

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **038777**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.10.18**

(51) Int. Cl. **G01N 27/18** (2006.01)  
**A24F 47/00** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201992013**

(22) Дата подачи заявки  
**2015.02.20**

---

(54) **ЭЛЕКТРОННАЯ СИГАРЕТА**

---

(31) **1451409**

(32) **2014.02.21**

(33) **FR**

(43) **2020.01.31**

(62) **201691654; 2015.02.20**

(56) EP-A1-2468116  
EP-A1-2143346  
WO-A2-2013098398  
EP-A2-0430566  
WO-A1-2013060781  
US-A-6040560

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ДЖТ ИНТЕРНЭШНЛ С.А. (СН)**

(72) Изобретатель:  
**Луво Эрик, Малькаве Дидье, Анави  
Стив, Про Александр (FR)**

(74) Представитель:  
**Ловцов С.В., Левчук Д.В., Вилесов  
А.С., Коптева Т.В., Ясинский С.Я.,  
Стукалова В.В., Гавриков К.В. (RU)**

---

(57) Электронная сигарета (1), включающая нагревательный элемент (10), подходящий для испарения вещества за некоторый период курения, отличающаяся тем, что она включает средства (30) измерения приближенного значения ( $\Delta U_{10_{MES}}(t)$ ,  $U_{10_{MES}}(t)$ ) характеристики напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) за период курения, причем упомянутое приближенное значение измеряется на выводах (B1, B2) цепи (500), ни один элемент которой не имеет собственных характеристик, на которые влияет вдыхание; средства (30) оценки приближенного значения ( $\Delta U_{10_{TH}}(t)$ ,  $U_{10_{TH}}(t)$ ) упомянутой характеристики напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) при отсутствии вдыханий за такой период курения; средства (30) вычисления интенсивности (F) вдыханий за такой период курения по интеграции разницы между такими приближенными значениями за такой период курения и средства (30) оценки упомянутого количества вещества, испаренного нагревательным элементом, по меньшей мере, по упомянутой интенсивности.

---

**038777**  
**B1**

**038777**  
**B1**

### **Предпосылки для создания изобретения**

Изобретение относится в общем к области электронных сигарет, включающих нагревательный элемент, подходящий для испарения вещества в ответ на вдыхания пользователя, когда на нагревательный элемент подается электропитание.

Более конкретно, изобретение предлагает решение по оценке количества вещества, испаренного нагревательным элементом.

Известны решения по оценке такого количества, в которых осуществляется измерение изменения в удельном сопротивлении нагревательного элемента, когда температура нагревательного элемента изменяется из-за вдыханий.

В частности в документе EP 2468116 описано решение этого типа, в котором удельное сопротивление нагревательного элемента вычисляется по разнице потенциалов на выводах такого элемента.

К сожалению, изменение в удельном сопротивлении нагревательного элемента измерить очень трудно, так что эти решения не обеспечивают точной оценки количества испаренного вещества.

### **Цель и раскрытие изобретения**

Согласно первому аспекту, изобретение относится к способ оценки количества вещества, испаренного нагревательным элементом в электронной сигарете за некоторый период курения.

В настоящем документе понятие "испарение" использовано в широком смысле; оно означает преобразование вещества в газ, включая таковое при температуре меньше чем 100°C.

Данный способ включает

этап измерения приближенного значения характеристики напряжения на выводах нагревательного элемента за период курения, причем такое приближенное значение измеряется на выводах цепи, ни один элемент которой не имеет собственных характеристик, на которые влияет вдыхание;

этап вычисления приближенного значения этой характеристики напряжения на выводах нагревательного элемента при отсутствии вдыхания за период курения;

этап вычисления представительной характеристики вдыханий за период курения по интеграции разницы между такими приближенными значениями за такой период курения;

этап вычисления количества вещества, испаренного нагревательным элементом, по такой интенсивности и, возможно, по другим параметрам.

Соответственно изобретение относится к электронной сигарете, включающей

нагревательный элемент, подходящий для испарения вещества за некоторый период курения, отличающийся тем, что он включает

средства измерения приближенного значения характеристики напряжения на выводах нагревательного элемента за период курения, причем такое приближенное значение измеряется на выводах цепи, ни один элемент которой не имеет собственных характеристик, на которые влияет вдыхание;

средства вычисления приближенного значения этой характеристики напряжения на выводах нагревательного элемента при отсутствии вдыхания за период курения;

средства вычисления интенсивности вдыханий за период курения по интеграции разницы между такими приближенными значениями за такой период курения;

средства вычисления количества вещества, испаренного нагревательным элементом, по такой интенсивности и, возможно, по другим параметрам.

Таким образом и в общем, изобретение предлагает оценивать количество испаренного вещества за некоторый период курения путем сравнения характеристик напряжения на выводах нагревательного элемента с такими характеристиками при отсутствии вдыханий. Однако, как большое преимущество, изобретение измеряет эти характеристики не непосредственно, а осуществляет вычисление на выводах цепи, на собственные характеристики которой не влияют вдыхания.

За счет этого явно преимущественного признака изобретение обеспечивает весьма надежную оценку интенсивности вдыханий и, поэтому, значительно улучшает оценку количества испаренного вещества.

Как большое преимущество, вышеупомянутая цепь, на выводах которой осуществляются измерения, чтобы оценить характеристики напряжения на выводах нагревательного элемента, сама не включает нагревательный элемент. Этот признак, как преимущество, предусматривает ограничение энергии, расходуемой для определения количества испаренного вещества, так что весьма большая часть совокупной энергии, расходуемой электронной сигаретой, используется для испарения вещества. Устройство изобретения для измерения количества вещества, испаренного электронной сигаретой, поэтому не имеет недостатков устройства, описанного в документе EP 2143346.

В одном варианте осуществления изобретения определенное количество испаренного вещества используется для оценки количества или качества компонентов, вдыхаемых пользователем, например, количества никотина.

В первом варианте осуществления изобретения определяется изменение в напряжении на выводах нагревательного элемента.

В первом варианте этого варианта осуществления приближенное значение изменения в напряжении на выводах нагревательного элемента вычисляется по напряжениям, измеренным на выводах по меньшей мере двух элементов, причем напряжения на выводах каждого из этих элементов дают приближенное

значение напряжения на выводах нагревательного элемента в моменты, которые немного сдвинуты по времени.

В данном варианте осуществления изобретения электронная сигарета согласно изобретению включает

по меньшей мере два элемента, причем напряжение на выводах каждого из этих элементов дает приближенное значение напряжения на выводах упомянутого нагревательного элемента в моменты, которые немного сдвинуты по времени, и

средства измерения приближенного значения изменения в напряжении на выводах нагревательного элемента по напряжениям, измеренным на выводах этих элементов.

Изобретение предлагает отслеживание изменения во времени характеристик напряжения на выводах нагревательного элемента не с помощью инструмента, который бы точно и прямо отслеживал напряжение в реальном времени, а создавал искусственную дельту задержки между двумя элементами электронной сигареты, причем эта задержка обеспечивает получение в момент времени  $t$  вычисления изменения в напряжении на выводах нагревательного средства между дельтой в момент времени  $t$  и моментом времени  $t$ .

В одном варианте осуществления этими элементами являются последовательные RC-цепи, соединенные последовательно.

Во втором варианте этого первого варианта осуществления приближенное значение изменения в напряжении на выводах нагревательного элемента является временной производной разницы потенциалов, измеренных на выводах измерительного сопротивления, соединенного последовательно с нагревательным элементом.

Во втором варианте осуществления изобретения определяется напряжение на выводах нагревательного элемента.

В одном варианте осуществления этого второго варианта приближенное значение напряжения на выводах нагревательного элемента является напряжением, измеренным на выводах измерительного сопротивления, соединенного последовательно с упомянутым нагревательным элементом.

В данном варианте осуществления электронная сигарета включает средства, подходящие для измерения разницы потенциалов на выводах измерительного сопротивления, соединенного последовательно с нагревательным элементом, и средства измерения приближенного значения изменения в напряжении на выводах нагревательного элемента по такой разнице потенциалов.

#### **Краткое описание чертежей**

Другие признаки и преимущества настоящего изобретения станут понятными из приведенного ниже описания со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых показан один вариант его осуществления, не имеющий ограничительного характера.

На чертежах:

фиг. 1 - первый вариант осуществления электронной сигареты в соответствии с изобретением;

фиг. 2 - изменение в напряжении на выводах компонентов электронной сигареты с фиг. 1 после выдыхания;

фиг. 3 - теоретическая разница между выходными напряжениями двух RC-цепей с фиг. 1 при отсутствии выдыханий;

фиг. 4 - иллюстрация способа вычисления интенсивности выдыханий из электронной сигареты с фиг. 1;

фиг. 5 - детали электронной сигареты в соответствии с вторым вариантом осуществления изобретения;

фиг. 6 - детали электронной сигареты в соответствии с третьим вариантом осуществления изобретения;

фиг. 7 - иллюстрация способа вычисления интенсивности выдыханий из электронной сигареты с фиг. 6;

фиг. 8 - детали электронной сигареты в соответствии с четвертым вариантом осуществления изобретения;

фиг. 9 - в форме технологической схемы показаны основные этапы способа определения в соответствии с одним частным вариантом осуществления изобретения.

#### **Подробное описание первого варианта осуществления изобретения**

Теперь со ссылками на фиг. 1 будет описан первый вариант осуществления электронной сигареты 1 в соответствии с изобретением, причем на этой фигуре чертежей показаны только электронные компоненты, полезные для понимания данного варианта осуществления.

Электронная сигарета 1 включает нагревательный элемент 10, подходящий для испарения вещества, причем удельное сопротивление  $R_{10}(t)$  этого нагревательного элемента способно изменяться как функция температуры.

В данном варианте осуществления нагревательный элемент 10 включает первый вывод, который не обозначен, соединенный с заземлением, и второй вывод А, так что потенциал  $U_{10}$  на этом выводе соответствует напряжению на выводах нагревательного элемента 10.

В соответствии с изобретением электронная сигарета 1 включает аккумулятор 3, подходящий для подачи напряжения  $U_0$ , и переключатель 5, соединенный с выводом Р аккумулятора, чтобы подавать

электропитание, но только когда пользователь нажмет кнопку, которая не показана, на нагревательный элемент 10 от аккумулятора 3.

В данном варианте осуществления напряжение  $U_0$  является номинальным напряжением порядка 3,7 В, и разрядная кривая находится в диапазоне [4,2 В, 0 В].

Когда переключатель 5 замкнут, электрический ток с силой  $i$  проходит через этот переключатель и электрический ток с силой  $i_{10}$  проходит через нагревательный элемент 10.

Таким образом, чтобы можно было измерить изменения в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10, электронная сигарета 1 в данном варианте осуществления включает измерительное сопротивление  $R$ , установленное последовательно между выводом Q переключателя 5 и выводом А нагревательного элемента 10. Электрический ток с силой  $i$  проходит через измерительное сопротивление, когда переключатель 5 замкнут. На собственные характеристики измерительного сопротивления  $R$  вдыхания не влияют.

Вследствие этого конкретного расположения и с учетом того, что переключатель 5 является совершенным переключателем (т.е., не имеет потерь, поэтому  $U_5=U_0$ ), известным образом получаем следующее:

$$U_{10}(t) = U_0 \cdot R_{10}(t) / (R + R_{10}(t)) \quad (1)$$

Следовательно, изменения в удельном сопротивлении  $R_{10}(t)$  нагревательного элемента 10 сопровождаются изменением в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента.

На фиг. 2 на оси ординат показано напряжение  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 как функция времени, причем на этой фигуре представлены четыре события, происходящие в моменты времени  $t_1$ - $t_4$ :

$t_1$ : нажатие кнопки, замыкающей переключатель 5. Напряжение  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10, которое было равно нулю, почти мгновенно достигает напряжения, очень близкого к напряжению  $U_0$  аккумулятора 3. С этого момента  $t_1$  пока пользователь не осуществляет вдыхание, температура нагревательного элемента 10 увеличивается до тех пор, пока не достигнет предельной температуры, и его удельное сопротивление  $R_{10}(t)$  увеличивается, и напряжение  $U_{10}(t)$  увеличивается.

$t_2$  и  $t_3$ : начало и конец вдыхания. Вдыхание приносит поток холодного воздуха на нагревательный элемент 10, вызывающий эффект понижения его температуры, уменьшения его удельного сопротивления  $R_{10}(t)$  и поэтому понижения напряжения  $U_{10}(t)$  на его выводах. Наоборот, конец вдыхания приводит, если переключатель 5 удерживается в замкнутом состоянии, к повторному нагреву нагревательного элемента и к увеличению напряжения на его выводах.

$t_4$ : отпускание кнопки и размыкание переключателя 5: нагревательный элемент 10 больше не получает электропитание от аккумулятора 3 и напряжение  $U_{10}(t)$  на его выводах почти мгновенно снова становится равным нулю.

В настоящем документе "период курения" относится к периоду времени между мгновениями  $t_1$  и  $t_4$ , т.е., к периоду, в течение которого пользователь нажимает кнопку, переводящую переключатель 5 в замкнутое состояние. В течение этого периода пользователь может при необходимости не вдыхать или вдыхать одну или несколько затяжек.

В этом первом конкретном варианте осуществления изобретения количество вещества, испаренного за некоторый период курения, вычисляется путем сравнения измеренного  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  - приближенного значения изменения в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 - за период курения с теоретической оценкой  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  этого приближенного значения изменения в напряжении при отсутствии вдыхания за период курения.

Более конкретно, в данном варианте осуществления изобретения в качестве приближенного значения изменения в напряжении в момент  $t$  на выводах нагревательного элемента 10 выбрана разница между двумя напряжениями  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$ , измеренными на выводах В1, В2 цепи 500, включающей две ветви 11, 12, которые отдельные и одного типа, причем напряжения  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$  на выводах этой цепи 500 являются приближенными значениями напряжения  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 в два момента, которые немного сдвинуты по времени.

Очень важно понять, что ни один из компонентов цепи 500 не имеет собственных характеристик, на которые влияет вдыхание.

В данном варианте осуществления использованы две последовательные ветви RC-цепи 11, 12, установленные последовательно между нагревательным элементом 10 и вычислительными средствами 30, подходящими для вычисления разницы между напряжениями  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$ .

В данном варианте осуществления напряжения  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$  являются потенциалами в точках В и С, показанных на фиг. 1.

Постоянную времени  $T_{12}$  второй RC-цепи 12 выбирают намного большей, чем постоянная времени  $T_{11}$  первой ветви RC-цепи 11, например, с коэффициентом 100.

В данном варианте осуществления усилитель 20 с коэффициентом усиления  $G$  используют для усиления разницы  $\Delta U_{10}(t)$  между  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$ .

В данном варианте осуществления сопротивления  $R_{11}$  и  $R_{12}$  ветвей RC-цепи 11 и 12 пренебрежимо

малы по сравнению с импедансом усилителя 20.

Следовательно,

$$\Delta U_{10}(t) = G \cdot (U_{12}(t) - U_{11}(t))$$

В данном варианте осуществления

коэффициент усиления  $G$  выбирают в диапазоне [100; 10000], например, равным 500;

разница  $U_{12}(t) - U_{11}(t)$  составляет порядка нескольких десятков микровольт и

$\Delta U_{10}(t)$  составляет порядка нескольких десятков, даже сотен, микровольт и может быть определена вычислительными средствами 30.

На фиг. 2 также представлены выходные напряжения  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$  последовательных ветвей RC-цепи 11 и 12.

Как было сказано выше, когда пользователь нажимает кнопку в момент  $t_1$ , на нагревательный элемент 10 поступает электропитание, и напряжение  $U_{10}(t)$  на его выводах увеличивается. Две емкости  $C_{11}$ ,  $C_{12}$  ветвей RC-цепи 11, 12 заряжаются, причем вторая емкость  $C_{12}$  большего значения заряжается с задержкой относительно первой емкости  $C_{11}$  меньшего значения.

Следовательно, наблюдаем, что между моментом нажатия кнопки ( $t_1$ ) и моментом начала выдыхания ( $t_2$ )  $U_{12}(t) < U_{11}(t) < U_{10}(t)$ .

Когда пользователь начинает вдыхать в момент  $t_2$ , нагревательный элемент 10 охлаждается, и напряжение  $U_{10}(t)$  на его выводах уменьшается. Вторая емкость  $C_{12}$  большего значения заряжается с задержкой относительно первой емкости  $C_{11}$  меньшего значения. При этом наблюдаем, что во время всей продолжительности выдыхания, т.е., между моментами  $t_2$  и  $t_3$ ,  $U_{12}(t) > U_{11}(t) > U_{10}(t)$ .

Когда пользователь прекращает вдыхание в момент  $t_3$ , нагревательный элемент 10 снова нагревается, и напряжение  $U_{10}(t)$  на его выводах увеличивается. То есть, происходит возврат к ситуации, когда  $U_{12}(t) < U_{11}(t) < U_{10}(t)$ .

Вскоре после того, как пользователь отпустит кнопку в момент  $t_4$ , напряжение  $U_{10}(t)$  снова становится равным нулю, емкости  $C_{11}$  и  $C_{12}$  разряжаются, и их выходные напряжения  $U_{11}(t)$ ,  $U_{12}(t)$  снова становятся равными нулю.

Когда на выводах емкости присутствует постоянное напряжение, известным образом проводится различие между переходным состоянием, во время которого емкость постепенно заряжается до предельного заряда, зависящего от ее значения, и стационарным состоянием, во время которого заряд емкости остается на этом предельном значении, пока на выводах емкости продолжает присутствовать это постоянное напряжение.

Фиг. 2 соответствует ситуации, в которой пользователь начинает выдыхание (момент  $t_2$ ) в стационарном состоянии. Специалист в данной области техники поймет, что если пользователь начал выдыхание во время переходного состояния, то поскольку емкость  $C_{12}$  большего значения заряжена неполностью, выходное напряжение  $U_{12}(t)$  второй емкости необязательно станет больше чем выходное напряжение  $U_{11}(t)$  первой емкости.

В данном варианте осуществления система, образованная двумя ветвями 11 и 12, находится в переходном состоянии в течение приблизительно 800 мс после момента  $t_1$ , в который пользователь нажимает кнопку.

Иллюстрируя эти разные состояния, фиг. 3 представляет теоретическую разницу  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  между выходными напряжениями  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$  двух ветвей RC-цепи 11, 12 при отсутствии выдыханий, другими словами теоретическое приближенное значение изменения в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 в момент  $t$ .

Во время переходного состояния  $U_{12}(t)$  всегда меньше чем  $U_{11}(t)$ , но, как показано на фиг. 2, абсолютное значение разницы между этими двумя напряжениями увеличивается и затем уменьшается, пока оно не достигнет постоянного значения  $a$  в стационарном состоянии.

В данном варианте осуществления этим постоянным значением  $a$  можно пренебречь и ниже оно предполагается равным нулю.

В переходном состоянии и отмечая

$R_{11}$ , сопротивление первой последовательной ветви RC-цепи 11;

$C_{11}$ , емкость первой последовательной ветви RC-цепи 11;

$R_{12}$ , сопротивление второй последовательной ветви RC-цепи 12;

$C_{12}$ , емкость второй последовательной ветви RC-цепи 12;

$T_{11}$ , постоянная времени  $R_1.C_1$  первой последовательной ветви RC-цепи 11 и

$T_{12}$ , постоянная времени  $R_2.C_2$  второй последовательной ветви RC-цепи 12,

теоретически получаем следующее:

$$U_{11_{TH}}(t) = U_{10}(t) \cdot (1 - \exp(-t/T_{11}))$$

$$U_{12_{TH}}(t) = U_{11_{TH}}(t) \cdot (1 - \exp(-t/T_{12}))$$

$$\text{т.е., } U_{12_{TH}}(t) = U_{10}(t) \cdot (1 - \exp(-t/T_{11})) \cdot (1 - \exp(-t/T_{12}))$$

Следовательно, теоретическое изменение  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  в напряжении на выводах нагревательного элемента 10 может быть выражено как

$$\Delta U_{10_{TH}}(t) = G.(U_{11_{TH}}(t) - U_{12_{TH}}(t))$$

т.е.,  $\Delta U_{10_{TH}}(t) = G.U_{10}(t).(1 - \exp(-t/T_{11})).(\exp(-t/T_{12}))$

или с (1):

$$\Delta U_{10_{TH}}(t) = G.[U_0.R_{10}(t)/(R+R_{10}(t))].(1 - \exp(-t/T_{11})).(\exp(-t/T_{12}))$$

При аппроксимации, что  $R_{10}(t)$  постоянно за период курения и равно  $R_{10}(t_1)$ , в конечном итоге получаем выражение для  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$ : в переходном состоянии:

$$\Delta U_{10_{TH}}(t) = G.[U_0.R_{10}(t_1)/(R+R_{10}(t_1))].(1 - \exp(-t/T_{11})).(\exp(-t/T_{12})) \quad (2)$$

в стационарном состоянии

$$\Delta U_{10_{TH}}(t) = \alpha = 0.$$

В варианте осуществления с фиг. 1 приближенное значение  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  изменения в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 является выходным напряжением средства усиления 20, т.е., потенциалом на выводе 9.

В данном варианте осуществления количество испаренного вещества за некоторый период курения определяется по интенсивности вдыхания  $F$ , вычисленной путем интегрирования разницы за некоторый период курения между приближенным значением  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  изменения в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 за период курения и теоретическим значением  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  этого приближенного значения этого изменения в напряжении при отсутствии вдыхания в период курения.

Эта интенсивность вдыхания  $F$  соответствует в данном примере варианта осуществления заштрихованной области на фиг. 4. Эта область может быть вычислена, в частности, по сумме Римана с интервалом 20 мс между моментами  $t_2$  и  $t_4$ . в данном примере варианта осуществления  $t_2$  определяется как момент, в который абсолютное значение разницы  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  и  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  становится больше, чем заданный порог  $S_{T2}$ :

$$|\Delta U_{10_{MES}}(t_2) - \Delta U_{10_{TH}}(t_2)| > S_{T2}$$

Момент  $t_4$  является моментом, в который пользователь отпускает кнопку.

Для того, чтобы вычислить интенсивность вдыхания  $F$  по методу Римана,  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  и  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  вычисляют и сохраняют в разные моменты между  $t_1$  и  $t_4$ , например, каждые 20 мс. В данном варианте осуществления:

1.  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  - измеренное значение потенциала на выводе 9 в момент  $t$ ;
2.  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  между  $t_1$  и  $t_1+800$  мс (переходное состояние) считывают из записи в первой базе данных BD1, созданной во время предварительных испытаний, проводимых в лаборатории, и хранят в электронной сигарете 1, причем запись выбирают как функцию параметров из уравнения (2).
3.  $\Delta U_{10_{TH}}(t)=0$ , между  $t_1+800$  мс и  $t_4$  (стационарное состояние).

Возвращаясь к уравнению (2), выражение для  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  в переходном состоянии зависит от шести параметров, а именно

- коэффициент усиления  $G$  усилителя 20;
- напряжение  $U_0$ , подаваемое аккумулятором 3;
- удельное сопротивление  $R_{10}(1)$  нагревательного элемента, предполагаемое постоянным;
- значение измерительного сопротивления  $R$ ;
- постоянные времени  $T_{11}$  и  $T_{12}$  ветвей RC-цепи 11 и 12.

В данном варианте осуществления и возвращаясь к фиг. 1, вычислительные средства 30 подходят для измерения напряжения  $U_0$  на выводе P аккумулятора 3 посредством пробника напряжения 6.

В данном варианте осуществления вычислительные средства 30 также подходят для вычисления удельного сопротивления  $R_{10}(t_1)$  нагревательного элемента. В этой связи, вычислительные средства 30 измеряют в момент  $t_1$  напряжение  $U_5$  на выводе Q переключателя 5 посредством пробника напряжения 7 и напряжение  $U_{10}$  на выводе A нагревательного элемента 10 посредством пробника напряжения 8.

Обозначая как  $i$  силу тока, который проходит через сопротивление  $R$ , применение правила Кирхгофа для токов на выводе A и закона Ома для сопротивления  $R$  дает:  $i_1+i_{10}=(U_5-U_{10})/R$ .

Однако в данном варианте осуществления  $i_1$  пренебрежимо мало до  $i_{10}$ . Следовательно, применяя закон Ома к нагревательному элементу 10:

$$R_{10} = R.U_{10}/(U_5 - U_{10}) \quad (3)$$

В данном варианте осуществления изобретения для некоторого множества шестерок элементов, соответствующих шести параметрам  $\{G, U_0, R_{10}, R, T_{11}, T_{12}\}$  в первой базе данных BD1 сохраняются значения теоретического напряжения  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  при отсутствии вдыханий и в переходном состоянии в разные моменты  $t$  между  $t_1$  и  $t_1+800$  мс.

Вычислительные средства поэтому способны вычислять интенсивность вдыханий  $F$  по методу Римана.

В данном варианте осуществления вычислительные средства 30 запрашивают вторую базу данных BD2 электронной сигареты 1, чтобы определить количество испаренного вещества за период курения как

функцию четырех параметров:

продолжительность  $t_4-t_1$  периода курения;

напряжение  $U_0$  аккумулятора 3, измеренное вычислительными средствами 30;

сопротивление  $R_{10}(t_1)$  нагревательного элемента 10, предполагаемое постоянным за некоторый период курения и измеренное вычислительными средствами 30; и

интенсивность вдыхания  $F$ , здесь вычисляемую по методу Римана.

Как вариант, также могут быть использованы другие параметры, а именно температура нагревательного элемента 10 в момент  $t_1$ , вязкость вещества, скорость испарения вещества, передаточная функция нагревательного элемента 10, характеризующая его охлаждение, плотность капель испаряемого вещества как функция интенсивности вдыхания  $F$  и т.д.

В данном варианте осуществления напряжение  $U_0$  аккумулятора 3 измеряется вычислительными средствами 30. Как вариант, это напряжение может считаться постоянным и равным номинальному значению аккумулятора.

#### Описание второго варианта осуществления изобретения

В варианте осуществления с фиг. 1 две последовательные ветви RC-цепи 11, 12 и усилитель 20 используются для вычисления изменения в напряжении  $\Delta U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10.

Как вариант, и как показано на фиг. 5, может, например, использоваться цепь 500, включающая три ветви RC-цепи и два усилителя 20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub>.

В данном варианте осуществления

первая ветвь RC-цепи (R11/C11) очень близко следует напряжению на выводах нагревательного элемента R10 и представляет определение напряжения на выводах нагревательного элемента R10(t) в момент  $t$  измерения;

вторая ветвь RC-цепи (R12/C12) с небольшой задержкой  $dt$  следует напряжению на выводах нагревательного элемента R10 и представляет определение того, каким было напряжение R10( $t-dt$ ) на выводах нагревательного элемента R10 в прошлый момент  $t-dt$ , близкий к моменту  $t$  измерения;

третья ветвь RC-цепи (R13/C13) с более значительной задержкой  $Dt$  следует напряжению на выводах нагревательного элемента R10 и представляет определение того, каким было напряжение R10( $t-Dt$ ) на выводах нагревательного элемента R10 в прошлый момент  $t-Dt$ , более отдаленный от момента  $t$  измерения.

В этой связи, постоянные времени трех ветвей RC-цепи выбраны так, чтобы выполнялось следующее выражение:

$$R_{11}.C_{11} < R_{12}.C_{12} < R_{13}.C_{13};$$

Кроме того, для более точного отслеживания может быть более оптимальные, чтобы выполнялось следующее выражение:

$$(R_{11}.C_{11})/(R_{12}.C_{12}) < (R_{12}.C_{12})/(R_{13}.C_{13})$$

Ни один из компонентов цепи 500 не имеет собственных характеристик, на которые влияют вдыхания.

В данном варианте осуществления цепь 500 имеет четыре вывода B1, B2, B3 и B4.

Как и в первом варианте осуществления, количество испаренного вещества за некоторый период курения вычисляется по интенсивности вдыхания  $F$ , вычисленной путем интегрирования разницы за некоторый период курения между приближенным значением изменения в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 и теоретическим значением  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  этого приближенного значения изменения в напряжении при отсутствии вдыханий за период курения.

Однако поскольку, как преимущество, в данном варианте осуществления, осуществляются две аппроксимации  $\Delta U_{10_{MES}^1}(t)$  и  $\Delta U_{10_{MES}^2}(t)$  изменения в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 за период курения, первое приближенное значение измеряют на выводах B1 и B2 цепи 500, и второе приближенное значение измеряют на выводах B3 и B4 цепи 500.

Этот вариант осуществления предлагает улучшение вычисления изменений в напряжении на выводах нагревательного элемента 10, при этом независимо от характеристик вдыхания.

Действительно, посредством выбора постоянных времени:

напряжение, измеренное на выводах B1 и B2 цепи 500, представляет, в частности, напряжение на выводах нагревательного элемента R10 для определенного типа вдыхания, например, быстрое и/или интенсивное или неравномерное вдыхание; в то время как напряжение, измеренное на выводах B3 и B4 цепи 500, представляет, в частности, напряжение на выводах нагревательного элемента R10 для другого типа вдыхания, например медленное и/или неглубокое или непрерывное вдыхание.

Следовательно, в данном варианте осуществления строим две следующие кривые  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  и  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$ :

$$\Delta U_{10_{MES}}(t) = K_1 \Delta U_{10_{MES}^1}(t) + K_2 \Delta U_{10_{MES}^2}(t)$$

$$\Delta U_{10_{TH}}(t) = K_1 \Delta U_{10_{TH}^1}(t) + K_2 \Delta U_{10_{TH}^2}(t)$$

где  $\Delta U_{10_{TH}^1}(t)$  и  $\Delta U_{10_{TH}^2}(t)$  - теоретические значения приближенных значений  $\Delta U_{10_{MES}^1}(t)$  и  $\Delta U_{10_{MES}^2}(t)$  при отсутствии вдыхания за период курения.

Следовательно, для того, чтобы вычислить интенсивность  $F$  вдыхания, фиксируем область между этими двумя кривыми  $\Delta U_{10_{MES}}$  и  $\Delta U_{10_{TH}}$ .

Коэффициенты  $K1$  и  $K2$  фиксированные и определены как функция постоянных времени RC-цепи (значения  $R_{11.C11}$ ,  $R_{12.C12}$  и  $R_{13.C13}$ ).

Эта пара коэффициентов может быть выбрана, но без ограничения, в соответствии с одним из четырех следующих примеров:

Пример 1:

$$K1=1/2;$$

$$K2=1/2$$

Пример 2:

$$K1=(R_{11.C11}+R_{12.C12})/(R_{11.C11}+2.R_{12.C12}+R_{13.C13});$$

$$K2=(R_{12.C12}+R_{13.C13})/(R_{11.C11}+2.R_{12.C12}+R_{13.C13})$$

Пример 3:

$$K1=R_{12.C12}/(R_{11.C11})/((R_{12.C12})/(R_{11.C11})+(R_{13.C13})/(R_{12.C12}));$$

$$K2=R_{13.C13}/(R_{12.C12})/((R_{12.C12})/(R_{11.C11})+(R_{13.C13})/(R_{12.C12}))$$

Пример 4:

$$K1=(R_{12.C12}-R_{11.C11})/(R_{13.C13}-R_{11.C11});$$

$$K2=(R_{13.C13}-R_{12.C12})/(R_{13.C13}-R_{11.C11})$$

Для того, чтобы обеспечить правильную работу, эти коэффициенты могут быть проверены/подтверждены в лаборатории.

#### **Описание третьего варианта осуществления изобретения**

В варианте осуществления с фиг. 6, переменная, которую вычисляют для напряжения на выводах нагревательного элемента, является не изменением  $\Delta U_{10}(t)$  этого напряжения, а значением  $U_{10}(t)$  этого напряжения как такового.

В данном варианте осуществления изобретения это значение  $U_{10}(t)$  вычисляют, измеряя напряжение  $U_5-U_{10}$  на выводах  $B1$  и  $B2$  цепи 500, в данном примере - измерительным сопротивлением  $R$ .

Более конкретно, по уравнению (3):

$$U_{10}(t) = R_{10} / R.(U_5 - U_{10})(t) \quad (4)$$

Для этого варианта осуществления требуется, чтобы вычислительные средства 30 были подсоединены к выводам  $B1$  и  $B2$  измерительного сопротивления  $R$ , чтобы точно измерить изменения в  $U_5-U_{10}$ .

На фиг. 7 показано

приближенное значение  $U_{10_{MES}}(t)$  напряжения  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 за период курения, вычисленное с использованием уравнения (4), при этом разница  $(U_5-U_{10})(t)$  представляет собой разницу потенциалов, измеренных вычислительными средствами 30 с фиг. 6 между точками  $B1$  и  $B2$ ;

вычисление приближенного значения  $U_{10_{TH}}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 при отсутствии вдыханий за упомянутый период курения;

интенсивность  $F$  вдыхания, соответствующую интеграции разницы между  $U_{10_{MES}}(t)$  и  $U_{10_{TH}}(t)$  за период курения.

#### **Описание четвертого варианта осуществления изобретения**

В четвертом варианте осуществления, показанном на фиг. 8, чтобы вычислить изменение  $\Delta U_{MES}10(t)$  в напряжении на выводах нагревательного элемента 10, как и в первом варианте осуществления, находят разницу между двумя напряжениями  $U_{12}(t)$  и  $U_{11}(t)$  на выводах  $B1$  и  $B2$  цепи 500, при этом каждое из этих напряжений дает приближенное значение напряжения на выводах нагревательного элемента (10) в моменты, которые немного сдвинуты по времени.

В данном варианте осуществления цепь 500 используют для создания такой задержки с помощью линии задержки 90 между точками измерения напряжений  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$ .

Такая линия задержки может быть сформирована, например, большой емкостью;

аналого-цифровым преобразователем, соединенным с цифроаналоговым преобразователем.

Вдыхания не влияют на собственные характеристики линии задержки 90.

#### **Описание пятого варианта осуществления изобретения**

В четвертом варианте осуществления изобретения изменение  $\Delta U_{MES}10(t)$  в напряжении на выводах нагревательного элемента 10 может быть также определено путем вычисления временной производной измеряемого напряжения  $U_{10_{MES}}(t)$ , как в третьем варианте осуществления, с помощью вычислительных средств 30 с фиг. 6 между точками  $B1$  и  $B2$ .

Это значение можно сравнить с теоретическим изменением  $\Delta U_{TH}10(t)$  напряжения на выводах нагревательного элемента 10 при отсутствии вдыханий, как в первом варианте осуществления.

На фиг. 9 в форме технологической схемы показан способ определения количества испаренного вещества в соответствии с одним конкретным вариантом осуществления изобретения.

Этот способ может быть реализован, например, вычислительными средствами 30 электронной сигареты с фиг. 1.

На этапе E10 вычислительные средства 30 отслеживают нажатие кнопки, приводящее к замыканию переключателя 5. Момент  $t_1$  обнаружения сохраняется в памяти.

На этапе E20 сразу же после такого момента обнаружения вычислительные средства 30 измеряют напряжение  $U_0$ , подаваемое аккумулятором 3, и удельное сопротивление  $R_{10}(t_1)$  нагревательного элемента.

На этапе E30 каждые 20 мс до момента  $t_4$  обнаружения отпущения кнопки, приводящего к размыканию переключателя 5, вычислительные средства 30

измеряют  $\Delta U_{10MES}(t)$  (потенциал на выводе 9);

вычисляют  $\Delta U_{10TH}(t)$ , осуществляя считывание из первой базы данных BD1 в интервале между моментами  $t_1$  и  $t_1+800$  мс.

В интервале между моментами  $t_1+800$  мс и  $t_4$  они вычисляют  $\Delta U_{10TH}(t)=0$ .

На этапе E40 вычислительные средства 30 вычисляют момент  $t_2$  начала вдыхания, причем этот момент является первым моментом после  $t_1$ , так что

$$|\Delta U_{10MES}(t_2) - \Delta U_{10TH}(t_2)| > S_{T2}.$$

На этапе E50 вычислительные средства 30 вычисляют интенсивность  $F$  вдыхания в форме интегрирования разницы между  $\Delta U_{10MES}(t)$  и  $\Delta U_{10TH}(t)$  в интервале между  $t_2$  и  $t_4$ .

На этапе E60 вычислительные средства 30 вычисляют количество испаренного вещества между  $t_2$  и  $t_4$ , запрашивая вторую базу данных B2.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Электронная сигарета (1), включающая нагревательный элемент (10), подходящий для испарения вещества за некоторый период курения, указанная электронная сигарета включает

средства (30) измерения приближенного значения ( $\Delta U_{10MES}(t)$ ,  $U_{10MES}(t)$ ) характеристики напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) за период курения, причем упомянутое приближенное значение измеряют на выводах (B1, B2) цепи (500), параметры элементов которой не подвержены влиянию вдыхания;

при этом указанная цепь (500) соединена между нагревательным элементом (10) и средствами (30) измерения приближенного значения ( $\Delta U_{10MES}(t)$ ,  $U_{10MES}(t)$ ) характеристики напряжения ( $U_{10}(t)$ ) и выполнена с возможностью создания искусственного сдвига по времени ( $\Delta t$ ) характеристик напряжения между указанными выводами (B1, B2), причем эта задержка ( $\Delta t$ ) обеспечивает получение оценки изменения напряжения на выводах нагревательного элемента (10) между моментом времени  $t-\Delta t$  и моментом времени  $t$ ;

средства (30) вычисления приближенного теоретического значения ( $\Delta U_{10TH}(t)$ ,  $U_{10TH}(t)$ ) характеристики напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) при отсутствии вдыханий за такой период курения с применением по меньшей мере одной базы данных (BD1), в которой предварительно сохранены значения приближенного значения ( $\Delta U_{10TH}(t)$ ,  $U_{10TH}(t)$ ) характеристики напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) при отсутствии вдыханий и в переходном состоянии в разные моменты времени;

а также средства (30) определения времени начала ( $t_2$ ) вдыхания путем сравнения разности между приближенными измеренным и теоретическим значениями характеристики напряжения за период курения с заданным пороговым значением.

2. Электронная сигарета (1) по п.1, в которой характеристика напряжения ( $U_{10}(t)$ ) представляет собой напряжение на выводах нагревательного элемента (10) в данный момент времени ( $U_{10}(t)$ ) или изменение напряжения на выводах нагревательного элемента (10) ( $\Delta U_{10}(t)$ ) в данный момент времени.

3. Электронная сигарета (1) по п.1, в которой указанная цепь (500) включает

по меньшей мере две цепи (11, 12), причем измерение напряжения на выводах (B1, B2) каждой из по меньшей мере двух цепей (11, 12) обеспечивает возможность определения приближенных значений напряжения на выводах нагревательного элемента (10) в моменты времени, которые сдвинуты по времени друг относительно друга; и

средства вычисления приближенного значения изменения ( $\Delta U_{10MES}(t)$ ) напряжения ( $U_{10MES}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) относительно значений напряжения, измеренных на выводах (B1, B2) по меньшей мере двух цепей (11, 12).

4. Электронная сигарета (1) по п.3, в которой по меньшей мере две цепи (11, 12) представляют собой последовательные RC-цепи, соединенные последовательно.

5. Электронная сигарета (1) по п.1, дополнительно включающая

вычислительные средства (30), выполненные с возможностью определения разности потенциалов на выводах измерительного сопротивления (R), соединенного последовательно с нагревательным элементом (10); и

средства определения приближенного значения ( $U_{10MES}(t)$ ) отклонения напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента от разности потенциалов.

6. Электронная сигарета (1) по п.1, в которой время ( $t_2$ ) начала вдыхания вычисляют как момент времени, в которой абсолютное значение разности между приближенными измеренной и теоретической значениями характеристик напряжения становится большим, чем заданное пороговое значение.

7. Способ вычисления времени ( $t_2$ ) начала вдыхания для электронной сигареты по любому из пп.1-6, причем способ включает

вычисление (E30) приближенного значения ( $\Delta U_{10MES}(t)$ ,  $U_{10MES}(t)$ ) характеристики напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) электронной сигареты в течение (1) периода курения, причем приближенное значение измеряют на указанных выводах (B1, B2) цепи (500), присоединенной к нагревательному элементу (10), параметры элементов которой не подвержены влиянию вдыхания;

вычисление (E30) приближенного теоретического значения ( $\Delta U_{10TH}(t)$ ,  $U_{10TH}(t)$ ) характеристики напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) при отсутствии вдыханий в течение периода курения, отличающийся тем, что способ, кроме того, включает

вычисление (E40) времени ( $t_2$ ) начала вдыхания путем сравнения разности между приближенными теоретическим и измеренным значениями характеристики напряжения в течение периода курения с заданным пороговым значением.

8. Способ по п.7, в котором характеристика напряжения ( $U_{10}(t)$ ) представляет собой напряжение ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) в данный момент времени или изменение напряжения ( $\Delta U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) в данный момент времени.

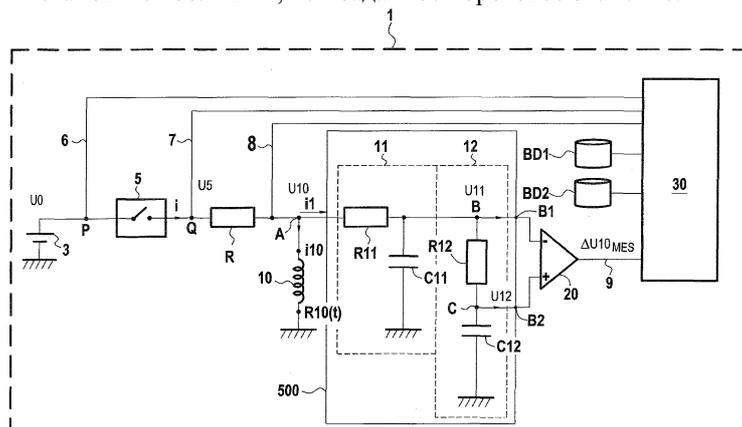
9. Способ по п.8, в котором приближенное значение ( $\Delta U_{10MES}(t)$ ) изменения напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента вычисляют по значениям напряжения ( $U_{12}(t)$ ,  $U_{11}(t)$ ), измеренным на выводах по меньшей мере двух цепей (11,12), причем значения напряжения на выводах (B1, B2) каждой из по меньшей мере двух цепей (11, 12) обеспечивают определение приближенных значений напряжения на выводах нагревательного элемента (10) в моменты, которые сдвинуты по времени друг относительно друга.

10. Способ по п.9, в котором по меньшей мере две цепи (11, 12) представляют собой последовательные RC-цепи, соединенные последовательно.

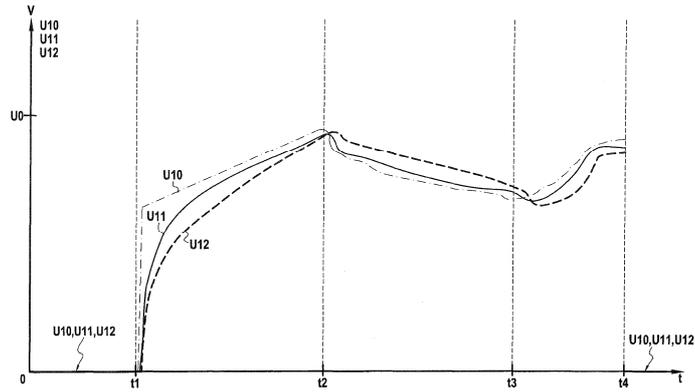
11. Способ по п.8, в котором приближенное значение ( $\Delta U_{10MES}(t)$ ) изменения напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента определяют по производной по времени от разности потенциалов, измеренной на выводах измерительного сопротивления (R), соединенного последовательно с указанным нагревательным элементом (10).

12. Способ по п.7, в котором приближенное значение ( $\Delta U_{10MES}(t)$ ,  $U_{10MES}(t)$ ) характеристики напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента определяют по напряжению, измеренному на выводах измерительного сопротивления (R), соединенного последовательно с нагревательным элементом (10).

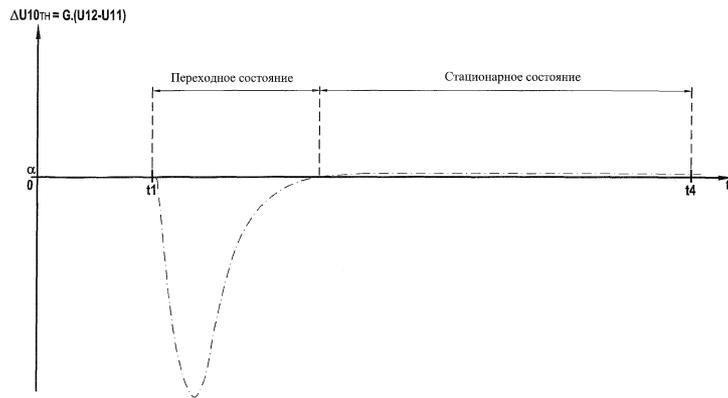
13. Способ по п.7, в котором время ( $t_2$ ) начала вдыхания вычисляют как момент времени, в который абсолютное значение разности между приближенными теоретическим и измеренным значениями характеристики напряжения становится большим, чем заданное пороговое значение.



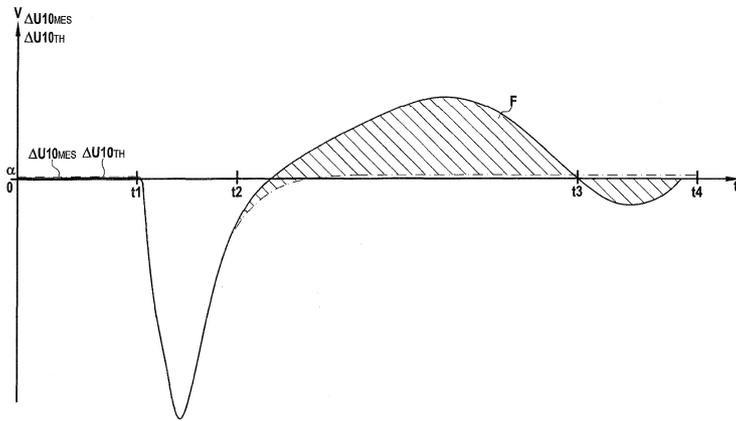
Фиг. 1



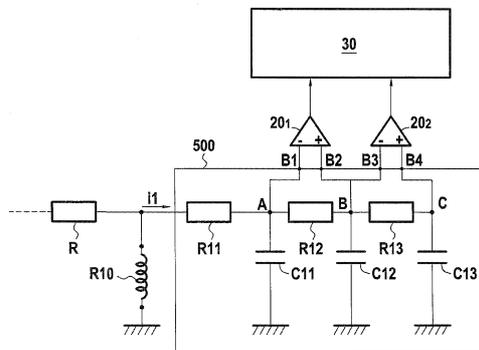
Фиг. 2



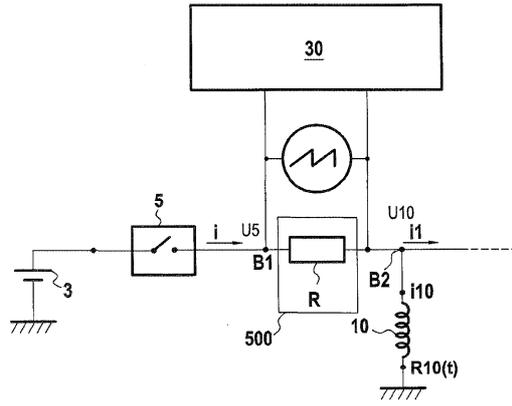
Фиг. 3



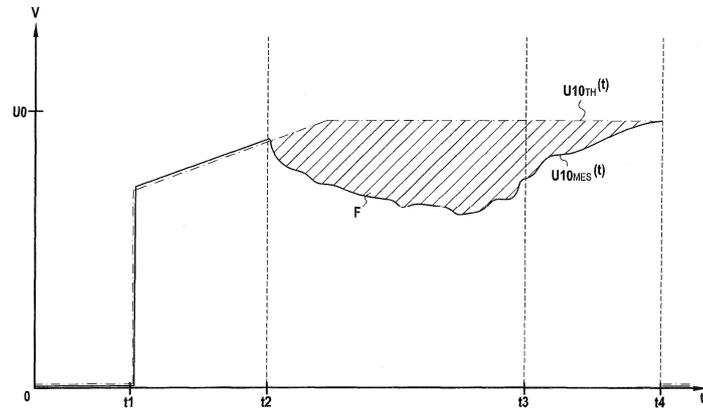
Фиг. 4



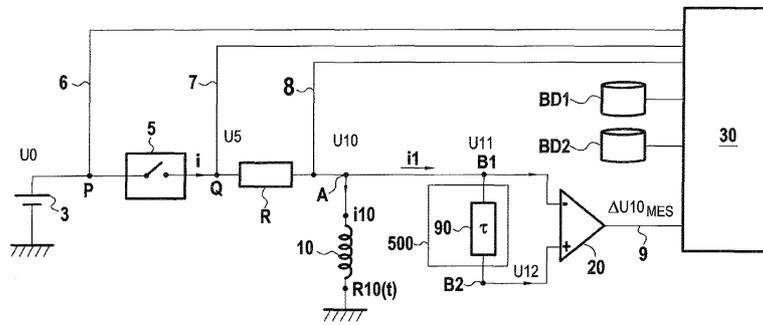
Фиг. 5



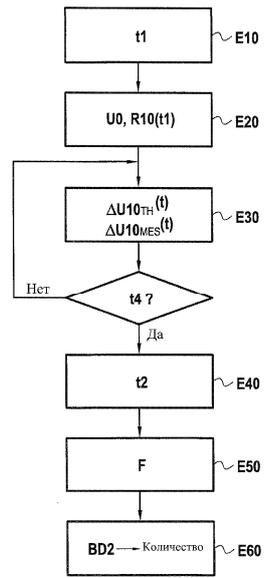
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

