

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043023**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.04.19

(51) Int. Cl. *A24F 40/50* (2020.01)
A24F 40/57 (2020.01)

(21) Номер заявки
202291267

(22) Дата подачи заявки
2020.11.19

(54) УПРАВЛЕНИЕ НАГРЕВАТЕЛЕМ В УСТРОЙСТВЕ, ГЕНЕРИРУЮЩЕМ АЭРОЗОЛЬ

(31) 19210446.1

(56) US-A1-2016374397

(32) 2019.11.20

US-A1-2019069599

(33) EP

US-A1-2019239566

(43) 2022.07.14

EP-A1-2856893

(86) PCT/EP2020/082689

US-B2-9829389

(87) WO 2021/099467 2021.05.27

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ДжейТи ИНТЕРНЕШНЛ СА (CH)

(72) Изобретатель:
О'Хара Эйдан, Руни Стивен (GB)

(74) Представитель:
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)**

(57) Предусмотрено управляющее устройство устройства, генерирующего аэрозоль. Управляющее устройство (104) содержит основной блок (108) управления и выполнено с возможностью подключения к батарее (102) и нагревательной катушке (106). Основной блок (108) управления выполнен с возможностью осуществления одного или более исполнительных циклов, при этом первый исполнительный цикл включает приложение (S301) первой выходной мощности на нагревательную катушку для первого количества этапов, отключение (S302) первой выходной мощности и тем самым выключение нагревательной катушки во втором количестве этапов, измерение (S303) первого напряжения нагревательной катушки указанной нагревательной катушки в третьем количестве этапов, приостановку (S304) с выключенной нагревательной катушкой в течение четвертого количества этапов и измерение (S305) первого напряжения батареи без нагрузки указанной батареи в пятом количестве этапов. Основной блок (108) управления дополнительно выполнен с возможностью вычисления обновленной выходной мощности на основе первого напряжения нагревательной катушки и первого напряжения батареи без нагрузки.

B1**043023****043023****B1**

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к устройствам, генерирующим аэрозоль, и, более конкретно, к системам управления нагревателем для устройств, генерирующих аэрозоль.

Предпосылки изобретения

Устройства, генерирующие аэрозоль, такие как электронные сигареты и другие устройства для вдыхания аэрозоля или испарительные устройства, становятся потребительскими продуктами, набирающими все большую популярность.

Из уровня техники известны устройства нагрева для испарения или аэрозолизации. Такие устройства обычно содержат нагреватель, выполненный с возможностью нагрева испаряемого продукта. Во время работы испаряемый продукт нагревается нагревателем с испарением составляющих продукта, которые вдыхает потребитель. В некоторых примерах продукт может содержать табак и может быть подобен традиционной сигарете, в других примерах продукт может представлять собой жидкости или жидкость, заключенную в капсулу.

Существует необходимость в более точном управлении нагревателем в таких устройствах. Следовательно, целью изобретения является решение такой задачи.

Сущность изобретения

Согласно аспекту настоящего изобретения предусмотрено управляющее устройство устройства, генерирующего аэрозоль, при этом управляющее устройство содержит основной блок управления и выполнено с возможностью соединения с батареей и нагревательной катушкой, при этом основной блок управления выполнен с возможностью осуществления одного или более исполнительных циклов, при этом первый исполнительный цикл одного или более исполнительных циклов предусматривает следующие этапы: приложение первой выходной мощности на нагревательную катушку для первого количества этапов первого исполнительного цикла; отключение первой выходной мощности и тем самым выключение нагревательной катушки во втором количестве этапов первого исполнительного цикла; измерение первого напряжения нагревательной катушки указанной нагревательной катушки в третьем количестве этапов первого исполнительного цикла; приостановка с выключенной нагревательной катушкой для четвертого количества этапов первого исполнительного цикла и измерение первого напряжения батареи без нагрузки в пятом количестве этапов первого исполнительного цикла; при этом основной блок управления дополнительно выполнен с возможностью вычисления обновленной выходной мощности на основе первого напряжения нагревательной катушки и первого напряжения батареи без нагрузки.

Таким образом, пауза между измерением напряжения нагревательной катушки и измерением напряжения батареи без нагрузки позволяет измерять напряжение батареи без нагрузки отдельно от напряжения нагревательной катушки, так что напряжение нагревательной катушки измеряется сразу после нагрева, давая батарее время на восстановление без приложенной нагрузки нагрева (т.е. в состоянии "разгрузки") перед измерением напряжения батареи без нагрузки. Это позволяет максимально точно измерить как напряжение нагревательной катушки, так и напряжение батареи без нагрузки. Предпочтительно каждый этап соответствует заранее определенному количеству времени или частоте этапов (т.е. количеству этапов, происходящих за 1 с).

Предпочтительно основной блок управления дополнительно выполнен с возможностью приложения обновленной выходной мощности к нагревательной катушке в последующем исполнительном цикле, который следует за первым исполнительным циклом.

Таким образом, вычисление обновленной выходной мощности может быть выполнено отдельно от первого исполнительного цикла; таким образом, вычисления, необходимые для определения последующей выходной мощности, для последующего исполнительного цикла, могут быть отделены от первого исполнительного цикла таким образом, чтобы обработка, необходимая для вычислений, не мешала критическим этапам первого исполнительного цикла. Если обновленная мощность будет применяться в исполнительном цикле сразу после первого исполнительного цикла, могут возникнуть задержки из-за того, что основной блок управления обрабатывает вычисление обновленной мощности; разделение предотвращает это.

Предпочтительно отключение первой выходной мощности и тем самым выключение нагревательной катушки во втором количестве этапов происходит за первым количеством этапов первого исполнительного цикла.

Предпочтительно измерение первого напряжения нагревательной катушки указанной нагревательной катушки в третьем количестве этапов происходит за вторым количеством этапов первого исполнительного цикла с меньшей выходной мощностью, чем первая выходная мощность, подаваемая на нагревательную катушку.

Предпочтительно приостановка с выключенной нагревательной катушкой для четвертого количества этапов происходит за третьим количеством этапов первого исполнительного цикла.

Предпочтительно измерение первого напряжения батареи без нагрузки в пятом количестве этапов происходит за четвертым количеством этапов первого исполнительного цикла, при этом напряжение батареи без нагрузки соответствует состоянию батареи без нагрузки, в котором нагревательная нагрузка не прикладывается.

Предпочтительно каждый этап в первом количестве этапов, втором количестве этапов, третьем количестве этапов, четвертом количестве этапов и пятом количестве этапов соответствует заданному периоду времени.

Предпочтительно основной блок управления дополнительно выполнен с возможностью вычисления обновленной выходной мощности на основе первого напряжения нагревательной катушки и первого напряжения батареи без нагрузки в вычислительном цикле, отдельном от одного или более исполнительных циклов.

Таким образом, вычисления, необходимые для определения обновленной выходной мощности, могут быть отделены от одного или более исполнительных циклов таким образом, чтобы обработка, необходимая для вычислений, не мешала критическим этапам одного или более исполнительных циклов.

Предпочтительно основной блок управления выполнен с возможностью осуществления вычислительного цикла и одного или более исполнительных циклов с использованием отдельных функциональных возможностей обработки.

Осуществление вычислительного цикла может занять больше времени, чем исполнительный цикл. Таким образом, осуществление вычислений в вычислительном цикле с помощью отдельных функциональных возможностей обработки предотвращает взаимное влияние вычислительного цикла с исполнительным циклом. Таким образом, устройство, генерирующее аэрозоль, может продолжать функционировать одновременно с осуществлением вычислений.

Предпочтительно основной блок управления дополнительно выполнен с возможностью осуществления второго исполнительного цикла, где первый исполнительный цикл смещен от последующего по меньшей мере на второй исполнительный цикл, и при этом второй исполнительный цикл включает: приложение первой выходной мощности к нагревательной катушке в течение первого количества этапов второго исполнительного цикла; и при этом основной блок управления осуществляет вычислительный цикл по меньшей мере частично параллельно со вторым исполнительным циклом.

Таким образом, второй исполнительный цикл позволяет устройству, генерирующему аэрозоль, продолжать работать, в то время как обновленная выходная мощность вычисляется для последующего исполнительного цикла, т.е. вычисления обновленной выходной мощности могут выполняться во время выполнения второго исполнительного цикла, а не посредством обработки вычислений как части первого исполнительного цикла, что может привести к задержкам в обработке во время этапов первого исполнительного цикла или при запуске второго исполнительного цикла.

Посредством приложения второй выходной мощности во время второго исполнительного цикла устройство, генерирующее аэрозоль, может продолжать прикладывать выходную мощность на нагревательную катушку, пока обновленная выходная мощность вычисляется для последующего исполнительного цикла.

Предпочтительно основной блок управления дополнительно сконфигурирован для выполнения третьего исполнительного цикла между первым исполнительным циклом и последующим исполнительным циклом, где третий исполнительный цикл включает приложение первой выходной мощности к нагревательной катушке в течение первого количества этапов третьего исполнительного цикла и обновление первой выходной мощности до обновленной выходной мощности в ответ на определение того, что обновленная выходная мощность доступна из вычислительного цикла.

Таким образом, управляющее устройство продолжает прикладывать выходную мощность на нагревательную катушку до тех пор, пока не будет вычислена обновленная выходная мощность; затем выходная мощность оперативно обновляется.

Предпочтительно первая выходная мощность может быть обновлена до обновленной выходной мощности в конце третьего исполнительного цикла. Например, первая выходная мощность может быть обновлена до обновленной выходной мощности на пятом количестве этапов третьего исполнительного цикла. Начало каждого исполнительного цикла может быть аппаратно-инициируемым, в таком случае нет времени для обновления выходной мощности в начале исполнительного цикла. Например, обновление первой выходной мощности в начале последующего цикла может привести к задержкам в приложении выходной мощности нагревателя. Таким образом, является предпочтительным обновление выходной мощности в конце исполнительного цикла для использования в следующем исполнительном цикле. Таким образом, исключаются задержки при применении обновленной выходной мощности.

Предпочтительно третий исполнительный цикл может быть осуществлен между вторым исполнительным циклом и последующим исполнительным циклом. Дополнительные исполнительные циклы могут быть осуществлены между первым исполнительным циклом и третьим исполнительным циклом, с использованием первой выходной мощности, пока вычислительный цикл не сделает доступной обновленную выходную мощность.

Предпочтительно каждая выходная мощность представляет собой выходной сигнал с широтно-импульсной модуляцией со связанным рабочим циклом.

Таким образом, широтно-импульсная модуляция может быть использована для эффективного управления мощностью, подаваемой на нагреватель. Предпочтительно обновление выходной мощности может включать в себя обновление связанного рабочего цикла.

Предпочтительно основной блок управления выполнен с возможностью вычисления температуры нагревательной катушки на основе сопротивления нагревательной катушки, и дополнительно выполнен с возможностью вычисления обновленной выходной мощности на основе разности между вычисленной температурой нагревательной катушки и целевой температурой нагревательной катушки.

Таким образом, можно точно определить фактическую температуру нагревательной катушки, т.е. температуру нагревательной катушки во время нагрева. Кроме того, на основании этого может быть рассчитана обновленная выходная мощность или рабочий цикл для обеспечения уровня мощности нагревательной катушки для достижения целевой температуры нагревательной катушки. Предпочтительно температура нагревательной катушки может быть вычислена в вычислительном цикле. Предпочтительно обновленная выходная мощность может быть основана на разнице между вычисленной температурой нагревательной катушки и целевой температурой нагревательной катушки, вычисленной в вычислительном цикле.

Предпочтительно управляющее устройство дополнительно содержит измерительную подсхему нагревательной катушки, при этом измерительная подсхема нагревательной катушки содержит клемму батареи, подключенную к нагревательной катушке и тестовому резистору, расположенному между ними.

Таким образом, напряжение на нагревательной катушке может быть точно измерено.

Предпочтительно измерительная подсхема нагревательной катушки предназначена для приложения меньшей мощности, чем первая выходная мощность, на нагревательную катушку для измерения первого напряжения нагревательной катушки.

Таким образом, контролируемый потенциал может быть приложен к катушке, когда нагревательная катушка выключена; это позволяет точно измерить напряжение нагревательной катушки, пока батарея восстанавливается. Предпочтительно измерительная подсхема нагревательной катушки может дополнительно содержать второй транзистор, и при этом второй транзистор предназначен для переключения относительно меньшего тока. Таким образом, можно тщательно контролировать ток, используемый для измерения напряжения нагревательной катушки. Предпочтительно мощность, подаваемая измерительной подсхемой нагревательной катушки, может быть чрезвычайно мала по сравнению с первой выходной мощностью. Предпочтительно второй транзистор может быть МОП-транзистором.

Предпочтительно основной блок управления выполнен с возможностью вычисления сопротивления нагревательной катушки на основе первого напряжения нагревательной катушки, сопротивления тестового резистора и первого напряжения батареи без нагрузки.

Предпочтительно основной блок управления выполнен с возможностью вычисления сопротивления, R_{COIL} , нагревательной катушки на основе первого напряжения нагревательной катушки, V_{COIL} , сопротивления, R_{TEST} , тестового резистора и первого напряжения, $V_{OFFLOAD}$, батареи без нагрузки как:

$$R_{COIL} = \frac{(V_{COIL})(R_{TEST})}{V_{OFFLOAD} - V_{COIL}} - R_{SERIES}$$

где R_{SERIES} представляет собой известное сопротивление электрических контактов, которые последовательно соединены с нагревательной катушкой, но которые вносят вклад в измеряемое напряжение V_{COIL} . R_{SERIES} не должно существенно изменяться при изменении температуры, измеряется при изготовлении и хранится в электронной схеме капсулы.

Таким образом, напряжение нагревательной катушки может быть использовано вместе с сопротивлением тестового резистора и измеренным напряжением батареи без нагрузки для определения сопротивления нагревательной катушки. Предпочтительно сопротивление тестового резистора может быть известным значением, хранящимся в основном блоке управления. Предпочтительно сопротивление нагревательной катушки может быть вычислено в вычислительном контуре.

Предпочтительно основной блок управления дополнительно выполнен с возможностью во втором количестве этапов установки нагревательной катушки на высокое напряжение и измерения первого напряжения батареи под нагрузкой перед выключением нагревательной катушки.

Напряжение батареи под нагрузкой соответствует напряжению при подаче нагревательной нагрузки, т.е. когда батарея находится в состоянии "под нагрузкой". Измеренное напряжение батареи при приложении нагревательной нагрузки может быть использовано для точного определения обновленной выходной мощности. Предпочтительно нагревательная катушка может быть установлена на высокое напряжение только на короткое время, порядка микросекунд; это может иметь незначительный эффект нагрева, при этом обеспечивая, что батарея находится под нагрузкой во время измерения.

Предпочтительно управляющее устройство дополнительно содержит первый транзистор, при этом входной сигнал широтно-импульсной модуляции переключает первый транзистор для подачи выходного сигнала широтно-импульсной модуляции на нагревательную катушку.

Таким образом, низкий ток на выходе основного блока управления может переключать более высокий ток, связанный с нагревателем, посредством широтно-импульсной модуляции. Предпочтительно первый транзистор может быть МОП-транзистором. Более предпочтительно вход для широтно-импульсной модуляции может быть подключен между основным блоком управления и вакуумным затвором МОП-транзистора, батарея подключена к истоку МОП-транзистора, а нагревательная катушка подключена к стоку МОП-транзистора.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предусмотрено устройство, генерирующее аэрозоль, содержащее управляющее устройство согласно предыдущему аспекту.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предусмотрен способ работы управляющего устройства, генерирующего аэрозоль, при этом способ включает в первом исполнительном цикле осуществление следующих этапов: приложение первой выходной мощности на нагревательную катушку для первого количества этапов первого исполнительного цикла; отключение первой выходной мощности и тем самым выключение нагревательной катушки во втором количестве этапов первого исполнительного цикла; измерение первого напряжения нагревательной катушки указанной нагревательной катушки в третьем количестве этапов первого исполнительного цикла; приостановка с выключенной нагревательной катушкой для четвертого количества этапов первого исполнительного цикла и измерение первого напряжения батареи без нагрузки в пятом количестве этапов первого исполнительного цикла; при этом способ дополнительно включает вычисление обновленной выходной мощности на основе первого напряжения нагревательной катушки и первого напряжения батареи без нагрузки.

Таким образом, пауза между измерением напряжения нагревательной катушки и измерением напряжения батареи без нагрузки позволяет измерять напряжение батареи без нагрузки отдельно от напряжения нагревательной катушки, так что напряжение нагревательной катушки измеряется сразу после нагрева, давая батарее время на восстановление без приложенной нагрузки нагрева (т.е. в состоянии "разгрузки") перед измерением напряжения батареи без нагрузки. Это позволяет максимально точно измерить как напряжение нагревательной катушки, так и напряжение батареи без нагрузки. Предпочтительно каждый этап может соответствовать заранее определенному количеству времени или частоте этапов (т.е. количеству этапов, происходящих за 1 с).

Предпочтительно отключение первой выходной мощности и тем самым выключение нагревательной катушки во втором количестве этапов происходит за первым количеством этапов первого исполнительного цикла.

Предпочтительно измерение первого напряжения нагревательной катушки указанной нагревательной катушки в третьем количестве этапов происходит за вторым количеством этапов первого исполнительного цикла с меньшей выходной мощностью, чем первая выходная мощность, подаваемая на нагревательную катушку.

Предпочтительно приостановка с выключенной нагревательной катушкой для четвертого количества этапов происходит за третьим количеством этапов первого исполнительного цикла.

Предпочтительно измерение первого напряжения батареи вне нагрузки в пятом количестве этапов происходит за четвертым количеством этапов первого исполнительного цикла, при этом напряжение батареи вне нагрузки соответствует состоянию батареи без нагрузки, в котором нагревательная нагрузка не прикладывается.

Предпочтительно каждый этап в первом количестве этапов, втором количестве этапов, третьем количестве этапов, четвертом количестве этапов и пятом количестве этапов соответствует заданному периоду времени.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предусмотрен постоянный машиночитаемый носитель, хранящий инструкции, которые при выполнении одним или более процессорами обеспечивают выполнение одним или более процессорами в первом исполнительном цикле:

приложения первой выходной мощности на нагревательную катушку для первого количества этапов первого исполнительного цикла;

отключения первой выходной мощности и тем самым выключения нагревательной катушки во втором количестве этапов, следующих за первым количеством этапов первого исполнительного цикла;

измерения первого напряжения нагревательной катушки указанной нагревательной катушки в третьем количестве этапов, следующих за вторым количеством этапов первого исполнительного цикла с меньшей выходной мощностью, чем первая выходная мощность, подаваемая на нагревательную катушку;

приостановку с выключенной нагревательной катушкой для четвертого количества этапов, следующего за третьим количеством этапов первого исполнительного цикла; и

измерения первого напряжения батареи без нагрузки в пятом количестве этапов, следующих за четвертым количеством этапов первого исполнительного цикла, при этом напряжение батареи без нагрузки соответствует состоянию батареи без нагрузки, в котором нагревательная нагрузка не прикладывается;

при этом каждый этап в первом количестве этапов, втором количестве этапов, третьем количестве этапов, четвертом количестве этапов и пятом количестве этапов соответствует заданному периоду времени и дополнительно включает вычисление обновленной выходной мощности на основе первого напряжения нагревательной катушки и первого напряжения батареи без нагрузки.

Предпочтительно каждый этап соответствует целому числу циклов широтно-импульсной модуляции (ШИМ), причем каждый цикл ШИМ имеет период включения и период выключения, образующие цикл ШИМ. Предпочтительно каждый этап соответствует одному циклу ШИМ.

Краткое описание графических материалов

Варианты осуществления настоящего изобретения описаны далее в качестве примера со ссылкой на

графические материалы, в которых:

на фиг. 1 представлена структурная схема устройства, генерирующего аэрозоль, согласно варианту осуществления изобретения;

на фиг. 2 представлена принципиальная схема управляющего устройства устройства, генерирующего аэрозоль, согласно варианту осуществления изобретения;

на фиг. 3 представлена блок-схема способа управления нагревателем устройства, генерирующего аэрозоль, согласно варианту осуществления изобретения;

на фиг. 4 представлена концептуальная временная диаграмма способа управления нагревателем в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения;

на фиг. 5 представлена блок-схема процессов, задействованных в исполнительном цикле; и

на фиг. 6 представлена блок-схема процессов, задействованных в вычислительном цикле.

Подробное описание

На фиг. 1 представлена структурная схема из компонентов устройства, генерирующего аэрозоль, или электронной сигареты. Устройство, генерирующее аэрозоль, содержит нагреватель 106 (также называемый нагревательной катушкой), управляющее устройство 104 и батарею 102. Батарея 102 обеспечивает подачу питания на нагреватель 106 и управляющее устройство 104. Управляющее устройство 104 содержит основной блок 108 управления и управляющую электронику 110, выполненную с возможностью управления нагревателем 106 и для управления подачей питания на нагреватель 106 от батареи 102. В примере основной блок 108 управления представляет собой блок микроконтроллера. В примере устройство, генерирующее аэрозоль, выполнено с возможностью размещения капсулы, содержащей материал, генерирующий пар; в таком примере нагреватель 106 может быть расположен внутри капсулы как компонент капсулы и соединен с устройством, генерирующим аэрозоль, электрическим соединением. Капсула также может содержать электронику капсулы, в которой хранится информация о капсуле, которая может быть считана блоком 108 микроконтроллера устройства, генерирующего аэрозоль.

Нагреватель 106 выполнен с возможностью получения аэрозоля или испарения материала, генерирующего пар. Материал, генерирующий пар, может быть твердым, например табаком, жидким, например испаряемой жидкостью, или испаряемым материалом любого другого подходящего типа. Следует понимать, что для целей этого описания термины "пар" и "аэрозоль" являются взаимозаменяемыми.

На фиг. 2 показана принципиальная схема, иллюстрирующая управляющее устройство 104 для устройства, генерирующего пар. Управляющее устройство 104 содержит основной блок 108 управления и управляющую электронику 110.

Управляющая электроника содержит первый транзистор или основной МОП-транзистор 206 в соединении с основным блоком 108 управления. Основной блок 108 управления соединен с вакуумным затвором основного МОП-транзистора 206. Исток основного МОП-транзистора 206 подключен к первой клемме 202А батареи. Сток основного МОП-транзистора 206 подключен к положительной клемме 222А нагревателя 106. Отрицательная клемма 222В нагревателя 106 соединена с точкой 226 заземления.

Основной блок 108 управления подает сигнал широтно-импульсной модуляции (ШИМ) на вакуумный затвор основного МОП-транзистора 206. Этот сигнал переключает больший ток с первой клеммы 202А батареи посредством ШИМ с использованием основного МОП-транзистора 206. Это обеспечивает ШИМ-сигнал, используя ток от первой клеммы 202А батареи, на положительную клемму 222А нагревателя. Таким образом, основной блок 108 управления использует основной МОП-транзистор 206 для обеспечения вывода мощности ШИМ на нагреватель 106.

Дополнительный первый резистор 224 подключен между положительной клеммой 222А нагревателя и отрицательной клеммой 222В нагревателя в целях тестирования, когда капсула не подключена; этот резистор не является существенным для работы устройства.

Первая клемма 202А батареи также подключена к первому конденсатору 208А и второму конденсатору 208В параллельно. Первый конденсатор 208А и второй конденсатор 208В подключены к точкам 210А и 210В заземления соответственно. В примере конденсатор 208А имеет емкость 10 мкФ, а конденсатор 208В имеет емкость 100 нФ. Первый конденсатор 208А и второй конденсатор 208В являются развязывающими конденсаторами, которые уменьшают высокочастотные колебания напряжения на плоскости питания.

Вторая клемма 202В батареи подключена ко второму резистору 214. Второй резистор 214 подключен к вакуумному затвору основного МОП-транзистора 206 и к вакуумному затвору второго транзистора, или второго МОП-транзистора 218. В примере второй резистор 214 имеет сопротивление 100 кОм. Второй резистор 214 подключен к вакуумному затвору основного МОП-транзистора 206 посредством диода 212. Диод 212 предотвращает попадание логически высоких сигналов от сигнала ШИМ от основного блока 108 управления на второй МОП-транзистор 218. Второй резистор 214 неустойчиво подключает клемму батареи к вакуумному затвору второго МОП-транзистора 218 таким образом, что во время включения питания или когда микропроцессорный блок 108 выключается, второй МОП-транзистор 218 выключается. Во время операции парения входной сигнал ШИМ от микропроцессорного блока 108 подавляет напряжение от второго резистора 214. Основной МОП-транзистор 206 и второй МОП-транзистор 218 могут быть р-канальными устройствами, с логически высоким выходом, когда на

вакуумный затвор подается логически низкое входное напряжение.

Второй резистор 214 подключен к вакуумному затвору второго МОП-транзистора 218 посредством узла 228. Третий конденсатор 216 подключен между узлом 228 и точкой 230 заземления. В примере третий конденсатор имеет емкость 100 нФ. В устойчивом состоянии, когда устройство не обеспечивает парение, входной сигнал ШИМ от микропроцессорного блока 108 на основной МОП-транзистор 206 имеет высокий уровень, что выключает основной МОП-транзистор 206. Третий конденсатор 216 заряжается через второй резистор 214, в результате чего напряжение вакуумного затвора второго МОП-транзистора 218 становится высоким, и второй МОП-транзистор 218 выключается. То есть, следовательно, ток через резисторы 220А и 220В не протекает. Когда микропроцессорный блок 108 приводит сигнал вакуумного затвора основной МОП-транзистор 206 к низкому уровню во время ШИМ, третий конденсатор 216 разряжается, тем самым включая второй МОП-транзистор 218. Когда ШИМ-сигнал от микропроцессорного блока 108 к основному МОП-транзистору 206 удерживается во время фазы измерения, как описано далее, постоянная времени третьего конденсатора 216 и второго резистора 214 такова, что второй МОП-транзистор 218 остается включенным в течение всей фазы измерения, что позволяет измерять сопротивление между клеммами 222А и 222В нагревательной катушки. После завершения операции парения и возвращения сигнала от микропроцессорного блока 108 к основному МОП-транзистору 206 в состояние устойчивого высокого сигнала, третий конденсатор 216 заряжается, выключая второй МОП-транзистор 218.

Исток второго МОП-транзистора 218 подключен к третьей клемме 202С батареи. Сток второго МОП-транзистора 218 подключен к положительной клемме 222А нагревателя посредством тестового резистора 220. В примере, представленном на фиг. 2, тестовый резистор 220 содержит два резистора 220А и 220В, подключенных параллельно. В примере каждый из этих резисторов представляет собой резисторы с сопротивлением 68 Ом, обеспечивая тем самым общее сопротивление 34 Ом. Как правило, резисторы с сопротивлением 68 Ом более доступны (с необходимым классом мощности, размером корпуса и допуском), чем резисторы с сопротивлением 34 Ом. В качестве альтернативы тестовый резистор 220 может состоять только из одного резистора, например резистора с сопротивлением 34 Ом. В примере значение тестового сопротивления хранится в памяти, связанной с управляющим устройством и доступной ему. Специалист в данной области техники легко поймет, что при необходимости могут быть использованы и другие количества и комбинации резисторов, с различными значениями резисторов.

Третья клемма 202С батареи, второй МОП-транзистор 218 и тестовый резистор 220 образуют под-схему 232, предназначенную для измерения напряжения нагревательной катушки.

Вторая клемма 202В батареи подает ток переключения на вакуумный затвор второго МОП-транзистора 218 для включения подсхемы 232.

На фиг. 3 показана блок-схема способа управления нагревателем 106 с помощью управляющего устройства 104, описанного со ссылкой на фиг. 2.

Основной блок 108 управления подает выходную мощность ШИМ с рабочим циклом к нагревательной катушке и измеряет параметры, относящиеся к нагревательной катушке, в серии исполнительных циклов. В отдельном вычислительном цикле, который запускается параллельно с исполнительными циклами, основной блок управления рассчитывает обновленную выходную мощность с обновленным рабочим циклом на основе измеренных параметров. В одном примере вычислительный цикл (вычислительные циклы) используют отдельную функциональную возможность обработки для исполнительного цикла (исполнительных циклов), чтобы не мешать исполнительному циклу (исполнительным циклам).

В первом исполнительном цикле на этапе S301 основной блок 108 управления прикладывает первую выходную мощность на нагревательную катушку для первого количества этапов первого исполнительного цикла. Первая выходная мощность соответствует первой выходной мощности ШИМ, имеющей первый рабочий цикл. Каждый этап соответствует заданному временному интервалу, например 66,6 мкс (или частоте этапа 15 кГц). В примере первая выходная мощность ШИМ подается для 100 этапов.

Каждый этап может соответствовать целому числу циклов ШИМ, причем цикл ШИМ имеет период включения и период выключения, образующие цикл ШИМ. В примере каждый этап соответствует одному циклу ШИМ.

На этапе S302 основной блок 108 управления отключает первую выходную мощность, тем самым выключая нагревательную катушку, на втором количестве этапов первого исполнительного цикла. В примере второе количество этапов составляет один этап.

Во втором количестве этапов основной блок управления дополнительно устанавливает нагревательную катушку на высокое напряжение и измеряет напряжение батареи под нагрузкой перед отключением нагревательной катушки. Нагревательная катушка устанавливается на высокое напряжение только на короткое время, порядка микросекунд. Это гарантирует, что батарея находится под нагрузкой при измерении напряжения на батарее под нагрузкой.

На этапе S303 основной блок 108 управления измеряет первое напряжение нагревательной катушки в третьем количестве этапов. В примере третье количество этапов составляет один этап.

Первое напряжение нагревательной катушки измеряется с помощью подсхемы 232 нагревательной

катушки. Подсхема 232 нагревательной катушки включается под действием разряда третьего конденсатора 216 под действием логического низкого сигнала входного сигнала ШИМ МОП-транзистора 206. Затем через тестовый резистор 220 пропускается очень слабый ток от третьей клеммы 202С батареи к положительной клемме нагревательной катушки 222А. Это позволяет приложить небольшой контролируемый потенциал к нагревательной катушке 106, когда нагревательная катушка 106 выключена (т.е. не нагревается). Этот небольшой контролируемый потенциал позволяет измерять напряжение нагревателя, пока батарея 102 восстанавливается после нагрева нагревательной катушки 106. В примере мощность, подаваемая на нагревательную катушку 106 во время измерения напряжения нагревательной катушки, чрезвычайно мала по сравнению с мощностью, подаваемой на нагревательную катушку во время первого количества этапов исполнительного цикла, когда нагревательная катушка 106 нагревается.

На этапе S304 основной блок управления приостанавливает первый исполнительный цикл или не предпринимает никаких действий в первом цикле управления, при этом нагревательная катушка отключается на четвертое количество этапов. В примере четвертое количество этапов составляет пять этапов.

Пауза на этапе S304 между измерением напряжения нагревательной катушки на этапе S303 и измерением напряжения батареи без нагрузки на этапе S305 позволяет измерять напряжение батареи без нагрузки отдельно от напряжения нагревательной катушки, так что напряжение нагревательной катушки измеряется сразу после нагрева, давая батарее время на восстановление без приложенной нагрузки нагрева (т.е. в состоянии "разгрузки") перед измерением напряжения батареи без нагрузки. Это позволяет максимально точно измерить как напряжение нагревательной катушки, так и напряжение батареи без нагрузки.

На этапе S305 основной блок управления измеряет первое напряжение батареи без нагрузки в пятом количестве этапов первого исполнительного цикла. В примере пятое количество этапов составляет один этап.

В общем, если новый выходной сигнал ШИМ, т.е. выходной сигнал ШИМ с новым рабочим циклом, доступен из отдельного вычислительного цикла, как будет описано далее, основной блок 108 управления обновляет выходную мощность, в пятом количестве этапов, для следующего или последующего цикла. Затем основной блок 108 управления инициирует последующий исполнительный цикл, следуя по существу тем же этапам, что и первый исполнительный цикл, но используя обновленную выходную мощность. Если новый выходной сигнал ШИМ не доступен из отдельного вычислительного цикла, основной блок 108 управления не обновляет выходную мощность для следующего цикла. Затем основной блок 108 управления инициирует второй исполнительный цикл, следуя по существу тем же этапам, что и первый исполнительный цикл, используя выходную мощность.

Пример операций каждого из этапов первого исполнительного цикла представлен в табл. 1.

Таблица 1

Номер этапа	Операция
0-99	Приложение первой выходной мощности на нагревательную катушку
100	Отключение первой выходной мощности и тем самым выключение нагревательной катушки, и необязательно установка нагревательной катушки на высокое напряжение и измерение первого напряжения батареи под нагрузкой перед выключением нагревательной катушки
101	Измерение первого напряжения нагревательной катушки указанной нагревательной катушки
102-105	Пауза с выключенной нагревательной катушкой
106	Измерение первого напряжения батареи без нагрузки указанной батареи

В примере 66,6 мкс на этап, при 107 этапах исполнительный цикл занимает 7,13 мс для выполнения 107 этапов.

Специалист в данной области техники легко поймет, что вместо вышеупомянутых примеров могут быть использованы другие количества этапов и другие временные интервалы для каждого этапа, где это применимо.

Параллельно запуску исполнительных циклов основной блок управления периодически запускает вычислительный цикл. Например, основной блок управления запускает вычислительный цикл, проверяя новые или обновленные данные измерений каждые 2 мс. Если из исполнительного цикла (исполнительных циклов) доступны новые данные измерений, вычислительный цикл вычисляет обновленную выходную мощность (т.е. выходную мощность ШИМ с обновленным рабочим циклом). При отсутствии новых данных измерений из исполнительного цикла (исполнительных циклов) вычисление не выполняется.

Вычислительный цикл выполняется отдельно от исполнительных циклов, так как вычисления могут занимать больше времени, чем один исполнительный цикл, и поэтому могут вызвать задержку нагрева, если вычисления выполняются как часть исполнительных циклов.

В дальнейшем описании изложено, как вычислительный цикл вычисляет обновленный рабочий цикл, используя параметры, измеренные в исполнительном цикле.

Вычислительный цикл вычисляет обновленный рабочий цикл, D_{CYCLE} , следующим образом:

$$D_{CYCLE} = \frac{I_{TARGET} \times ENABLE_PWM_MATCH}{I_{LOAD}}$$

где I_{TARGET} представляет собой целевой ток (в миллиамперах), подаваемый на нагревательную катушку;

I_{LOAD} представляет собой максимальный доступный ток нагрузки (в миллиамперах), вычисленный на основе напряжения батареи под нагрузкой и сопротивления нагревательной катушки, ограниченный пределом тока батареи.

Это вычисление дает количество циклов счетчика микропроцессора, в течение которых выходной сигнал должен быть включен за цикл ШИМ. $ENABLE_PWM_MATCH$ представляет собой значение внутреннего счетчика в микропроцессоре, соответствующее одному периоду цикла ШИМ (например, 66,6 мкс). В примере счетчик микропроцессора работает на 16 МГц, для которых $ENABLE_PWM_MATCH$ равно $16 \text{ МГц} \times 66,6 \text{ мкс} = 1066$.

В примере ток нагрузки, I_{LOAD} , вычисляется как:

$$I_{LOAD} = \frac{V_{ONLOAD}}{(R_{COIL} + R_{SERIES})}$$

где V_{ONLOAD} представляет собой напряжение батареи при нагрузке, измеренное во втором количестве этапов исполнительного цикла при установке нагревательной катушки на высокое напряжение.

Напряжение батареи под нагрузкой соответствует напряжению батареи в состоянии нагрузки, т.е. в состоянии, при котором прикладывается нагревательная нагрузка. Когда делитель потенциала, сформированный из двух сопротивлений R_A и R_B , используется для масштабирования напряжения батареи до уровня, подходящего для аналого-цифрового преобразователя микроконтроллера, а напряжение, считанное аналого-цифровым преобразователем, представляется собой V_{ADC} , это может быть выражено как:

$$V_{ONLOAD} = \frac{V_{ADC} \times (R_A + R_B)}{R_A}$$

В примере сопротивление R_A может составлять 1,5 кОм и R_B может составлять 2 кОм.

Чтобы установить $(R_{COIL} + R_{SERIES})$, измеряется напряжение катушки (V_{COIL}) на COIL+ 222A и COIL- 222B. $(R_{COIL} + R_{SERIES})$ представляет собой сопротивление нагревательной катушки, измеренное на COIL+ 222A и COIL- 222B, включая последовательное сопротивление контактов, которые последовательно соединены с нагревательной катушкой, но которые вносят вклад в измеренное напряжение V_{COIL} , как хранится в электронике капсулы материала, генерирующего пар. Ожидается, что последовательное сопротивление не будет значительно изменяться при изменении температуры, оно измеряется при изготовлении и хранится в электронной схеме капсулы. В примере $(R_{COIL} + R_{SERIES})$ вычисляется как:

$$(R_{COIL} + R_{SERIES}) = \frac{V_{COIL} \times R_{TEST}}{V_{OFFLOAD} - V_{COIL}}$$

где R_{TEST} является комбинацией тестового сопротивления 220, предусмотренного в нагревательной катушке измерительной подсистемы 232, и других последовательных сопротивлений в схеме (таких как последовательное сопротивление транзистора, дорожек печатной платы, сопротивление разъема и т.д.), и выбирается для получения подходящего напряжения на выводе с учетом диапазона R_B , который будет встречаться, коэффициента усиления усилителя (не показан на фиг. 2) и диапазона АЦП микроконтроллера 108. В примере тестовый резистор 220 имеет сопротивление 34 Ом;

$V_{OFFLOAD}$ представляет собой напряжение батареи без нагрузки, измеренное в пятом количестве этапов исполнительного цикла. Напряжение батареи без нагрузки соответствует напряжению батареи в состоянии без нагрузки, т.е. в состоянии, при котором не прикладывается нагревательная нагрузка. Это измеряется с помощью того же делителя потенциала, что и V_{ONLOAD} , но в состоянии без нагрузки;

V_{COIL} представляет собой напряжение нагревательной катушки, измеренное в третьем количестве этапов измерительной подсистемы 232 нагревательной катушки.

Схема усилителя (не показана на фиг. 2) применяет коэффициент усиления и смещение к этому напряжению перед его измерением микроконтроллером АЦП. В примере напряжение на нагревательной катушке может быть измерено как функция напряжения на выводе микроконтроллера (V_{PIN}):

$$V_{PIN} = V_{COIL} \times M + C$$

таким образом,

$$V_{COIL} = \frac{V_{PIN} - C}{M}$$

при этом M является коэффициентом усиления усилителя, вычисленным как:

$$M = \frac{AMP_CAL_M}{AMP_CAL_M_SCALE_FACTOR}$$

и C , корректирующее значение смещения, рассчитывается как:

$$C = \frac{AMP_CAL_C}{AMP_CAL_C_SCALE_FACTOR}$$

где AMP_CAL_C представляет собой значение, измеренное во время калибровки устройства для коэффициента усиления схемы усилителя (не показано на фиг. 2);

$AMP_CAL_M_SCALE_FACTOR$ используется для облегчения арифметических действий с целыми числами вместо чисел с плавающей точкой.

В примере $AMP_CAL_M_SCALE_FACTOR$ может иметь постоянное значение, составляющее 1000. AMP_CAL_C представляет собой значение, измеренное во время калибровки устройства для коэффициента усиления схемы усилителя (не показано на фиг. 2). $AMP_CAL_C_SCALE_FACTOR$ используется для облегчения арифметических действий с целыми числами вместо чисел с плавающей точкой. В примере $AMP_CAL_C_SCALE_FACTOR$ может иметь постоянное значение, составляющее 1000000.

Целевой ток, подаваемый на нагревательную катушку, I_{TARGET} , вычисляется как:

$$I_{TARGET} = (P_{GAIN} \times T_{ERROR}) + (I_{GAIN} \times I_{SUM})$$

где I_{TARGET} расчетный ток, который должен быть целевым (ограниченный максимально допустимым током);

I_{GAIN} и P_{GAIN} являются константами;

I_{GAIN} является масштабным коэффициентом, используемым для интегральной части системы управления ПИП (пропорциональной, интегральной, производной);

P_{GAIN} является пропорциональным коэффициентом усиления для контроллера, выполняющего измерения.

В примере I_{GAIN} имеет значение, составляющее 2500, и P_{GAIN} имеет значение, составляющее 250. I_{SUM} соответствует интегральному члену суммирования, используемому при вычислении ПИП. Алгоритм ПИ-управления используется для вычисления необходимого тока для снижения температурной погрешности на основе полученных измерений сопротивления катушки и напряжения батареи. Алгоритм выполняется как часть вычислительного цикла и не запускает измерения напрямую; измерения запускаются отдельно в исполнительном цикле. T_{ERROR} является разницей между целевой температурой нагревательной катушки, T_{TARGET} , и измеренной температурой катушки T_{COIL} , таким образом:

$$T_{ERROR} = T_{TARGET} - T_{COIL}$$

Температура катушки, T_{COIL} , определяется на основе сопротивления нагревательной катушки, R_{COIL} , как измерено на измерительной подсхеме 232 нагревательной катушки, где:

$$T_{COIL} = \left(\frac{R_{COIL}}{R_{REFCOIL}} - 1 \right) \times \frac{1}{\alpha} + T_{REF}$$

где $R_{REFCOIL}$ представляет собой эталонное значение сопротивления катушки, хранящееся в электронике капсулы материала, генерирующего пар;

постоянная α представляет собой коэффициент сопротивления, свойство проволоки, используемой для катушки. В примере α может иметь значение, составляющее 0,004130;

T_{REF} представляет собой эталонную температуру, хранящуюся как постоянная в коде микропроцессора, соответствующая $R_{REFCOIL}$. В примере T_{REF} установлена на 25°C.

Если целевой ток вычисляется как превышающий максимально доступный ток, разрешенный для отбора от батареи, то эффективная температурная погрешность, которая привела бы к вычислению максимально доступного тока, используется для увеличения значения I_{SUM} . В противном случае фактическая температурная погрешность используется как:

$$I_{SUM} = \frac{T_{ERROR}}{TEMP_ERROR_DIVIDER}$$

где $TEMP_ERROR_DIVIDER$ представляет собой чувствительность I_{GAIN} к температурной погрешности. В примере $TEMP_ERROR_DIVIDER$ имеет значение, составляющее 600.

На фиг. 4 представлен временной график выполнения исполнительных циклов и вычислительных циклов относительно друг друга в соответствии с примером.

На фиг. 5 и 6 соответственно представлены блок-схемы процессов, участвующих в исполнительном и вычислительном циклах.

Первый исполнительный цикл 401 осуществляется, как описано со ссылкой на фиг. 2. На этапе S501 в первом исполнительном цикле 401 основной блок управления прикладывает первую выходную мощность на нагревательную катушку для первого количества этапов 401-1. На этапе S502 в первом исполнительном цикле 401 основной блок управления устанавливает нагревательную катушку на высокое напряжение и измеряет первое напряжение батареи под нагрузкой перед выключением нагревательной катушки, отключая первую выходную мощность для второго количества этапов 401-2. Установка нагревателя на высокое напряжение относится к установке входной линии от основного блока управления (или микропроцессорного блока) 108 для включения основного МОП-транзистора 206, а не к какой-либо конкретной температурной цели. Это происходит в течение очень короткого периода времени (порядка микросекунд) и поэтому имеет незначительный эффект нагрева. На этапе S503 в первом исполнительном цикле 401 основной блок управления измеряет первое напряжение нагревательной катушки на-

гревательной катушки в третьем количестве этапов 401-3. На этапе S504 в первом исполнительном цикле 401 основной блок управления делает паузу с выключенной нагревательной катушкой для четвертого количества этапов 401-4. На этапе S505 в первом исполнительном цикле 401 основной блок управления измеряет первое напряжение батареи без нагрузки батареи в пятом количестве этапов 401-5. Следует отметить, что на фиг. 4 количество этапов в каждом исполнительном цикле показано не в масштабе, а на одинаковом расстоянии друг от друга для простоты восприятия.

Одновременно с осуществлением первого исполнительного цикла основной блок управления выполняет периодические этапы 451a, 451b, 451c, 451d отслеживания для получения новых данных об измерениях для вычислительного цикла. Как показано на фиг. 6, вычислительный цикл проверяет, доступны ли новые данные измерений на этапе S601, если они доступны, вычислительный цикл переходит к этапу S602 и вычисляет обновленную выходную мощность. На этапе S603 основной блок управления делает обновленную выходную мощность доступной для исполнительного цикла. В примере обновленная выходная мощность вычисляется, как описано ранее. Если новые данные измерений недоступны, процесс возвращается к этапу S601 и снова проверяет, доступны ли новые данные измерений из исполнительного цикла. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не станут доступными новые данные измерений, и процесс может перейти к этапу S602. В примере процесс закидывается на этапе S601 для проверки наличия новых данных измерений каждые 2 мс. Такой интервал оказался преимущественным, поскольку основной блок управления обслуживает и другие задачи, например, соединение Bluetooth. Например, если интервал, в котором проверяются новые данные измерений, был значительно длиннее, и эти другие задачи задерживали вычислительный цикл, и он пропускал свой временной промежуток, то пройдет значительный период времени, пока новые измеренные значения будут доступны; это может вызвать значительное нарушение синхронизации и несогласованность во времени обработки данных. Выполнение второго цикла каждые 2 мс, например, обеспечивает максимум 2 мс задержки или нарушения синхронизации. Было установлено, что это приемлемый период времени, не увеличивающий чрезмерно нагрузку на основной блок управления или микропроцессор.

Возвращаясь к первому исполнительному циклу, на пятом количестве этапов 401-5 первого исполнительного цикла 401, на этапе S506, основной блок управления проверяет, доступна ли обновленная выходная мощность из вычислительного цикла. Если обновленная выходная мощность доступна, процесс переходит к этапу S507 и происходит обновление выходной мощности для следующего выполнения в пятом количестве этапов. Однако в течение первого исполнительного цикла 401 данные измерений не были доступны для вычислительного цикла, поскольку измерения все еще выполняются. В связи с этим вычисления еще не проводились. Как следствие, основной блок управления не обновляет выходную мощность в пятом количестве этапов 401-5 первого исполнительного цикла 401 для следующего исполнительного цикла. Вместо этого первая выходная мощность используется для второго исполнительного цикла 402, и процесс возвращается на этап S501 для второго исполнительного цикла 402. То есть, после первого исполнительного цикла 401 второй исполнительный цикл 402 выполняется с использованием первой выходной мощности.

На этапе S501 во втором исполнительном цикле 402 основной блок управления прикладывает первую выходную мощность на нагревательную катушку для первого количества этапов 402-1. На этапе S502 во втором исполнительном цикле 402 основной блок управления устанавливает нагревательную катушку на высокое напряжение и измеряет второе напряжение батареи под нагрузкой перед выключением нагревательной катушки, отключая первую выходную мощность для второго количества этапов 402-2. На этапе S503 во втором исполнительном цикле 402 основной блок управления измеряет второе напряжение нагревательной катушки нагревательной катушки в третьем количестве этапов 402-3. На этапе S504 во втором исполнительном цикле 402 основной блок управления делает паузу с выключенной нагревательной катушкой для четвертого количества этапов 402-4. На этапе S505 во втором исполнительном цикле 402 основной блок управления измеряет второе напряжение батареи без нагрузки батареи в пятом количестве этапов 402-5.

Во время осуществления второго исполнительного цикла основной блок управления определяет на этапе S601, что новые данные измерений доступны для вычислительного цикла на этапе 451e отслеживания, т.е. на первом этапе отслеживания, который происходит после завершения первого исполнительного цикла. Затем процесс по фиг. 6 переходит к этапу S602, и основной блок управления выполняет первый вычислительный цикл 451e, используя данные измерений.

В примере по фиг. 4 первый вычислительный цикл занимает значительно больше времени, чем каждый исполнительный цикл. Таким образом, в конце второго исполнительного цикла 402 первый вычислительный цикл 451e все еще осуществляется и обновленная выходная мощность не готова. То есть, когда второй исполнительный цикл 402 достигает этапа S506 на пятом количестве этапов 402-5 второго исполнительного цикла, обновленная выходная мощность не доступна из вычислительного цикла, и поэтому процесс возвращается на этап S501 для третьего исполнительного цикла 403. Поскольку в конце второго цикла 402 не готова обновленная выходная мощность, основной блок управления осуществляет третий исполнительный цикл 403, используя первую выходную мощность, после второго исполнительного цикла 402.

На этапе S501 в третьем исполнительном цикле 403 основной блок управления прикладывает первую выходную мощность на нагревательную катушку для первого количества этапов 403-1. На этапе S502 в третьем исполнительном цикле 403 основной блок управления устанавливает нагревательную катушку на высокое напряжение и измеряет третье напряжение батареи под нагрузкой перед выключением нагревательной катушки, отключая первую выходную мощность для второго количества этапов 403-2. На этапе S503 в третьем исполнительном цикле 403 основной блок управления измеряет третье напряжение нагревательной катушки в третьем количестве этапов 403-3. На этапе S504 в третьем исполнительном цикле 403 основной блок управления делает паузу с выключенной нагревательной катушкой для четвертого количества этапов 403-4. На этапе S505 в третьем исполнительном цикле 403 основной блок управления измеряет третье напряжение батареи без нагрузки батареи в пятом количестве этапов 403-5.

Когда третий исполнительный цикл 403 достигает пятого количества этапов 403-5, основной блок 108 управления определяет на этапе S506, что вычислительный цикл 451e был завершен и что обновленная выходная мощность была выведена из вычислительного цикла на этапе S603. Таким образом, процесс исполнительного цикла переходит к этапу S506, и основной блок 108 управления обновляет первую выходную мощность до обновленной выходной мощности на пятом количестве этапов 403-5 третьего исполнительного цикла 403.

Затем процесс исполнительного цикла возвращается к этапу S501 для последующего (или четвертого) исполнительного цикла. На этапе S501 основной блок 108 управления осуществляет четвертый исполнительный цикл 404, используя обновленную выходную мощность для первого количества этапов четвертого исполнительного цикла 404-1. На этапе S502 в четвертом исполнительном цикле 404 основной блок 108 управления затем устанавливает нагревательную катушку на высокое напряжение и измеряет четвертое напряжение батареи под нагрузкой перед выключением нагревательной катушки, отключая обновленную выходную мощность для второго количества этапов 404-2. На этапе S503 в четвертом исполнительном цикле 404 основной блок управления измеряет четвертое напряжение нагревательной катушки в третьем количестве этапов 404-3. На этапе S504 в четвертом исполнительном цикле 404 основной блок управления делает паузу с выключенной нагревательной катушкой для четвертого количества этапов 404-4. На этапе S505 в четвертом исполнительном цикле 404 основной блок управления измеряет четвертое напряжение батареи без нагрузки батареи в пятом количестве этапов 404-5.

После завершения первого вычислительного цикла на этапе S603 процесс вычислительного цикла возвращается на этап S601 и снова проверяет, доступны ли новые данные измерений из исполнительного цикла. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не станут доступными новые данные измерений, и процесс может перейти к этапу S602.

Если обновленные данные измерений еще не доступны, например, из-за того, что четвертый исполнительный цикл 404 с использованием обновленной выходной мощности еще не завершен, основной блок 108 управления выполняет периодические этапы 452a, 452b отслеживания на этапе S601 для новых данных измерений. Основной блок 108 управления определяет, что новые данные измерений доступны для вычислительного цикла на этапе 452c отслеживания, т.е. на первом этапе отслеживания, который происходит после завершения четвертого исполнительного цикла 404. Затем процесс вычислительного цикла переходит к этапу S602 для второго вычислительного цикла 452c, и основной блок управления 108 выполняет второй вычислительный цикл 452c, используя новые данные измерений.

Затем процесс повторяется, таким образом обновляя выходную мощность, когда доступна обновленная выходная мощность, и вычисляя обновленную выходную мощность, когда доступны новые данные измерений.

Специалист в данной области техники легко поймет, что первый вычислительный цикл может занимать меньшее или большее время, чем в предыдущем примере, и что первый вычислительный цикл может быть завершен во время второго исполнительного цикла таким образом, что выходная мощность обновляется во втором исполнительном цикле для третьего исполнительного цикла, или что вычислительный цикл может быть завершен во время третьего или более позднего исполнительного цикла таким образом, что выходная мощность обновляется в четвертом или более позднем исполнительном цикле. То же самое относится и к тому, когда выполняются вычислительные циклы в отношении длины и количества исполнительных циклов, в зависимости от условий.

Описанные в настоящем документе этапы обработки, осуществляемые основным блоком управления, могут храниться в постоянном машиночитаемом носителе или хранилище данных, связанном с основным блоком управления. Машиночитаемый носитель данных может включать энергонезависимые носители и энергозависимые носители. Энергозависимые носители могут включать, среди прочего, полупроводниковые запоминающие устройства и динамические запоминающие устройства. Энергонезависимые носители могут включать, среди прочего, оптические диски и магнитные диски.

Специалисту в данной области техники будет легко понять, что рассмотренные выше варианты осуществления в представленном выше описании не являются ограничительными; признаки каждого варианта осуществления могут быть использованы в других вариантах осуществления в соответствующую

щих случаях.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Управляющее устройство устройства, генерирующего аэрозоль, при этом управляющее устройство содержит основной блок управления и выполнено с возможностью соединения с батареей и нагревательной катушкой, при этом основной блок управления выполнен с возможностью осуществления одного или более исполнительных циклов, при этом первый исполнительный цикл одного или более исполнительных циклов предусматривает:

приложение первой выходной мощности на нагревательную катушку для первого количества этапов первого исполнительного цикла;

отключение первой выходной мощности и тем самым выключение нагревательной катушки во втором количестве этапов, следующих за первым количеством этапов, первого исполнительного цикла;

измерение первого напряжения нагревательной катушки указанной нагревательной катушки в третьем количестве этапов, следующих за вторым количеством этапов, первого исполнительного цикла с меньшей выходной мощностью, чем первая выходная мощность, подаваемая на нагревательную катушку;

приостановку с выключенной нагревательной катушкой для четвертого количества этапов, следующего за третьим количеством этапов, первого исполнительного цикла; и

измерение первого напряжения батареи без нагрузки в пятом количестве этапов, следующих за четвертым количеством этапов, первого исполнительного цикла, при этом напряжение батареи без нагрузки соответствует состоянию батареи без нагрузки, в котором нагревательная нагрузка не прикладывается;

при этом каждый этап в первом количестве этапов, втором количестве этапов, третьем количестве этапов, четвертом количестве этапов и пятом количестве этапов соответствует заданному периоду времени; и

при этом основной блок управления дополнительно выполнен с возможностью вычисления обновленной выходной мощности на основе первого напряжения нагревательной катушки и первого напряжения батареи без нагрузки.

2. Управляющее устройство по п.1, отличающееся тем, что основной блок управления дополнительно выполнен с возможностью приложения обновленной выходной мощности к нагревательной катушке в последующем исполнительном цикле, который следует за первым исполнительным циклом.

3. Управляющее устройство по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что основной блок управления дополнительно выполнен с возможностью вычисления обновленной выходной мощности на основе первого напряжения нагревательной катушки и первого напряжения батареи без нагрузки в вычислительном цикле, отдельном от одного или более исполнительных циклов.

4. Управляющее устройство по п.3, отличающееся тем, что основной блок управления выполнен с возможностью осуществления вычислительного цикла и одного или более исполнительных циклов с использованием отдельных функциональных возможностей обработки.

5. Управляющее устройство по п.3 или 4, отличающееся тем, что основной блок управления дополнительно выполнен с возможностью осуществления второго исполнительного цикла, при этом первый исполнительный цикл смещен от последующего исполнительного цикла по меньшей мере на второй исполнительный цикл, и где второй исполнительный цикл предусматривает приложение первой выходной мощности на нагревательную катушку для первого количества этапов второго исполнительного цикла; и при этом основной блок управления осуществляет вычислительный цикл по меньшей мере частично параллельно второму исполнительному циклу.

6. Управляющее устройство по любому из пп.3-5, отличающееся тем, что основной блок управления дополнительно выполнен с возможностью осуществления третьего исполнительного цикла между первым исполнительным циклом и последующим исполнительным циклом, при этом третий исполнительный цикл предусматривает:

приложение первой выходной мощности на нагревательную катушку для первого количества этапов третьего исполнительного цикла и

обновление первой выходной мощности до обновленной выходной мощности в ответ на определение того, что обновленная выходная мощность доступна из вычислительного цикла.

7. Управляющее устройство по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что каждая выходная мощность представляет собой выходной сигнал с широтно-импульсной модуляцией со связанным рабочим циклом.

8. Управляющее устройство по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что основной блок управления выполнен с возможностью вычисления температуры нагревательной катушки на основе сопротивления нагревательной катушки и дополнительно выполнен с возможностью вычисления обновленной выходной мощности на основе разности между вычисленной температурой нагревательной катушки и целевой температурой нагревательной катушки.

9. Управляющее устройство по п.8, отличающееся тем, что дополнительно содержит измеритель-

ную под схему нагревательной катушки, при этом измерительная под схема нагревательной катушки содержит клемму батареи, подключенную к нагревательной катушке и тестовому резистору, расположенному между ними.

10. Управляющее устройство по п.9, отличающееся тем, что измерительная под схема нагревательной катушки предназначена для приложения меньшей мощности, чем первая выходная мощность, на нагревательную катушку для измерения первого напряжения нагревательной катушки.

11. Управляющее устройство по п.9 или 10, отличающееся тем, что основной блок управления выполнен с возможностью вычисления сопротивления нагревательной катушки на основе первого напряжения нагревательной катушки, сопротивления тестового резистора и первого напряжения батареи без нагрузки.

12. Управляющее устройство по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что основной блок управления дополнительно выполнен с возможностью во втором количестве этапов установки нагревательной катушки на высокое напряжение и измерения первого напряжения батареи под нагрузкой перед выключением нагревательной катушки.

13. Управляющее устройство по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что дополнительно содержит первый транзистор, при этом входной сигнал широтно-импульсной модуляции переключает первый транзистор для подачи выходного сигнала широтно-импульсной модуляции на нагревательную катушку.

14. Устройство, генерирующее аэрозоль, содержащее управляющее устройство по любому из предыдущих пунктов.

15. Способ работы управляющего устройства устройства, генерирующего аэрозоль, при этом способ включает в первом исполнительном цикле:

приложение первой выходной мощности на нагревательную катушку для первого количества этапов первого исполнительного цикла;

отключение первой выходной мощности и тем самым выключение нагревательной катушки во втором количестве этапов, следующих за первым количеством этапов, первого исполнительного цикла;

измерение первого напряжения нагревательной катушки указанной нагревательной катушки в третьем количестве этапов, следующих за вторым количеством этапов, первого исполнительного цикла с меньшей выходной мощностью, чем первая выходная мощность, подаваемая на нагревательную катушку;

приостановку с выключенной нагревательной катушкой для четвертого количества этапов, следующего за третьим количеством этапов, первого исполнительного цикла; и

измерение первого напряжения батареи без нагрузки в пятом количестве этапов, следующих за четвертым количеством этапов, первого исполнительного цикла, при этом напряжение батареи без нагрузки соответствует состоянию батареи без нагрузки, в котором нагревательная нагрузка не прикладывается;

при этом каждый этап в первом количестве этапов, втором количестве этапов, третьем количестве этапов, четвертом количестве этапов и пятом количестве этапов соответствует заданному периоду времени; и

при этом способ дополнительно включает вычисление обновленной выходной мощности на основе первого напряжения нагревательной катушки и первого напряжения батареи без нагрузки.

16. Постоянный машиночитаемый носитель, хранящий инструкции, которые при выполнении одним или более процессорами обеспечивают выполнение одним или более процессорами в первом исполнительном цикле:

приложения первой выходной мощности на нагревательную катушку для первого количества этапов первого исполнительного цикла;

отключения первой выходной мощности и тем самым выключения нагревательной катушки во втором количестве этапов, следующих за первым количеством этапов, первого исполнительного цикла;

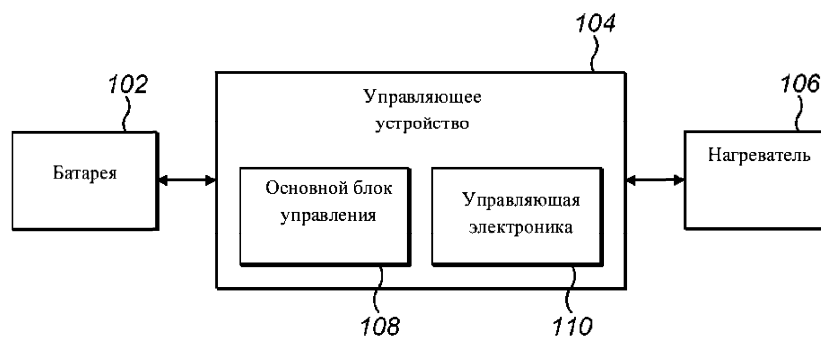
измерения первого напряжения нагревательной катушки указанной нагревательной катушки в третьем количестве этапов, следующих за вторым количеством этапов, первого исполнительного цикла с меньшей выходной мощностью, чем первая выходная мощность, подаваемая на нагревательную катушку;

приостановки с выключенной нагревательной катушкой для четвертого количества этапов, следующего за третьим количеством этапов, первого исполнительного цикла; и

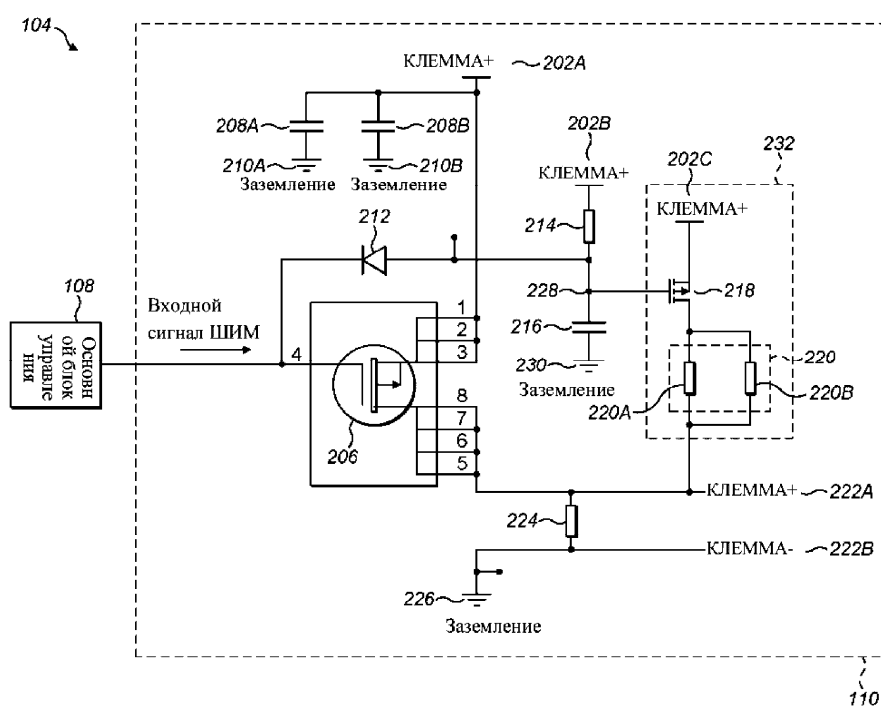
измерения первого напряжения батареи вне нагрузки в пятом количестве этапов, следующих за четвертым количеством этапов, первого исполнительного цикла, при этом напряжение батареи вне нагрузки соответствует состоянию батареи без нагрузки, в котором нагревательная нагрузка не прикладывается;

при этом каждый этап в первом количестве этапов, втором количестве этапов, третьем количестве этапов, четвертом количестве этапов и пятом количестве этапов соответствует заданному периоду времени; и

дополнительно включает вычисление обновленной выходной мощности на основе первого напряжения нагревательной катушки и первого напряжения батареи без нагрузки.



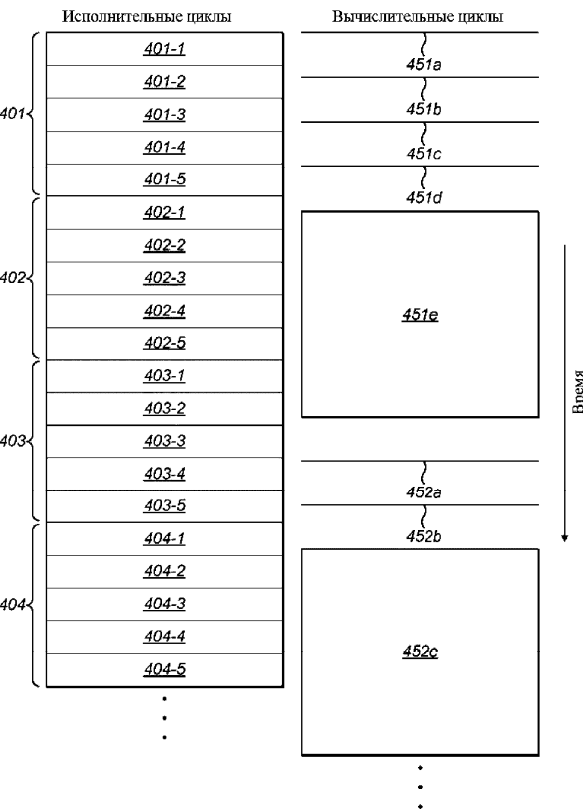
Фиг. 1



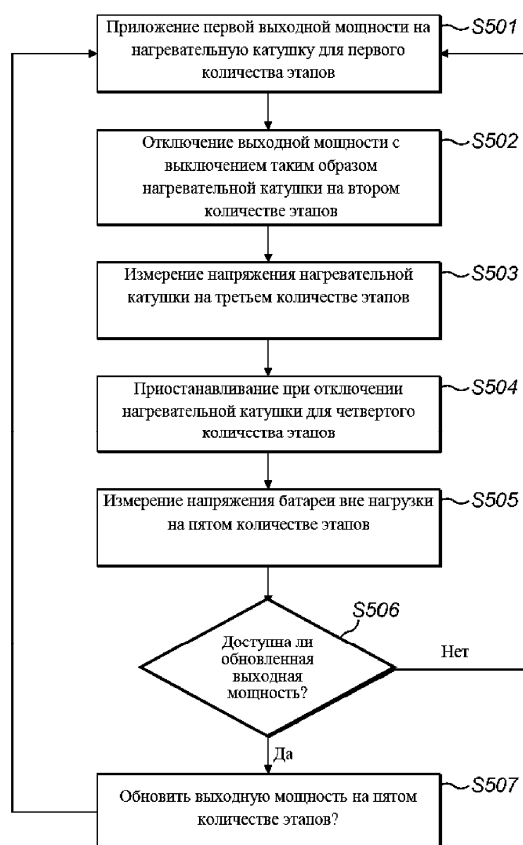
ФИГ. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

