

A61B 5/08 (2006.01)
A41D 13/11 (2006.01)
A61M 16/06 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2023-34
(22) Přihlášeno: 30.01.2023
(40) Zveřejněno: 07.08.2024
(Věstník č. 32/2024)
(47) Uděleno: 27.06.2024
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 07.08.2024
(Věstník č. 32/2024)

(56) Relevantní dokumenty:
CN 209106371 U; CN 108904939 A; US 10561863 B1.

(73) Majitel patentu:
Univerzita Hradec Králové, Hradec Králové, CZ

(72) Původce:
prof. Ing. Ondřej Krejcar, Ph.D., Nová Paka, CZ
doc. Ing. Robert Frischer, Ph.D., Ostrava,
Pustkovec, CZ
Ing. Ondřej Grycz, Ph.D., Ostrava, Poruba, CZ

(54) Název vynálezu:
Senzor dechu pro roušku

(57) Anotace:
Vynález se týká senzoru zaznamenávajícího charakteristiku dechu, který je tvořen NTC termistorem, napěťovým děličem, výdechovým ventilem, hardwarovým analogovým filtrem, mikrokontrolerem a A/D převodníkem, kde NTC termistor je zapojen do obvodu napěťového děliče a je v roušce mechanicky upevněn před výdechovým ventilem, přičemž NTC termistor je pomocí vodičů propojen s hardwarovým analogovým filtrem a hardwarový analogový filtr je dále prostřednictvím A/D převodníku propojen s mikrokontrolerem. Senzor lze využít k měření frekvence vydechaného vzduchu zejména u respirátorů a roušek.

Senzor dechu pro roušku

Oblast techniky

5

Vynález se týká senzoru zaznamenávajícího charakteristiku dechu.

Dosavadní stav techniky

10

Vlivem nedávné pandemie nakažlivých respiračních onemocnění se značně rozšířilo nošení roušek a respirátorů. Pasivní nošení roušek je dnes již standardním stavem, pokud ovšem není potřeba monitorovat stav roušky na základě délky jejího nošení. V případě dlouhodobého nošení roušky, bez její výměny, roste riziko vzniku plísní a rozvoje bakterií, které mají v roušce
15 příhodné podmínky pro svůj rozvoj. Cílem předkládaného vynálezu je podat senzorický systém pro nositelné roušky, který by byl schopen sebeevaluace z pohledu provozních parametrů, a který by zároveň informoval uživatele o nutnosti výměny filtru, popř. oznamoval jiné důležité informace související s jeho zdravotním stavem.

20

Metody a zařízení pro měření a hodnocení dechu využívají senzory pracující na bázi změn fyzikálních, případně chemických vlastností. Např. metoda a zařízení popsaná v přihlášce AU 2020 417750 využívá pro měření dechu senzory pracující na základě změny tlaku v trubici při inhalaci. Tohoto principu využívá i řešení popsané v přihlášce US 2022096777, kde je dechový senzor pro sledování plynulosti dechu při respirační terapii umístěn v nosní kanyle.

25

Jiný přístup je popsán v přihlášce AU 2020417219, kde je uveden přístroj pro kalibraci senzoru dechu se vzorkovací jednotkou s pouzdrem konfigurovaným pro příjem vzorku dechu. Senzor umístěný v pouzdru detekuje koncentraci oxidu uhelnatého ve vzorku dechu. Na základě změn v úrovni koncentrace oxidu uhelnatého v čase lze pak senzor dechu kalibrovat.

30

Dalším přístupem k monitorování dechu pak může být využití změny odporu na základě mechanické deformace senzoru z ohebného materiálu. Např. užitný vzor CZ 3632601 popisuje senzor dechu, který je umístěn ve dvojici ochranných pouzder, které jsou uchyceny na povrchu oděvu na hrudi nositele, a je tvořen ohebným páskem zalitým do epoxidu. Senzor obsahuje
35 grafen, který vytváří elektricky vodivou dráhu, která při ohybu senzoru mění elektrický odpor.

40

Žádné z uvedených řešení známých ze stavu techniky však nevyužívá změnu teploty termistoru ovlivněnou změnou teploty vzduchu vydechaného nositelem tak, jak je tomu u níže předkládaného vynálezu.

Podstata vynálezu

45

Senzorem dechu podle tohoto vynálezu je myšleno zařízení sloužící k monitorování frekvence nádechů a výdechů.

50

Hlavním prvkem senzoru dechu je NTC (Negative Temperature Coefficient) termistor. Termistor je součástka, která mění svůj elektrický odpor na základě své teploty. Označení NTC znamená, že má negativní charakteristiku, tedy že při zvyšující se teplotě jeho elektrický odpor klesá a naopak.

Tento termistor je v roušce podle předkládaného vynálezu mechanicky upevněn před výdechovým ventilem, např. jak je ilustrováno v obrázku 1.

Při výdechu, ohřátý vzduch z plic ofukuje termistor a zahřívá jej. Elektrický odpor termistoru tedy začne při výdechu klesat. Při nádechu, se termistor zpravidla mírně ochladí, protože okolní teplota bývá obvykle nižší než teplota vydechaného vzduchu. Pro samotnou konstrukci senzoru dechu byl vybrán termistor, který je rozměrově velmi malý. Díky takto malé konstrukci má
 5 termistor velice malou tepelnou kapacitu, a tak mění svou teplotu téměř okamžitě vzhledem k podnětu na změnu teploty. Na jeho vývody jsou připájeny vodiče s velmi malým průřezem (0,05 mm²) proto, aby byl omezen přenos tepla z termistoru do připojených vodičů. Příklad takového připojení vodiče k termistoru je ilustrativně znázorněn na obrázku 2.

10 Odpor termistoru není možné měřit přímou metodou, v rámci zjištění odporu se snímá napětí na termistoru. Napětí je stejnosměrné a pro účely dalšího zpracování je digitalizováno pomocí A/D převodníku.

NTC termistor je tak potřeba zapojit do obvodu napěťového děliče. K termistoru je tedy sériově
 15 připojen rezistor. Součet odporu tohoto rezistoru a odporu NTC termistoru definuje protékající proud. Protékající proud pak definuje úbytek napětí na NTC termistoru podle rovnice (1), kde U₂ je úbytek napětí na termistoru, U₁ je napájecí napětí celého obvodu, R₁ je předřadný rezistor a R₂ je hodnota odporu NTC termistoru.

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

20 (1)

Příklad zapojení napěťového děliče je na obrázku 3.

25 Výstupní napětí z napěťového děliče je připojeno na hardwarový analogový filtr typu dolní propust. Filtr typu dolní propust je realizován pomocí rezistoru a kondenzátoru. Schéma takového filtru je zobrazeno na obrázku 4.

Mezní frekvence, tedy frekvence, od které filtr začíná svou funkcí snižovat amplitudu signálu je
 30 definovaná hodnotami použitých součástek podle rovnice (2), kde f_c je mezní frekvence, R je hodnota odporu rezistoru a C je kapacita kondenzátoru.

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

35 (2)

Graficky je pak přenos filtru tohoto typu znázorněn frekvenční charakteristikou, zobrazenou na
 obrázku 5.

Filtr typu dolní propust signály o frekvenci nižší, než je mezní frekvence propouští bez útlumu a
 40 signály s vyšší frekvencí tlumí. Standartní frekvence změny napětí při snímání dechu je předpokládána 2 Hz, tedy 2 nádechy za 1 sekundu. Mezní frekvence je tedy stanovena s dostatečným odstupem o této předpokládané hodnoty pro odstranění vysokofrekvenčního rušení.

Vysokofrekvenční rušení, které zatěžuje měřený průběh, by znesnadňovalo správné vyhodnocení
 45 průběhu napětí po digitalizaci signálu A/D převodníkem v použitém mikrokontroleru. Na obrázku 6 je ukázka průběhu změřeného na vstupu filtru. Signál je tedy zatížen vysokofrekvenčním rušením a na obrázku 7 je ukázka průběhu napětí měřeného na výstupu filtru, kde je rušení již odfiltrováno.

50 Výstup analogového filtru je připojen k analogově digitálnímu převodníku, který je integrovaný v mikrokontroleru. A/D převodník je použit pro efektivní digitalizaci měřeného průběhu. Digitalizace napěťového signálu z NTC termistoru je nezbytná pro další numerické zpracování a

vyhodnocení dat v použitém mikrokontroleru.

A/D převodník nejprve napětový průběh navzorkuje v časové oblasti. V čase se určí okamžiky, kdy je snímáno napětí na termistoru. Napětový průběh je tedy rozdělen na jednotlivé body –
 5 vzorky v časové oblasti. Jednotlivé vzorky jsou pak v dalším kroku kvantovány na jednotlivé úrovně. Každé z těchto úrovní je přiřazena digitální hodnota, pomocí které je pak interpretován analogový měřený vzorek. Když je tento jeden vzorek digitalizován, probíhá v dalším kroku samotné zpracování napětového průběhu ve formě výpočtu dechové frekvence.

Prvním krokem v samotném zpracování digitalizovaných dat je výpočet diskrétní derivace. Derivace je počítána jako rozdíl nového změřeného vzorku a vzorku získaného v minulém měření. Dalším krokem je vyhodnocení, zda je derivace kladná a průběh napětí ze senzoru dechu tedy stoupá, nebo je derivace záporná a průběh napětí klesá. Pokud je 10 takovýchto po sobě jdoucích derivací záporných, je vyhodnoceno, že průběh napětí spolehlivě klesá a je vynulováno
 15 počítadlo kladných derivací. Pokud je 10 po sobě jdoucích derivací kladných, je vyhodnoceno, že průběh napětí spolehlivě stoupá. V tom případě je uložen časový údaj, kdy k tomuto stavu došlo a od tohoto časového údaje je odečten časový údaj, kdy k tomuto stavu došlo v předchozím případě. Rozdíl těchto dvou časových údajů je použit při počítání dechové frekvence. Podle vzorce (3) se vypočte počet nádechů za jednu minutu.

$$\text{počet nádechů} = \frac{60000}{\text{rozdíl časů}}$$

(3)

Objasnění výkresů

Vynález je blíže ilustrován pomocí výkresů, kde na:

obrázku 1 je znázorněno umístění senzoru v respirátoru,

obrázku 2 příklad připojení vodiče k termistoru,

obrázku 3 příklad zapojení napětového děliče,

obrázku 4 schéma filtru typu dolní propust,

obrázku 5 amplitudová charakteristika filtru typu dolní propust,

obrázku 6 průběh napětí na termistoru zatížení vysokofrekvenčním rušením,

obrázku 7 průběh napětí na výstupu filtru.

Příklad uskutečnění vynálezu

Senzor dechu pro roušku je tvořen NTC termistorem o rozměrech 1,5 x 0,8 x 0,4 mm, kde NTC termistor je zapojen do obvodu napětového děliče a je v roušce mechanicky upevněn před výdechovým ventilem. NTC termistor je pomocí vodičů propojen s hardwarovým analogovým filtrem a hardwarový analogový filtr je dále prostřednictvím A/D převodníku propojen s
 50 mikrokontrolerem.

Osoba používající roušku vydechuje vzduch, který tepelně působí na NTC termistor. Vydechovaný vzduch dále proudí výdechovým ventilem ven z prostoru roušky. Tepelně

ovlivněný NTC termistor mění svůj elektrický odpor a na napěťovém děliči se vytvoří odpovídající úbytek napětí. Prostřednictvím vodičů je hodnota napětí odpovídající tomuto úbytku na termistoru přivedena na analogový hardwarový filtr. Analogový filtr je typu dolní propust s mezní frekvencí 2,57 Hz a sníží amplitudu všech napětí s frekvencí nad touto hranicí.

5 Analogovým filtrem upravené napětí je prostřednictvím A/D převodníku přivedeno do mikrokontroleru.

Mikrokontroler analyzuje hodnoty napětí a na jejich základě vypočte dechovou frekvenci osoby nosící roušku. Údaj o dechové frekvenci je pak možné odeslat k dalšímu zpracování.

10

Průmyslová využitelnost

Senzor podle předloženého vynálezu lze využít k měření frekvence vydechovaného vzduchu zejména u respirátorů a roušek.

15

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Senzor dechu pro roušku, **vyznačující se tím**, že je tvořen NTC termistorem, napěťovým děličem, výdechovým ventilem, hardwarovým analogovým filtrem, mikrokontrolerem a A/D převodníkem, kde NTC termistor je zapojen do obvodu napěťového děliče a je v roušce mechanicky upevněn před výdechovým ventilem, přičemž NTC termistor je pomocí vodičů propojen s hardwarovým analogovým filtrem a hardwarový analogový filtr je dále prostřednictvím A/D převodníku propojen s mikrokontrolerem.

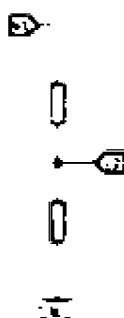
2 výkresy



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

--

Obr. 4

Obr. 5



Obr. 6

' |

||

||

||

Obr.7