

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035473**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.06.22

(51) Int. Cl. **G05D 16/20** (2006.01)

(21) Номер заявки
201800104

(22) Дата подачи заявки
2016.04.15

(54) **СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО КЛАПАНА АППАРАТА ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ**

(31) **201510412886.5**

(56) CN-U-203745923

(32) **2015.07.14**

US-4823788

(33) **CN**

US-A-5474062

(43) **2018.05.31**

CN-A-104707228

(86) **PCT/CN2016/079342**

WO-A1-9310844

(87) **WO 2017/008548 2017.01.19**

CN-A-101614575

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
БЭЙЦЗИН АЭОНМЕД КО., ЛТД.
(CN)

(72) Изобретатель:
Кун Дэйюй (CN)

(74) Представитель:
Ковальчук Н.С. (RU)

(57) Предложен способ регулирования расхода пропорционального клапана аппарата искусственной вентиляции легких (ИВЛ), содержащий следующие этапы: этап 1) получают минимальное значение расхода a и максимальное значение расхода b пропорционального клапана, а также соответствующие им значения управляющего напряжения; равномерно разделяют интервал $[a, b]$ на N отрезков кривой расхода, получают упреждающие напряжения как напряжения в крайних левых точках для N отрезков с помощью линейного приближения, вычисляют управляющее напряжение, соответствующее расходу, в крайней левой точке каждого отрезка с помощью алгоритма регулирования с обратной связью, используя упреждающее напряжение в качестве начального напряжения, и затем выполняют линейное приближение для значений расхода и управляющих напряжений на N отрезках, устанавливая таким образом линейную зависимость между расходом и управляющим напряжением пропорционального клапана аппарата ИВЛ; этап 2) в зависимости от значения расхода пропорционального клапана, которое требуется получить на выходе, определяют отрезок кривой расхода, где находится требуемое значение расхода, а затем вычисляют значение управляющего напряжения, соответствующее значению расхода согласно подобранной линейной зависимости; и этап 3) регулируют напряжение пропорционального клапана до значения управляющего напряжения, полученного на этапе 2), в этом случае расход на выходе пропорционального клапана удовлетворяет поставленным требованиям.

035473
B1

035473
B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к области аппаратов для искусственной вентиляции легких (ИВЛ), в частности к способу регулирования расхода пропорционального клапана аппарата ИВЛ.

Уровень техники изобретения

Аппарат ИВЛ осуществляет точный контроль расхода на выходе за счет регулировки пропорционального клапана. Идеальные характеристические кривые расхода пропорциональных клапанов, применяемых в аппарате ИВЛ, по большей части являются линейными, а в качестве способа регулирования в основном используют линейное регулирование. Однако на практике при установке и в условиях эксплуатации, а также из-за многократного и постоянного использования пропорционального клапана в течение длительного периода времени характеристические кривые расхода пропорциональных клапанов изменяются. В частности, на участках, соответствующих небольшим значениям расхода, проявляются нелинейные характеристики, являющиеся причиной проблемы регулирования малых расходов.

Сущность изобретения

Настоящее изобретение направлено на преодоление вышеупомянутого недостатка существующего способа управления пропорциональным клапаном аппарата ИВЛ. Предложен способ регулирования расхода пропорционального клапана аппарата ИВЛ с целью получения эффективного способа точного регулирования расхода пропорционального клапана.

Для достижения вышеуказанной цели в настоящем изобретении предложен способ регулирования расхода пропорционального клапана аппарата ИВЛ, содержащий следующие этапы:

этап 1) получают минимальное значение расхода a и максимальное значение расхода b пропорционального клапана, а также соответствующие им значения управляющего напряжения; равномерно делят интервал $[a, b]$ на N отрезков кривой расхода, получают значения упреждающих напряжений как напряжений в крайних левых точках N отрезков с помощью линейного приближения, вычисляют управляющее напряжение, соответствующее расходу, в крайней левой точке каждого отрезка с помощью алгоритма регулирования с обратной связью, используя упреждающее напряжение в качестве начального напряжения, и затем выполняют линейное приближение для значений расхода и управляющих напряжений на каждом из N отрезков, устанавливая таким образом линейную зависимость между расходом и управляющим напряжением пропорционального клапана аппарата ИВЛ;

этап 2) сначала в зависимости от значения расхода пропорционального клапана, которое требуется получить на выходе, определяют отрезок кривой расхода, где находится данное требуемое значение расхода, после чего вычисляют значение управляющего напряжения, соответствующее значению расхода согласно подобранной линейной зависимости; и

этап 3) регулируют напряжение пропорционального клапана до значения управляющего напряжения, полученного на этапе 2), в результате чего расход на выходе пропорционального клапана удовлетворяет поставленным требованиям.

В приведенном выше техническом решении этап 1) может содержать следующие этапы:

этап 101) получают минимальное значение расхода a и максимальное значение расхода b пропорционального клапана, а также соответствующие им значения управляющего напряжения;

этап 102) равномерно делят интервал расхода $[a, b]$ между минимальным значением расхода a и максимальным значением расхода b на N частей для получения N отрезков кривой расхода;

этап 103) вычисляют упреждающее напряжение в крайней левой точке для каждого из N отрезков кривой расхода с помощью линейного приближения;

этап 104) вычисляют управляющее напряжение, соответствующее значению расхода, в крайней левой точке каждого отрезка кривой расхода с помощью алгоритма регулирования с обратной связью, используя упреждающее напряжение в качестве начального напряжения; и

этап 105) выполняют линейное приближение, получая N отрезков прямых линий, в соответствии со значениями расхода и значениями управляющих напряжений в правой и левой крайних точках для N отрезков кривой расхода, при этом горизонтальная координата каждой прямой линии соответствует значению расхода, а вертикальная координата соответствует значению управляющего напряжения.

В описанном выше техническом решении этап 101) может содержать следующие этапы:

этап 101-1) закрывают пропорциональный клапан;

измеряют значение расхода пропорционального клапана с помощью датчика расхода и фиксируют, что пропорциональный клапан был закрыт, когда значение расхода было меньше первого порогового значения;

этап 101-2) получают минимальное значение расхода a и соответствующее ему управляющее напряжение пропорционального клапана;

постепенно увеличивают управляющее напряжение пропорционального клапана, собирают информацию о расходе газа на экспираторном конце и затем, когда расход достигает второго порогового значения, а рабочая точка в этот момент соответствует точке минимального открытия клапана, считают, что пропорциональный клапан открыт, а значение расхода, соответствующее точке минимального открытия клапана, является минимальным значением расхода;

этап 101-3) получают максимальное значение расхода b и соответствующее ему управляющее на-

пряжение пропорционального клапана;

формируют на выходе максимальное управляющее напряжение, чтобы максимально открыть пропорциональный клапан, собирают информацию о расходе с помощью датчика расхода на инспираторном конце и записывают максимальное значение расхода.

В вышеприведенном техническом решении конкретный процесс осуществления этапа 104) может быть реализован следующим образом:

в качестве расхода, задаваемого обратной связью, принимают фактическое значение расхода, полученное путем ввода упреждающего напряжения, а в качестве калибровочного расхода принимают расход в левой точке каждого отрезка кривой расхода, выполняют настройку управляющего напряжения пропорционального клапана по обратной связи, используя разность между расходом, задаваемым обратной связью, и калибровочным расходом, и постепенно регулируют открытие пропорционального клапана до тех пор, пока расход на выходе не будет равен калибровочному значению расхода, в этот момент соответствующее напряжение будет равно управляющему напряжению в этой точке.

В вышеприведенном техническом решении первое пороговое значение составляет 10 мл/с.

В вышеприведенном техническом решении второе пороговое значение составляет 20 мл/с.

Преимущества настоящего изобретения заключаются в следующем.

1. Способ в соответствии с настоящим изобретением не требует сложной математической модели, а отличается простотой реализации и высокой точностью.

2. Способ регулирования расхода пропорционального клапана аппарата ИВЛ по настоящему изобретению также применим в других устройствах для регулировки напряжения или для пропорциональных клапанов, регулируемых напряжением.

Краткое описание чертежа

На чертеже показана блок-схема способа регулирования расхода пропорционального клапана аппарата ИВЛ по настоящему изобретению.

Подробное описание изобретения

Далее настоящее изобретение раскрывается подробно со ссылкой на чертеж и с помощью описания конкретных вариантов осуществления изобретения.

Как показано на чертеже, способ регулирования расхода пропорционального клапана аппарата ИВЛ содержит следующие этапы:

этап 1) получают минимальное значение расхода a и максимальное значение расхода b пропорционального клапана, а также соответствующие им значения управляющего напряжения; равномерно делят интервал $[a, b]$ на N отрезков кривой расхода, получают упреждающие напряжения как напряжения в крайних левых точках для N отрезков с помощью линейного приближения, вычисляют управляющее напряжение, соответствующее расходу, в крайней левой точке каждого отрезка с помощью алгоритма регулирования с обратной связью и затем выполняют линейное приближение для значений расхода и управляющих напряжений на каждом из N отрезков, таким образом устанавливая линейную зависимость между расходом и управляющим напряжением пропорционального клапана аппарата ИВЛ, в частности этап 1) содержит следующие этапы:

этап 101) получают минимальное значение расхода a и максимальное значение расхода b пропорционального клапана, а также соответствующие им значения управляющего напряжения, в частности, этап 101) содержит следующие этапы:

этап 101-1) закрывают пропорциональный клапан;

измеряют значение расхода пропорционального клапана с помощью датчика расхода и фиксируют, что пропорциональный клапан закрыт, когда значение расхода меньше первого порогового значения;

причем датчик расхода представляет собой датчик расхода, расположенный на инспираторном или на экспираторном концах; предпочтительно, чтобы первое пороговое значение составляло 10 мл/с;

этап 101-2) получают минимальное значение расхода a и соответствующее ему управляющее напряжение пропорционального клапана;

постепенно увеличивают управляющее напряжение пропорционального клапана с помощью цифроаналогового выхода, затем собирают информацию о расходе газа на экспираторном конце, а когда расход достигнет второго порогового значения, рабочая точка в этот момент соответствует точке минимального открытия клапана, считают, что пропорциональный клапан открыт, при этом значение расхода, соответствующее точке минимального открытия клапана, является минимальным значением расхода, а второе пороговое значение составляет 20 мл/с; и

этап 101-3) получают максимальное значение расхода b и соответствующее ему управляющее напряжение пропорционального клапана;

сначала формируют на выходе максимальное управляющее напряжение, чтобы максимально открыть пропорциональный клапан, собирают информацию о расходе с помощью датчика расхода на инспираторном конце и записывают максимальное значение расхода;

этап 102) равномерно делят интервал расхода $[a, b]$ между минимальным значением расхода a и максимальным значением расхода b на N частей для получения N отрезков кривой расхода;

причем в данном варианте осуществления изобретения $N=40$;

этап 103) вычисляют упреждающее напряжение в каждой крайней левой точке для N отрезков кривой расхода;

выполняют оценку упреждающего напряжения с помощью линейного приближения по напряжению, соответствующему известному минимальному значению расхода, и значению напряжения, соответствующему известному максимальному значению расхода;

этап 104) вычисляют управляющее напряжение, соответствующее значению расхода, в крайней левой точке каждого отрезка кривой расхода с помощью алгоритма регулирования с обратной связью, используя упреждающее напряжение в качестве начального напряжения;

при этом фактическое значение расхода, полученное путем ввода упреждающего напряжения, представляет собой расход, задаваемый обратной связью, а расход в левой точке каждого отрезка кривой расхода представляет собой калибровочный расход, настройку по обратной связи выполняют для управляющего напряжения пропорционального клапана, используя разность между расходом, задаваемым обратной связью, и калибровочным расходом; и постепенно регулируют открытие пропорционального клапана до тех пор, пока расход на выходе не будет равен калибровочному значению расхода, в этот момент соответствующее напряжение будет равно управляющему напряжению в этой точке;

при этом в процессе управления с обратной связью регулировка параметров представляет собой достаточно трудную задачу; неправильно выбранные параметры могут привести к более медленной настройке или перерегулированию, поэтому параметры необходимо задавать в соответствии с конкретными условиями эксплуатации;

этап 105) выполняют линейное приближение, получая N отрезков прямых линий, в соответствии со значениями расхода и значениями управляющих напряжений в правой и левой крайних точках N отрезков кривой расхода, при этом горизонтальная координата каждой прямой линии соответствует значению расхода, а вертикальная координата представляет собой цифровую величину аналого-цифрового преобразователя, соответствующую значению управляющего напряжения;

этап 2) в зависимости от значения расхода пропорционального клапана, которое требуется получить на выходе, определяют отрезок кривой расхода, где находится данное значение расхода, после чего вычисляют значение управляющего напряжения, соответствующее значению расхода согласно подобранной линейной зависимости; и

этап 3) регулируют напряжение пропорционального клапана до значения управляющего напряжения, полученного на этапе 2), в этом случае расход на выходе пропорционального клапана удовлетворяет поставленным требованиям.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ регулирования расхода пропорционального клапана аппарата искусственной вентиляции легких (ИВЛ), характеризующийся содержанием этапов, на которых:

этап 1) получают минимальное значение расхода a и максимальное значение расхода b пропорционального клапана, а также соответствующие им значения управляющего напряжения; равномерно делят интервал $[a, b]$ на N отрезков кривой расхода, получают значения упреждающих напряжений как напряжений в крайних левых точках N отрезков с помощью линейного приближения, вычисляют управляющее напряжение, соответствующее расходу, в крайней левой точке каждого отрезка с помощью алгоритма регулирования с обратной связью, используя упреждающее напряжение в качестве начального напряжения, и затем выполняют линейное приближение для значений расхода и управляющих напряжений на каждом из N отрезков, устанавливая таким образом соответствующую зависимость между расходом и управляющим напряжением пропорционального клапана аппарата ИВЛ;

этап 2) в зависимости от значения расхода пропорционального клапана, которое требуется получить на выходе, определяют отрезок кривой расхода, где находится данное требуемое значение расхода, после чего вычисляют значение управляющего напряжения, соответствующее значению расхода согласно прямой линии, полученной путем линейного приближения; и

этап 3) регулируют напряжение пропорционального клапана до значения управляющего напряжения, полученного на этапе 2), в результате чего расход на выходе пропорционального клапана удовлетворяет поставленным требованиям; причем

этап 1) содержит этапы, на которых:

этап 101) получают минимальное a и максимальное b значения расхода пропорционального клапана, а также соответствующие им значения управляющего напряжения;

этап 102) равномерно делят интервал расхода $[a, b]$ между минимальным a и максимальным b значениями расхода на N частей для получения N отрезков кривой расхода;

этап 103) вычисляют упреждающее напряжение в крайней левой точке для каждого из N отрезков кривой расхода с помощью линейного приближения;

этап 104) вычисляют управляющее напряжение, соответствующее значению расхода, в крайней левой точке каждого отрезка кривой расхода с помощью алгоритма регулирования с обратной связью, используя упреждающее напряжение в качестве начального напряжения; и

этап 105) выполняют линейное приближение, получая N отрезков прямых линий, в соответствии со значениями расхода и значениями управляющих напряжений в правой и левой крайних точках для каждого из N отрезков кривой расхода, при этом горизонтальная координата каждой прямой линии соответствует значению расхода, а вертикальная координата соответствует значению управляющего напряжения.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что этап 101) содержит этапы, на которых:

этап 101-1) закрывают пропорциональный клапан;

измеряют значение расхода пропорционального клапана с помощью датчика расхода и фиксируют, что пропорциональный клапан закрыт, когда значение расхода меньше первого порогового значения;

этап 101-2) получают минимальное значение расхода a и соответствующее ему управляющее напряжение пропорционального клапана;

постепенно увеличивают управляющее напряжение пропорционального клапана, собирают информацию о расходе газа на экспираторном конце и затем, когда расход достигает второго порогового значения, а рабочая точка при этом соответствует точке минимального открытия клапана, считают, что пропорциональный клапан открыт, а значение расхода, соответствующее точке минимального открытия клапана, является минимальным значением расхода;

этап 101-3) получают максимальное значение расхода b и соответствующее ему управляющее напряжение пропорционального клапана;

формируют на выходе максимальное управляющее напряжение, чтобы максимально открыть пропорциональный клапан, собирают информацию о расходе с помощью датчика расхода на инспираторном конце и записывают максимальное значение расхода.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что при осуществлении этапа 104) в качестве расхода, задаваемого обратной связью, принимают фактическое значение расхода, полученное путем ввода упреждающего напряжения, а в качестве калибровочного расхода принимают расход в левой точке каждого отрезка кривой расхода; выполняют настройку управляющего напряжения пропорционального клапана по обратной связи, используя разность между расходом, задаваемым обратной связью, и калибровочным расходом, и постепенно регулируют открытие пропорционального клапана до тех пор, пока расход на выходе не будет равен калибровочному значению расхода, при этом соответствующее напряжение будет равно управляющему напряжению в этой точке.

4. Способ по п.2, отличающийся тем, что первое пороговое значение составляет 10 мл/с.

5. Способ по п.2, отличающийся тем, что второе пороговое значение составляет 20 мл/с.

