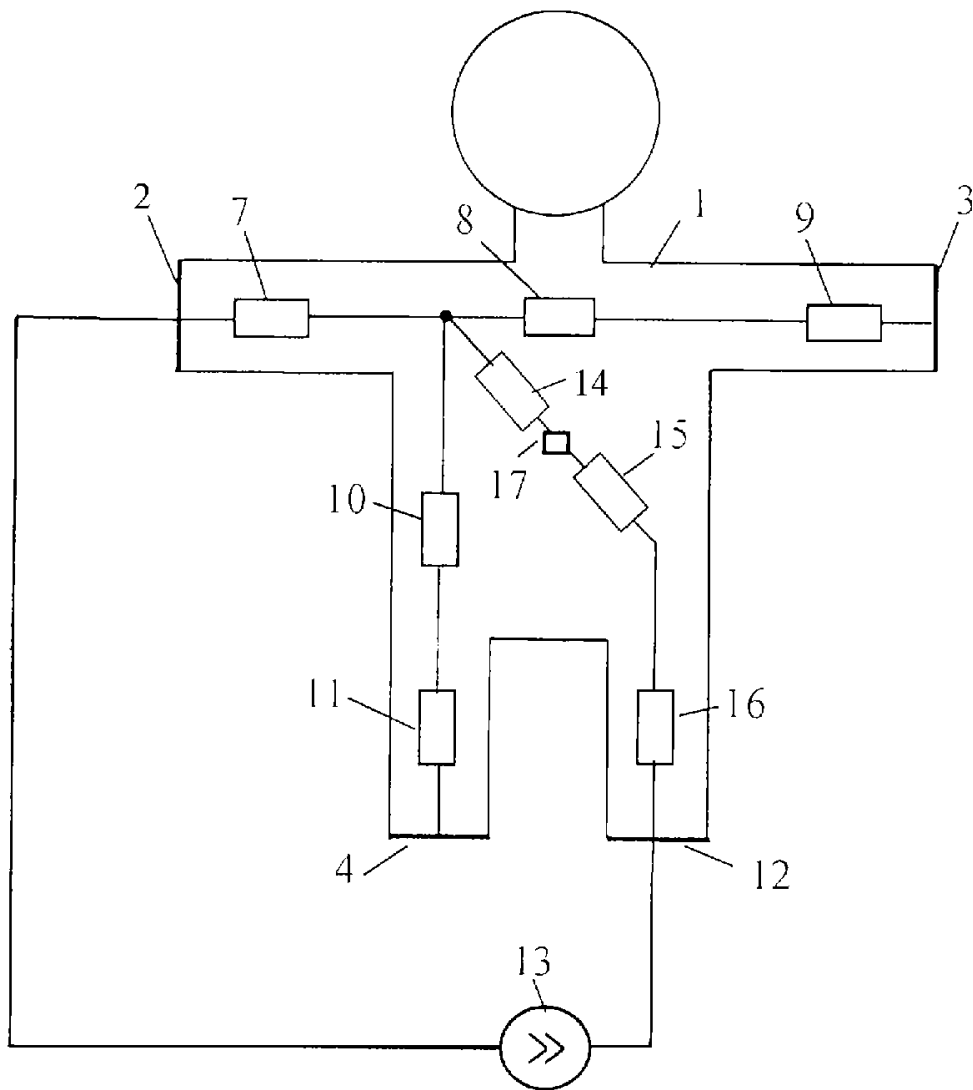
40

45

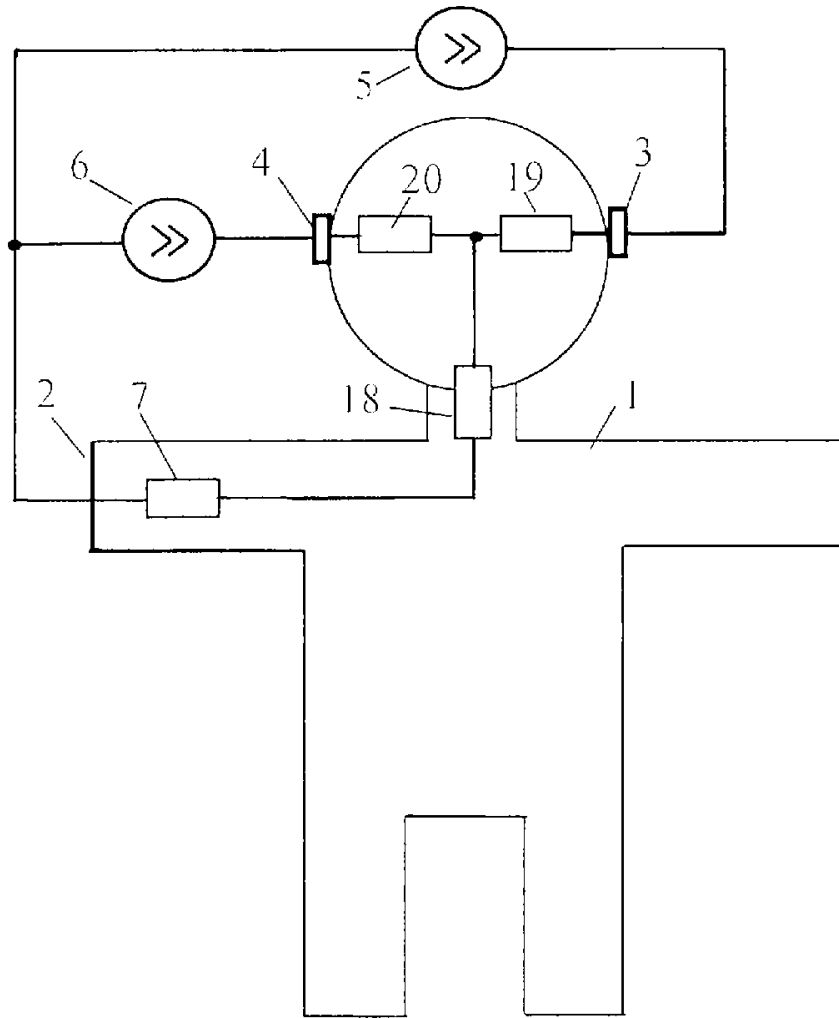
50

55

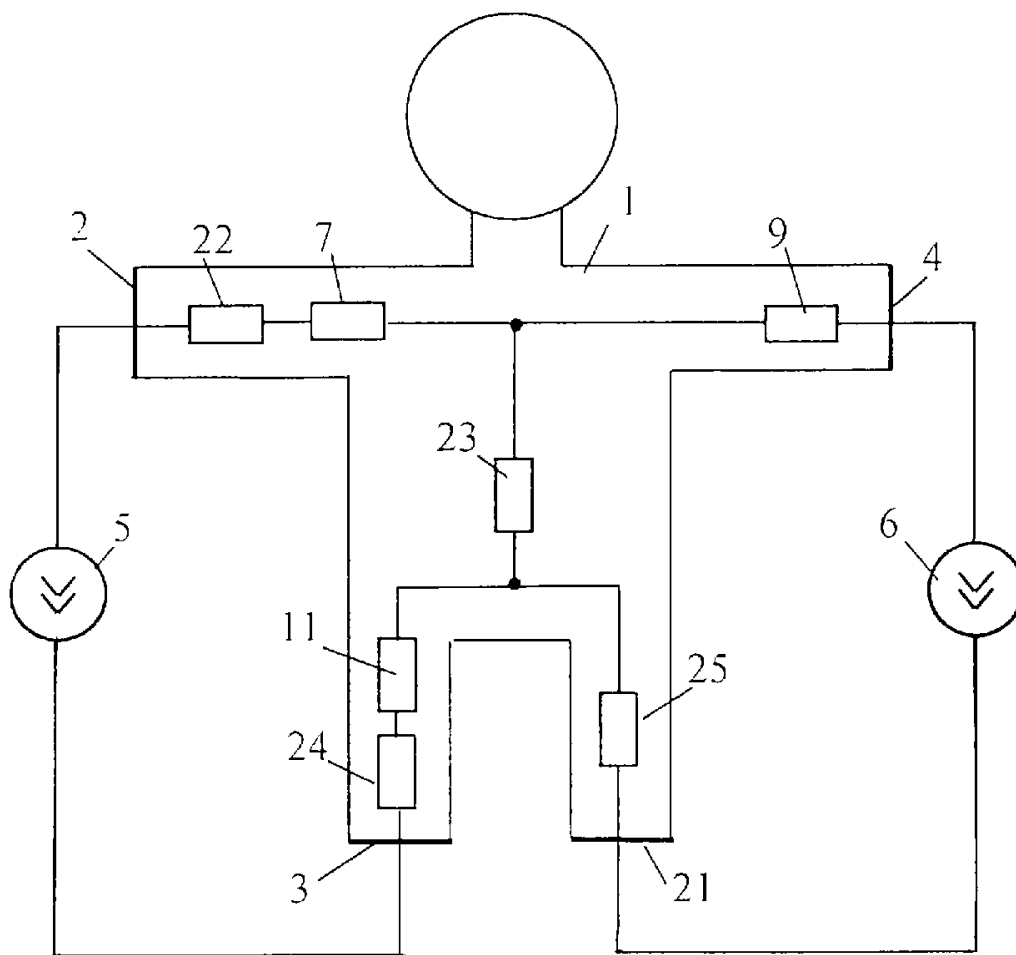
60



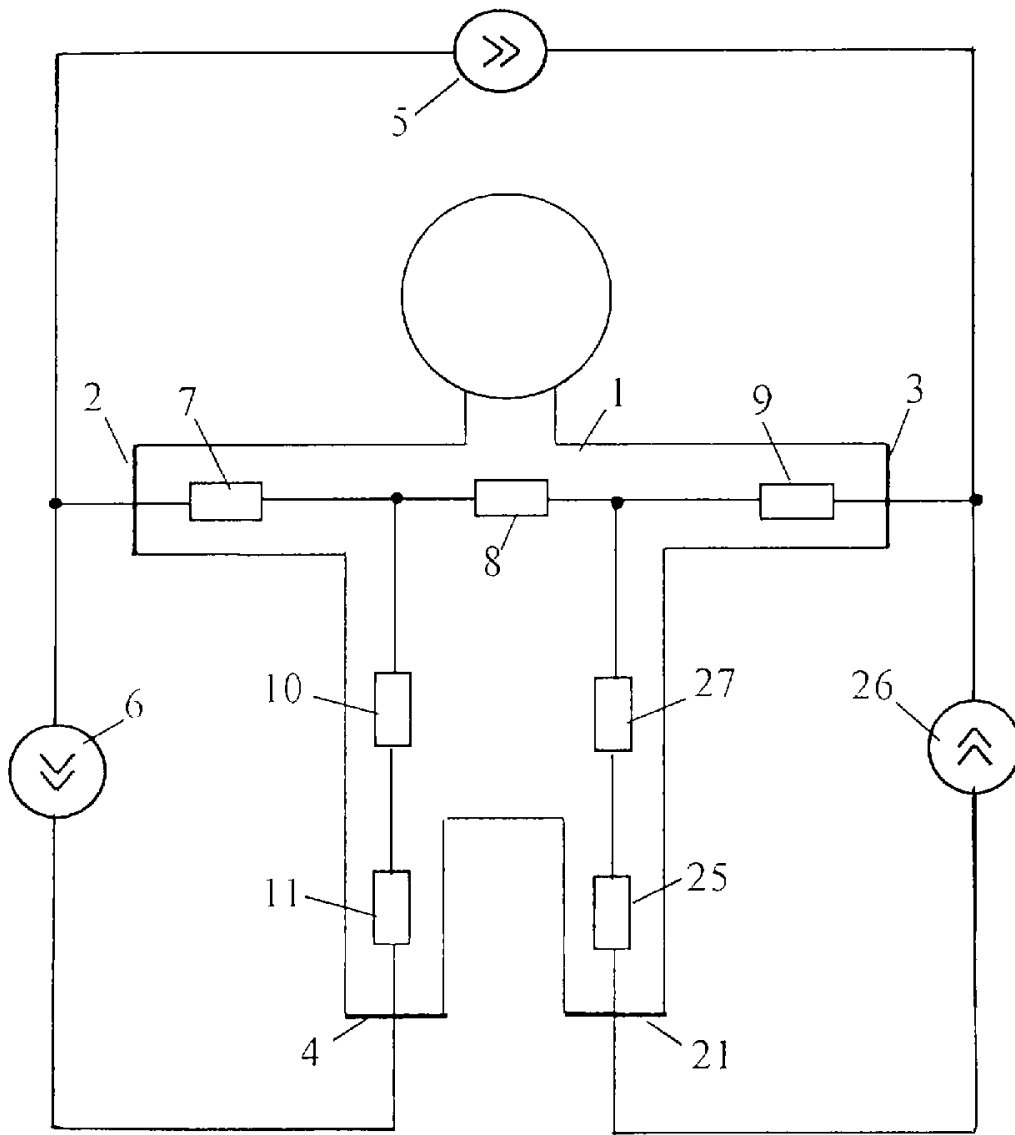
Фиг. 2



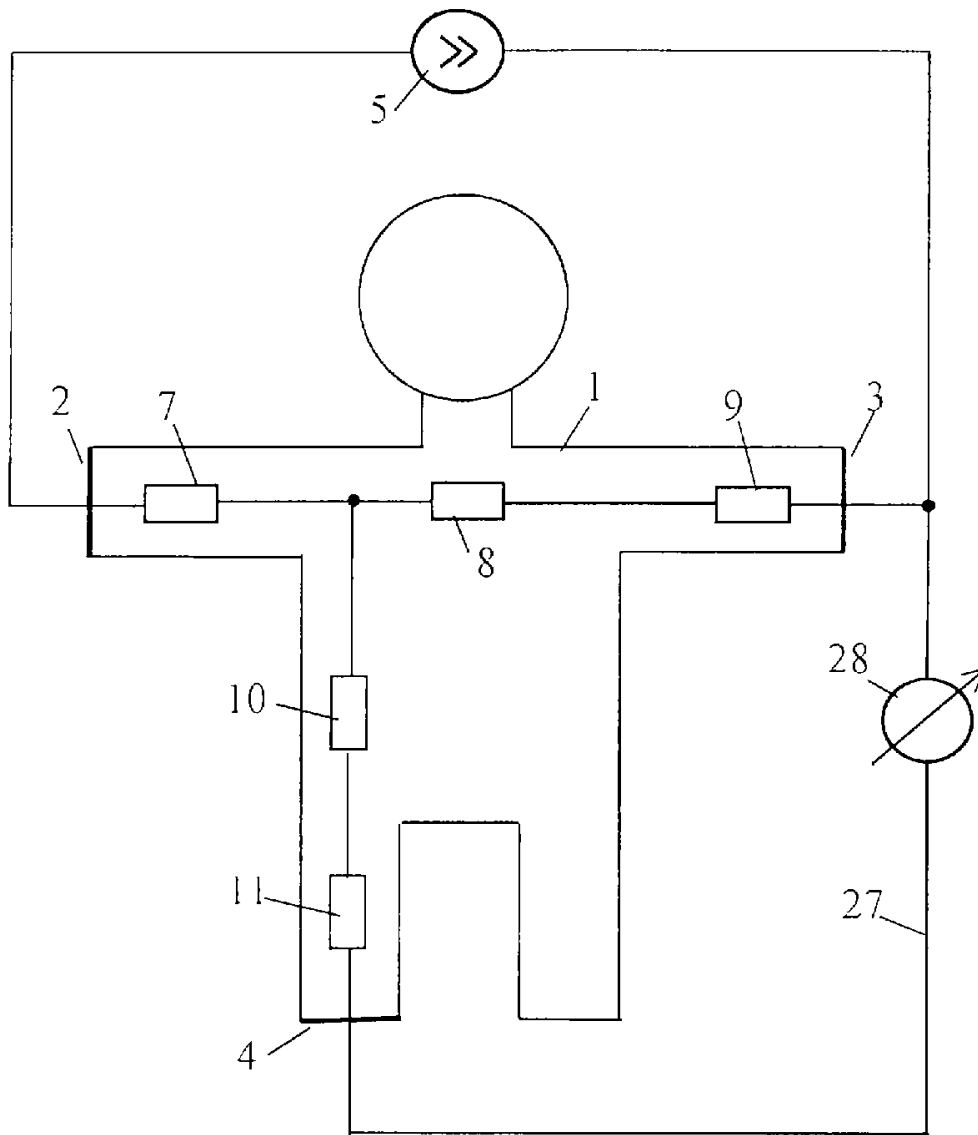
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6