



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

239 511

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 28 04 82
(21) PV 3057-82

(51) Int. Cl.³
G 01 K 17/08

(40) Zveřejněno 13 06 85
(45) Vydáno 01 06 87

(75)
Autor vynálezu

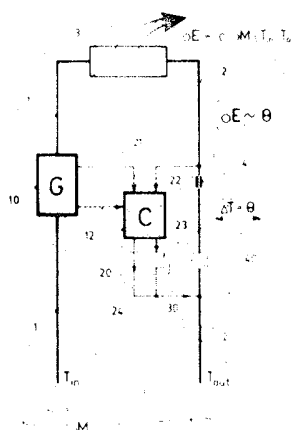
TESAR VÁCLAV ing.CSc., PRAHA

(54)

Způsob měření spotřeby tepla přenášeného tekutinou
a zařízení k provádění tohoto způsobu

Řešení se týká zejména energetických soustav s oběhem teplosnosné tekutiny, elektrárn, ale i chladicích systémů například v dopravních prostředcích nebo výměníků a reaktorů v chemickém průmyslu. Předpokládá se především uplatnění v domovních otopných soustavách. Účelem je jednoduchým a levným způsobem, zejména bez přívodu elektrického proudu, měřit okamžitou velikost předávaného tepelného výkonu. Dosahuje se toto tak, že jako údaj úměrný měřenému tepelnému výkonu se zjišťuje rozdíl mezi teplotou tekutiny ve vývodní větvi a časově střední hodnotou teploty v dutině, do níž se střídavě přivádí tekutina z vývodní větve a průtokové pulsy z přívodní větve, jejichž opakovací frekvence je úměrná průtoku přívodní větvi potrubí teplosnosné tekutiny. Slouží k tomu měřidlo spotřeby tepla s generátorem pulsů zapojeným do přívodní větve, jehož výstup je zaveden do prvního přívodu komutátoru, kdežto druhý přívod komutátoru je spojen s vývodní větví, přičemž do první větve komutátoru je zařazena integrační teploměrná jímka s prvním čidlem diferenčního teploměru. Referenční teploměrná jímka s druhým čidlem diferenčního teploměru je zapojena do opačné větve než generátor pulsů, tedy větve vývodní. Je definována celá řada variant, zejména pokud jde o uspořádání komutátoru, který například může mít jeden dominantní vstup který způsobuje překlopení stavu komutátoru při zavedení průtoku. Analogicky k měření teploty lze zjišťovat hodnoty jiné pasivní skalární veličiny, třeba koncentrace pří-

měsí a měřidlo pak bude sloužit k měření okamžité intenzity transportu této příměsí tekutinou.



Vynález se týká způsobu měření spotřeby tepla přenášeného tekutinou a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Při stále rostoucím významu hospodaření s energií je základní otázkou možnost rychlého a snadného zjištění, jak velké množství tepla je v daném okamžiku předáváno, případně pak vyhodnocení celkového množství předaného tepla za určitý časový úsek, které se snadno zjistí integrací údaje okamžitého tepelného výkonu. Existující měřidla nejsou vyhovující; jsou příliš složitá, drahá a náročná na to, aby přicházelo v úvahu jejich použití u každého individuálního spotřebitele tepla. Ideálním řešením by bylo jednoduché, nenáročné a tedy levné měřidlo bez spotřeby nějaké pomocné energie - tedy např. bez nutnosti přívodu elektrického proudu - které by mohlo být umístěno přímo u jednotlivých otopných těles. Nevyžaduje se žádná zvláštní přesnost, postačí přesnost několika procent z maximálního rozsahu, je však důležitá přímo ukazující funkce.

Problém je řešen způsobem měření spotřeby tepla přenášeného tekutinou ve dvou potrubních větvích, z nichž přívodní větev se tekutina o vyšší teplotě přivádí ke spotřebiči a vývodní větev, se ochlazená tekutina ze spotřebiče odvádí, podle vynálezu. Jeho podstata spočívá v tom, že jako výstupní údaj se vytváří rozdíl mezi teplotou v jedné, například vývodní větvi, a časově střední hodnotou teploty v dutině, do níž se střídavě přivádí tekutina z téže větve a tekutina ze druhé, v daném případě přívodní větve, a to tak, že přiváděné průtokové pulsy ze druhé větve se generují s opakovací frekvencí úměrnou průtoku ve druhé větvi, přičemž jednotlivé pulsy se vzájemně, pokud jde o časové trvání, neliší o více než 20 %.

Podle vynálezu je účelné provádět tento způsob měřidlem spotřeby tepla, jehož podstata je v tom, že generátor pulsů je zapojen do jedné, například přívodní větve potrubí teplotonosné tekutiny, jehož výstup je spojen s prvním přívodem komutátoru, kdežto druhý přívod komutátoru je spojen s druhou, v daném příkladu vývodní větví potrubí teplotonosné tekutiny, přičemž do prvního vývodu komutátoru je zařazena integrační teplotoměrná jímka s prvním čidlem diferenčního teploměru, zatímco referenční teplotoměrná jímka s druhým čidlem diferenčního teploměru je zapojena do opačné, v daném příkladu vývodní větve potrubí teplotonosné tekutiny, než do které je zapojen generátor pulsů.

Zejména může být účelné, aby měřidlo podle vynálezu mělo komutátor s překlápěcím dominantním vstupem, připojeným na první přívod a preferovaný výstup, na který je připojen první vývod.

Také může být účelné, aby měřidlo spotřeby tepla podle vynálezu mělo generátor pulsů tvořený bistabilním rozváděcím zesilovačem se zpětnovazebními kanálky připojenými na řídicí trysky, například se zpětnovazební smyčkou spojující první trysku bistabilního rozváděcího zesilovače s jeho druhou řídicí tryskou, a dále omezovačem délky pulsů, například tvořeným proudovým zesilovačem s negativním ziskem s řídicí tryskou, spojenou přes zpožďovací kanálek spolu s napájecí tryskou na výstup bistabilního rozváděcího zesilovače.

V jiném případě může být podle vynálezu účelné, aby generátor pulsů byl vytvořen monostabilním rozváděcím zesilovačem, k jehož prvnímu kolektoru směřuje svým koncem preferovaná přídržná stěna, na tento první kolektor je, například přes zpožďovací kanálek, připojena druhá řídicí tryska vyústěná u počátku preferované přídržné stěny, zatímco druhý kolektor je spojen s prvním přívodem komutátoru, kdežto z prvního kolektoru pokračuje přívodní větev potrubí teplotonosné tekutiny ke spotřebiči tepla.

Podle vynálezu může být účelné takové uspořádání komutátoru, v němž odtlačovací komutační prvek má dvě trysky, a sice dominantní trysku napojenou na dominantní překlápěcí vstup pod menším

úhlem vyústěnou proti vodící stěně a submisivní trysku spojenou s druhým přívodem, která je skloněna pod větším úhlem. V tomto případě vyústění obou trysek je na počátku vodící stěny, kdežto na jejím konci je kolektor komutačního prvku spojený s preferovaným výstupem, přičemž prostor po straně vodící stěny, do něhož vyústí obě trysky, je spojen s ventilačním vývodem napojeným na druhý vývod.

V jiném uspořádání komutátoru podle vynálezu je použit hybnostní komutační prvek, v němž do kolektoru komutačního prvku směřuje jednak dominantní tryska napojená na dominantní překlápěcí vstup, jednak submisivní tryska spojená s druhým přívodem, kde u ústí submisivní trysky, zejména ve směru kolmém k ose tohoto ústí, je vyústěna další, vychylovací tryska rovněž připojená na dominantní překlápěcí vstup, zatímco kolektor komutačního prvku je napojen na preferovaný výstup a vnitřní prostor hybnostního komutačního prvku je napojen na druhý vývod.

Podle vynálezu může být účelné popřípadě také provést komutátor tak, že je tvořen kolisním komutačním prvkem a junktorem komutátoru, například provedeným jako prostý spoj kanálků, který je připojen na kolektor kolisního prvku a spolu s ním jednak na první přívod, jednak na první vývod, kdežto tryska kolisního prvku je připojena druhým přívodem na vývodní větev potrubí teplotnosné tekutiny.

Podle vynálezu se tedy problém měření tepelného výkonu přenašeného tekutinou převádí na úlohu zjišťování časově střední hodnoty teplotního rozdílu. Vytvoření časově střední hodnoty se dosahuje automaticky využitím tepelné setrvačnosti teploměru, popřípadě teplotoměrné jímky. Rozdíl lze snadno měřit například termočláňkovým teploměrem, nevyžadujícím ke své funkci napájení z vnějšího zdroje. Ostatní součástky měřidla tepelného výkonu podle vynálezu mohou být provedeny tak, že nemají žádné pohyblivé díly. Jedná se o čistě fluidické obvody, které mohou být prakticky provedeny například jako plastické odlitky nebo výlisky. Při použití klasického deprézského ukazujícího přístroje je v celém měřidle okamžité spotřeby tepla jediná pohyblivá součástka - otočný

system s ukazovací ručkou. Jinak zde není nic, co by se mohlo poškodit i při neopatrném zacházení, co by se mohlo zadržit nebo zaseknout, neboť veškeré funkce vykonává tekutina protékající dutinami výlisků. Měřidlo nevyžaduje žádnou údržbu a v podstatě může spolehlivě fungovat neomezeně dlouho, přinejmenším řadu let, bez jakékoliv údržby. Nespotřebovává žádnou pomocnou přiváděnou energii, není závislé na elektrickém rozvodu, využívá se pouze energie protékající tekutiny. Výhodou také je, že použité fluidické prvky pracují s dvupolohovou, bistabilní funkcí. I když tedy je účelné v soustavě s těmito měřidly používat čistou teplotonosnou kapalinu, neboť jedinou možnou příčinou poruchy je možnost zanesení usazenými nečistotami z tekutiny, bistabilní funkce je výhodná tím, že v zásadě není ovlivněna zanášením úsadami, jak je tomu u prvků se spojitou, analogovou funkcí. Úsady ovšem nesmí vést k neúměrným tvarovým změnám nebo úplnému zanesení kanálků. Bistabilně fungující prvky jsou také méně náročné na přesnost výroby.

V zásadě lze způsob měření tepelného výkonu podle tohoto vynálezu realizovat použitím známých a vyzkoušených fluidických prvků. Má tedy vynález v zásadě charakter nového uspořádání známých prvků v prostoru. Jsou připojeny *vykresy* příkladů uspořádání, které proto vystačí s převážně schematickým znázorněním zapojení. Ukazuje se však, že je možné zvláště výhodné jednoduché uspořádání, použijí-li se některé z alternativních provedení speciálních prvků, například dále popisovaných komutačních prvků. Vynález si všímá detailněji těchto možností; i k tomu však vesměs postačí schematické znázornění, jen v jednom případě je pro praktickou představu znázorněn příklad provedení speciálního komutačního prvku v perspektivním pohledu. Na *vykresech* je na obr. 1 znázorněn časový průběh teploty v integrační teplotoměrné jímce, vysvětlující princip způsobu převodu měřeného tepelného výkonu na stanovení teplotního rozdílu. Na obr. 2 je obecné blokové schéma celého měřidla a jeho připojení ke spotřebiči tepla. Obr. 3 pak ukazuje schéma zapojení měřidla spotřeby tepla ze čtyř známých fluidických prvků a termočláňkového teploměru, přičemž jako generátor průtokových pulsů je použito běžného a osvědčeného oscilátoru s bistabilním proudovým zesilovačem. Následující obr. 4

ukazuje pak perspektivní pohled na odtlačovací komutační prvek, použitý v zapojení z obr. 3, aby vynikla praktická jednoduchost a snadnost výroby takových prvků. Na dalším obr. 5 je pak schematicky zachyceno obzvlášť jednoduché uspořádání měřidla podle vynálezu, které vystačí s pouze dvěma fluidickými prvky. Jiné extrémně jednoduché uspořádání komutátoru, spolu s možností praktického provedení termočlánekového čidla, je pak na obr. 6.

Předpokládá se, že teplo je přenášeno tekutinou, již může být kapalina, např. voda, nebo plyn, např. vzduch, v potrubí, jehož jednou větví, přívodní větví 1 podle obr. 2, se přivádí tekutina s vyšší teplotou T_{in} zatímco druhou větví, vývodní větví 2, se odvádí tekutina ochlazená, s nižší teplotou T_{out} . K ochlazení dojde ve spotřebiči tepla 3, v němž se tekutině odebírá tepelný výkon Q_E /W/ rovný

$$Q_E = c \cdot \dot{m} \cdot (T_{in} - T_{out})$$

kde c /J/kg K/ je specifická tepelná kapacita /dříve označovaná jako tzv. měrné teplo, například pro vodu je $c = 4,1868$ J/kg K/ a $\dot{m}$ /kg/s/ je průtočná hmotnost protékající tekutiny.

Základními částmi měřidla podle vynálezu jsou podle obr. 2 generátor 10 pulsů a komutátor 20. V generátoru 10 pulsů jsou vyvolány při průtoku teplotonosné tekutiny oscilace, při kterých z výstupu generátoru 10 pulsů vystupují průtokové pulsy o v zásadě konstantní délce trvání a s opakovací frekvencí přímo úměrnou velikosti průtoku, tedy průtočné hmotnosti $\dot{m}$. Jako komutátory se označují fluidické členy, tedy prvky nebo obvody sestavené z většího počtu prvků, se dvěma přívody a dvěma vývody, v němž je vždy po určitou dobu spojen první přívod s prvním vývodem a druhý přívod se druhým vývodem, ale po přivedení řídicího signálu dojde k překlopení, po němž je první přívod spojen s druhým vývodem a naopak druhý přívod s prvním vývodem. Buď po přivedení dalšího signálu, nebo po zániku předtím přiváděného překlápějícího signálu dojde k návratu do původního stavu. V měřidlu podle vynálezu je komutátor svým prvním přívodem 21 připojen na výstup generátoru 10 pulsů, kdežto druhým přívodem 22 na opačnou větev potrubí teplotonosné kapaliny, než je větev, v níž je zapojen gene-

rátor 10 pulsů. Na obr. 2 je naznačeno uspořádání, kterému asi bude ve většině praktických provedení dávana přednost, kdy totiž je generátor 10 pulsů zapojen do přívodní větve 1 a druhý přívod 22 komutátoru 20 je pak tedy připojen na vývodní větev 2, z níž tak odebírá část již ochlazené tekutiny. Naproti tomu prvním přívodem 21 se ovšem přivádí tekutina s původní vyšší teplotou T_{in} . Do prvního vývodu 23 komutátoru 20 je zapojena integrační teplotoměrná jímka 30. Za ní se oba vývody komutátoru 20 spolu spojují a tekutina může být odvedena, jako na obr. 2, do vývodní větve 2. Aby v takovém případě byla ochlazená tekutina vůbec ochotna protékat komutátorem 20, je ve vývodní větvi 2 vložen malý odpor 4, například clonka; spád na něm vyvodí potřebný tlakový rozdíl mezi druhým přívodem 22 a napojením obou vývodů 23, 24 zase do vývodní větve 2. V případě, že teplotonosnou tekutinou bude vzduch, může být v některých případech účelné nevracet jej do vývodní větve 2, ale vypouštět jej rovnou do atmosféry. Protože jde jen o nepatrné množství, může být eventuálně vypouštění do atmosféry účelné i půjde-li například o páru a podobně. Potom ovšem není odpor 4 nutný, potřebný tlakový rozdíl je dán spádem mezi vývodní větví 2 a atmosférou. Protože množství tekutiny odebírané do prvního přívodu 21 z přívodní větve 1 je velice malé, zanedbáváme odpovídající únik tepla mimo spotřebič tepla 3 ve výše zmíněném výrazu pro tepelný výkon spotřebiče.

Komutátor 20 je řízen v závislosti na oscilacích generovaných v generátoru pulsů 10. Vždy když z výstupu generátoru 10 pulsů vystupuje do prvního přívodu 21 průtokový puls, překloupí se komutátor 20 tak, aby tento puls, jímž je přiváděna tekutina s teplotou T_{in} , procházel do prvního vývodu 23, a tím tedy do integrační teplotoměrné jímky 30. Po dobu mezipulsových mezer je komutátor překloupen do druhého stavu, v němž do integrační teplotoměrné jímky 30 protéká tekutina z vývodní větve 2, tedy o teplotě T_{out} . Vypadá tedy časový průběh teploty na vstupu do integrační teplotoměrné jímky 30 tak, jak je idealizovaně znázorněno na obr. 1. O idealizaci se mluví proto, že jsou naznačeny jednoduché ostrohranné pravouhlé pulsy a jsou pominuty přechodové jevy. Z obr. 1 vidíme, že teplota T_{in} dosahuje vždy hodnoty po dobu trvání pulsu a hodnoty teploty T_{out} po dobu mezery. Jak bylo uvedeno, před-

pokládá se, že doby trvání pulsu budou v zásadě konstantní. Doba trvání mezery se bude zvětšovat s klesajícím průtokem, jak s tímto průtokem oM bude klesat frekvence oscilací. Na obr. 1 je znázorněna střední hodnota teploty v integrační teplotoměrné jímce 30 jako hodnota T_j ; diferenčním teploměrem 34, například podle obr. 3, je pak měřena časově střední hodnota rozdílu mezi oběma jímkami, integrační teplotoměrnou jímkou 30 a referenční teplotoměrnou jímkou 40, která je umístěna ve vývodní větvi 2, je v ní tedy stále teplota T_{out} . Tato časově střední hodnota θ rozdílu je na obr. 1 a obr. 2 označena θ . Z názoru je zřejmé, že tato střední hodnota θ bude tím větší, čím větší bude rozdíl $T_{in} - T_{out}$, tzn. čím vyšší bude výška pulsů znázorněných na obr. 1, a na druhé straně tím větší, čím větší bude průtok a tedy opakovací frekvence pulsů, neboť tím se zkrátí vzdálenost mezi nimi. Při předpokládaném obdélníkovém časovém průběhu podle obr. 1 to lze odvodit takto: Předpokládejme, že platí

$$f = k \cdot oM,$$

kde f /Hz/ je opakovací frekvence pulsů generovaných generátorem 10 pulsů, oM /kg/s/ je průtok spotřebičem tepla 2 a k /1/kg/ je převodní konstanta generátoru 10 pulsů. Pulsy mají konstantní délku Δt /s/ a opakují se tak, že perioda, doba mezi po sobě následujícími náběžnými hranami, je $1/f = 1/k \cdot oM$. Plocha pulsu /plocha pod čarou časové změny teploty v integrační teplotoměrné jímce 30 po dobu trvání pulsu/ je tedy $\Delta t / T_{in} - T_{out} / K \cdot s$ a ta musí být rovna vyšrafované ploše po dobu periody:

$$\theta \cdot \frac{1}{k \cdot oM} = \Delta t / T_{in} - T_{out} /$$

Je-li k a Δt konstantní, je měřený rozdíl úměrný součinu

$$\theta \sim oM / T_{in} - T_{out} /$$

Předpokládáme-li však, že specifická tepelná kapacita c tekutiny se prakticky nemění, je tato hodnota úměrná okamžité velikosti předávaného tepelného výkonu

$$oE \sim \theta$$

Odchylky od idealizovaných obdélníkových průběhů pulsů tuto závislost v zásadě neovlivní, jednak proto, že přechodové procesy, jimiž jsou způsobeny, jsou zhruba symetrické při nárůstu teploty a při poklesu, takže se navzájem téměř eliminují, jednak proto,

že jde o změny druhého řádu, které lze zahrnout do kalibrace, například nerovnoměrně rozdělené stupnice, diferenčního teploměru 34. Již mísením přiváděných pulsů s tekutinou v integrační teplo-
toměrné jímce 30 se dosahuje toho, že nelze ani měřit časový prů-
běh podle obr. 1, ale průběh spíše se blíží hodnotě $\bar{T}_j$. Další
vyrovnání průběhu směrem ke střední hodnotě bude pak důsledkem
tepelné setrvačnosti diferenčního teploměru 34.

Všimněme si však ještě nejprve zvláštnosti uspořádání gene-
rátoru oscilací pro nyní potřebný účel. Dosavadní běžně známé ge-
nerátory oscilací s frekvencí závislou přímo úměrně na procháze-
jícím průtoku jsou běžně prováděny jako symetrické, s pulsy trva-
jícími vždy polovinu periody. V základním uspořádání měřidla
spotřeby tepla, tak jak jeho funkce byla výše popsána s pomocí
obr. 1, se však vyžaduje generátor 10 pulsů o stále stejné době
trvání Δt nezávislé na frekvenci a tedy na délce periody. Lze
to zařídit dvěma způsoby. Buď se použije běžný a vyzkoušený ge-
nerátor oscilací, na jehož výstupu je pak omezovač délky pulsů,
nebo lze vyvinout speciálně pro tento účel na základě známých prin-
cipů nový druh oscilátoru, generující již pulsy požadovaného cha-
rakteru.

Na obr. 3 je schematicky naznačena první možnost. Celkové
uspořádání obrázku v zásadě odpovídá výše již popsanému obr. 2.
I zde je vlevo stoupající přívodní větev 2, samozřejmě že verti-
kální směr průtoku vzhůru není nijak rozhodující pro snímač spotře-
by tepla a jde pouze o možný příklad. Jí se přivádí tekutina
s vyšší teplotou T_{in} do spotřebiče tepla 3 v horní části *výkresu*.
Na pravé straně je pak opět vývodní větev 2 odvádějící ochlazenou
tekutinu. V tomto případě je generátor 10 pulsů sestaven ze tří
fluidických prvků: v první řadě je to bistabilní rozváděcí zesilo-
vač 101 se zapojenou zpětnou vazbou, dále pak junktor generátoru
110 a k omezování délky výstupních pulsů slouží proudový zesilo-
vač 120 s negativním ziskem. V něm je zavedena negativní zpětná
vazba přes zpožďovací kanálek 125. Ve všech prvcích jsou trysky
k vytváření vytékajících tekutinových proudů schematicky naznače-
ny jako černé, vyplněné trojúhelníčky. Symbolizují charakteristic-

kou průřezovou změnu, konfusor: ve směru proudění se v trysce průřez zmenšuje, a tím se tlaková energie tekutiny přeměňuje na energii kinetickou. Naopak se při zvětšování průřezu přeměňuje kinetická energie zase v tlakovou. Dochází k tomu v kolektorech, v součástkách prvků vyznačujících se zhruba opačnou funkcí než trysky. V kolektoru je zachycen proud a jeho tlak se zase zvýší. Kolektory jsou na schématu označeny jako bílé, nevyplněné trojúhelníčky. Bistabilní rozváděcí zesilovač 101 má tři trysky: na přívodní větev 1 potrubí teplonosné tekutiny je v něm připojena vstupní napájecí tryska 11. Kolmo k jejímu ústí jsou ze dvou protilehlých směrů vyústěny další dvě trysky: první řídicí tryska 13 a druhá řídicí tryska 14. Po stranách dráhy proudu vytékajícího ze vstupní napájecí trysky 11 jsou přídržné stěny: první přídržná stěna 15 vlevo a druhá přídržná stěna 16 vpravo na výkresu. Známým Coandovým jevem přilne vytékající proud k jedné nebo druhé z nich. Může být překlopen do protilehlé polohy účinkem výtoku z řídicí trysky. V zapojení na obr. 3 jsou obě řídicí trysky navzájem propojeny zpětnovazební smyčkou 17. V ní dochází k průtoku účinkem tlakového rozdílu mezi řídicími tryskami. Je-li například proud, vytékající ze vstupní napájecí trysky 11 přilnut k první přídržné stěně 15, je ve druhé řídicí trysce 14 menší tlak než v první řídicí trysce 13. Začne tedy tekutina proudit zpětnovazební smyčkou 17 od první řídicí trysky 13 do druhé řídicí trysky 14, ze které pak vytéká a vychýlí proud ze vstupní napájecí trysky 11 tak, že tento přilne ke druhé přídržné stěně 16. Potom se ovšem tlakový spád na zpětnovazební smyčce 17 obrátí, dojde v ní k proudění v opačném směru, a to pak má za následek překlopení zase do výchozího stavu. Tak dochází k trvalým oscilacím, jejichž frekvence je úměrná průtoku procházejícímu vstupní napájecí tryskou 11. Při přilnutí k první přídržné stěně 15 dopadá proud do prvního kolektoru 19. Po překlopení ke druhé přídržné stěně 16 zase proud dopadá do druhého kolektoru 18. Vždy když tekutina prochází druhým kolektorem 18, nastává ve spojovacím kanálku 118 přetlak; tekutina musí překonávat energetický spád na druhé junktorové trysce 112. Jakmile je proud ze vstupní napájecí trysky 11 naopak překlopen tak, že prochází do prvního kolektoru 19, nastává ve spojovacím kanálku 118 fáze s nižším tlakem, neboť ejekčním účinkem výtoku z první junktorové trysky 111 je

ze spojovacího kanálku 118 tekutina odsávána. V ústí první junktorové trysky 111 je podtlak, neboť se v ní kinetická energie tekutiny zvětšila na úkor energie tlakové. Teprve v následujícím junktorovém kolektoru 113 se zase kinetická energie přemění nazpět na tlakovou. Střídající se přetlakový a podtlakový účinek ve spojovacím kanálku 118 způsobuje, že z napájecí trysky 121 proudového zesilovače 120 s negativním ziskem střídavě vytéká proud. Výtok trvá vždy po polovinu oscilační periody, neboť soustava bistabilního rozváděcího zesilovače 101 s junktorem generátoru 110 je, jak je obvyklé, zcela symetrická. Při překlopení, tedy po podtlakové fázi ve spojovacím kanálku 118, začne tekutina proudit také do řídicí trysky 122 proudového zesilovače 120 s negativním ziskem. Uplatní se však inertance tekutiny ve zpožďovacím kanálku 125. V poměrně úzkém dlouhém úseku se musí tekutina nejprve urychlit a překonávání její setrvačnosti způsobí, že z ústí řídicí trysky 122 vytéká tekutina o něco později než z napájecí trysky 121. Do výstupního kolektoru 123 po každém takovém překlopení tedy dopadá tekutina vždy jen po dobu rovnou zpoždění ve zpožďovacím kanálku 125. Jakmile dojde již k výtoku z obou trysek proudového zesilovače 120 s negativním ziskem, skládají se hybnostní účinky obou proudů a výsledný proud je vychýlen mimo výstupní kolektor 123. Přetlaková fáze ve spojovacím kanálku 118 tedy může trvat sebedéle a frekvence oscilací může být tedy jakkoliv nízká, průtok v prvním přívodu 21 bude trvat vždy jen po dobu danou zpožděním ve zpožďovacím kanálku 125 a dostávají se zde tedy průtokové pulsy konstantní délky.

Protože zpožďovací efekt je v tomto případě určen inertancí zpožďovacího kanálku 125, není zcela nezávislý na teplotě, neboť inertance se poněkud zvětšuje s teplotou. To znamená, že zpoždění při vyšší teplotě bude delší a tedy i výstupní průtokový puls bude trvat déle. To však nevede k potížím. Znamená to, že naměřená hodnota Θ bude vyšší, než udával výše zmíněný rozbor založený na předpokladu konstantní délky pulsů. To však jen znamená to, že měřidlo bude pracovat citlivěji. V zásadě však závislost inertance na teplotě není velká, projevuje se jako závislost na teplotě v kelvinech, to znamená k teplotě ve stupních Celsia se přičítá velký aditivní faktor, kterým je závislost zeslabena.

U jiného příkladu uspořádání, který je znázorněn na obr. 5, je již uspořádání vlastního oscilátoru asymetrické. Generátor 10 pulsů tak vyjde mnohem jednodušší, sestává pouze z jediného fluidického prvku: monostabilního rozváděcího zesilovače 102. I zde je vstupní napájecí tryska 11, napojená na přívodní větev 1 potrubí teplonosné tekutiny. Proud z ní vytékající prochází však tentokrát prostorem mezi preferovanou přídržnou stěnou 162 a podružnou přídržnou stěnou 161, která je naznačena pouze čárkovně, neboť může alternativně vůbec odpadnout. Preferovaná přídržná stěna 162 je umístěna například blíže nebo pod menším úhlem vzhledem ke směru výtoku z napájecí trysky 11 a to znamená, že proud bude mít tendenci přilnout pouze k ní. Tekutina tak proudí do prvního kolektoru 19, odkud pokračuje do spotřebiče tepla 3. Je zde však zavedena negativní zpětná vazba z prvního kolektoru 19 zpožďovacím kanálkem 125 do druhé řídicí trysky 14. Výtokem z této trysky se dosáhne překlopení průtoku tekutiny do druhého kolektoru 18, odkud proudí do prvního přívodu 21 komutátoru 20, tvořeného na obr. 5 hybnostním komutačním prvkem 210. Toto proudění do komutátoru 20 trvá ovšem pouze tak dlouho, pokud setrvačným účinkem ve zpožďovacím kanálku 125 vytéká ze druhé trysky 14 vychylující proud, i když do prvního kolektoru 19 již nepřichází žádná tekutina ze vstupní napájecí trysky 11. Jakmile tento setrvačný účinek pomine, navrátí se proud vytékající ze vstupní napájecí trysky 11 zase k preferované přídržné stěně 162 a celý cyklus se opakuje. Vzniklé opakující se oscilace jsou tentokrát asymetrické, do prvního přívodu 21 přicházejí pulsy v zásadě konstantní délky Δt , závislé pouze na inertanci zpožďovacího kanálku 125 a nikoliv na opakovací frekvenci překlápění, která je opět úměrná procházejícímu průtoku.

Jak v tomto případě, tak i v případě generátoru 10 pulsů podle obr. 3 lze zpožďovací účinek inertance ve zpožďovacím kanálku 125 nahradit zpožděním při plnění akumulární dutiny přes odpor. Namísto poměrně dlouhého a vzhledem k délce úzkého zpožďovacího kanálku 125 by v takovém případě bylo kratší zpětnovazební vedení s lokálním zúžením, představujícím fluidický odpor v přítoku tekutiny a dutinou. V případě, že teplonosnou tekutinou bude plyn, například vzduch, postačuje jednoduchá prázdná dutina, v níž se vzduch při vzrůstu tlaku hromadí vlivem své stlačitelnosti. Půjde-

li o kapalinu, bude nutné zajistit akumulační schopnost v takovém případě buď uspořádáním poddajné stěny dutiny, tvořené například vlnovcem či podepřené pružinou, nebo uspořádáním s volnou hladinou, nad níž je v dutině uzavřen plynový polštář. Je také namístě poznamenat, že namísto zpětné vazby uzavřené podle obr. 3 zpětnovazební smyčkou 17 propojující obě řídicí trysky 13, 14 je také možné u bistabilního rozváděcího zesilovače 101 zavést klasickou negativní zpětnou vazbu z výstupu na vstup, tedy propojením prvního kolektoru 19 se druhou řídicí tryskou 14 tak jako na obr. 5, ale v tomto případě ještě také propojením druhého kolektoru 18 s první řídicí tryskou 13.

Na obr. 3 je schematicky naznačeno uspořádání měřidla spotřeby tepla s jednodušším komutátorem 20 než jsou klasické komutátory se samostatným vstupem překlápěcího signálu 12. Jde o uspořádání s překlápěcím dominantním vstupem zapojeným na první přívod 21. Do preferovaného výstupu, na který je připojen první vývod 23 s integrační teplotoměrnou jímkou 30, se přivádí vždy tekutina z dominantního vstupu, jakmile do tohoto komutátoru 20 přitéká. Naproti tomu druhý přívod 22 je veden do vstupu, který takovou dominanci nemá; i když je do něj tekutina přiváděna, vždy dominantnímu vstupu ustoupí. Je toho dosaženo využitím odtlačovacího efektu. Odtlačovací komutační prvek 200 má dvě vstupní trysky: dominantní tryska 201 je skloněna vůči vodící stěně 204 pod menším úhlem než submisivní tryska 202. Dominantní tryska 201 může být dokonce orientována tak, že směr výtoku z ní je rovnoběžný s vodící stěnou 204, tzn. výše zmíněný menší úhel může být i nulový. Vodící stěna 204 vede tekutinu do kolektoru komutačního prvku 203. Zatímco na obr. 3 je schematické znázornění, na následujícím obr. je perspektivní pohled na takto provedený komutátor 20. Může jít například o odlitek z licí pryskyřice, který nevyžaduje žádné výrobní operace spojené s obráběním. Vlastní funkční dutiny jsou vytvořeny v tělísku 220, jsou uzavřeny překrytím jednoduchou plochou krycí destičkou 221, na obr. 4 značenou čárkování. Výhodný může být například odlitek do formy ze silikonového kaučuku, z níž se dá odlitek vyjmout bez poškození formy, jež tak může být opakovaně používána. Formu pak je účelné též zhotovit odlitím, a sice podle kovového vzorku prvku, s výhodou například

provedeného s posuvnými stěnami experimentálně nastavenými v laboratoři za současného proměřování vlastností tak, až se dosáhne optimálních vlastností. Přívody i vývody do komutátoru podle obr. 4 jsou provedeny jako kolmé otvory kruhového průřezu, rozmístěné tak, aby souhlasily s polohou navazujících komunikačních otvorů v ostatních podobných odlitcích dalších prvků měřidla spotřeby. Celek takto vzájemně propojených prvků se pak například stáhne šrouby nebo sevře do vnějšího ochranného pouzdra obsahujícího diferenční teploměr 34 a montovaného pak například prostřednictvím šroubení přímo na těleso ústředního vytápění.

Ze submisivní trysky 202 stále vytéká proud tekutiny přiváděný druhým přívodem 22 z vývodní větve 2 podle obr. 3. Tento proud naráží na vodicí stěnu 204, ohýbá se do jejího směru a přichází do kolektoru komutačního prvku 203. Na obr. 4 je naznačeno, jak se v kolektoru ve směru proudění zvětšuje průřez velmi pozvolna, na rozdíl od trysek, aby v něm totiž nemohlo docházet k odtržení proudění od stěn. I když v součástích generátoru 10 pulsů dochází k hydraulickým ztrátám, předpokládá se, že tyto ztráty nejsou příliš velké a tekutina o vyšší teplotě, přiváděná do dominantní trysky 201, má vyšší specifickou hodnotu energetického obsahu, tedy uplatní se vliv energetických ztrát ve spotřebiči tepla 3. Výtok z dominantní trysky 201 tedy odtlačí chladnou tekutinu ze submisivní trysky 202 od vodicí stěny 204 a dostává se do prvního vývodu 23 sám. Chladná tekutina ze submisivní trysky 202 pak odchází ventilačním kanálkem 205 podle obr. 4 do druhého vývodu 24. Na obr. 3 naznačeného pouze čárkovaně, neboť, jak bylo uvedeno, návrat do vývodní větve 2 například v případě vzduchu jako teplotonosné tekutiny není nutný, vzduch může být ventilačním kanálkem 205 vyváděn pouze do atmosféry.

Také na obr. 5 je příklad provedení s pouze jednoprvkovým komutátorem 20, zde tvořeným kolisním komutačním prvkem 230. Zde není vodicí stěna 204, namísto odtlačovacího efektu se využívá hybnostní interakce proudů tekutiny vytékajících z trysek. Dominantní tryska 201 je zde opět připojena na dominantní vstup prvku, překlápějící stav při přívodu průtokového pulsu do prvního přívodu 21. Submisivní tryska 202 je připojena na druhý přívod 22 trvale

protékány tekutinou z vývodní větve 2. Jak dominantní tryska 201, tak submisivní tryska 202 směřují do kolektoru komutačního prvku 203 spojeného s preferovaným výstupem, na který je připojen první vývod 23 s integrační teplotoměrnou jímkou 30. Tekutina, která není zachycena kolektorem komutačního prvku 203 odtéká druhým vývodem 24. Navíc je zde vychylovací tryska 212 směřující kolmo k ústí submisivní trysky 202. V průběhu mezipulsové mezery podle obr. 1 přichází do hybnostního komutačního prvku 210 pouze trvalý výtok chladnější tekutiny submisivní tryskou 202, nerušeně dopadající do kolektoru komutačního prvku 203. Jakmile je prvním přívodem 21 přiváděn průtokový puls teplejší tekutiny, sečítají se vektorově hybnosti výtoků ze submisivní trysky 202 a z vychylovací trysky 212. Výsledný proud vytvořený tímto sečtením již nemá původní směr do kolektoru komutačního prvku 203 a dopadá mimo něj. Zato tam nerušeně dopadá proud vytvořený výtokem z dominantní trysky 201.

Konečně na posledním obrázku obr. 6 je znázorněno schematicky zvláště jednoduché uspořádání komutátoru 20, opět nesymetrické - tedy s jedním dominantním vstupem, jímž přitékající tekutina způsobí překlopení stavu tak, že postupuje do prvního vývodu 23. Komutátor 20 je zde tvořen jednak kolisním komutačním prvkem 230, jednak junktorem komutátoru 235, který může být uspořádán podobně jako junktor generátoru 110 z obr. 3, ale na obr. 6 je extrémně jednoduše proveden jako prostý spoj kanálků. Z tohoto spoje vystupuje přímo první vývod 23 do integrační teplotoměrné jímky 30. V kolisním komutačním prvkem 230 je pouze jedna tryska, tryska komutačního prvku 231, orientovaná proti kolektoru kolisního komutačního prvku 232, jehož zvláštností je, že v některých stavech jím proudí tekutina nazpátek jako z trysky. Především je však konstruován jako kolektor, tzn. s pozvolnou změnou průřezu tak jako u kolektoru komutačního prvku 203 na obr. 4. Po dobu mezipulsové mezery protéká ochlazená tekutina ve vývodní větvi 2 referenční teplotoměrnou jímkou 40, na obr. 6 nakreslenou tak, aby mohly být níže diskutovány detaily uspořádání druhého čidla diferenčního teploměru 34, a vzhledem ke spádu na odporu 4 její část překonává dissipanci trysky komutačního prvku 231 a výtokem z ní vytváří tekutinový proud, dopadající do kolektoru kolisního komutačního prvku 231. Je třeba si připomenout, že po dobu mezipulsové

mezery je v prvním přívodu podtlak, způsobený ejekčním účinkem například podle obr. 3 ejekčním účinkem první junktorové trysky 111, avšak i v případě z obr. 5 je v dutině monostabilního rozváděcího zesilovače 102 nízký tlak, neboť tlaková energie se v napájecí vstupní trysce 11 přeměnila v kinetickou a zpětná přeměna proběhne až v kolektorech 18, 19. Znamená to, že ochlazená tekutina po dobu trvání mezery vyplní první přívod 21 i první vývod 23. Vzhledem ke spádu tlaku na odporu 4 překoná i ztráty integrační teplotoměrné jímky 30, již prochází a kde je měřena její nižší teplota. Jakmile prvním přívodem 21 přijde průtokový puls tekutiny s vyšší teplotou a vyšším tlakem z přívodní větve 1, bude do prvního vývodu 23 a tedy i do integrační teplotoměrné jímky 30 proudit tato tekutina. Ta také vytéká z kolektoru kolisního komutačního prvku 232 a vytváří proud, který se sráží s proudem vytékajícím z trysky komutačního prvku 231 a zabráňuje mu v další cestě. Oba proudy se rozcházejí do stran a odtékají druhým vývodem 24 mimo teplotoměrné jímky.

Na obr. 6 je také schematicky naznačena představa uspořádání čidla diferenčního teploměru 34, provedeného jako teploměr termočlánekový. Obě teplotoměrné jímky 30, 40 jsou uspořádány v prostoru tak, že je odděluje jen úzká mezera. Ve stěnách přivrácených k této mezeře jsou vsazena avšak elektricky vzájemně odisolovaná malá měděná pouzdra 301, propojená dodatečně elektrickým vodičem tak, že pouzdra 301 integrační teplotoměrné jímky 30 jsou spojena s vlevo pod ním se nacházejícím pouzdrům 301 referenční teplotoměrné jímky. Pouzdry prochází elektricky odisolovaný, například na obrázku nekreslenou na něj navlečenou izolací, konstantanový vodič 302. Na vrcholcích pouzder jsou pak vytvořeny svary 303, v nichž vzniká termoelektrické napětí. Vytvoří se tak velký počet termočlánekových spojů, jejichž výstupní napětí se spolu sečítají. Při vhodné technologii výroby pouzder není problémem, aby jich ve stěně každé teplotoměrné jímky 30, 40 bylo několik set. Dostává se tak na svorkách 304 výsledné napětí řádu voltů, které pak lze snadno měřit levnějším a mnohem odolnějším přístrojem než termoelektrická napětí řádu milivoltů, jaká se dostanou s jedním spojem v každé jímce.

Pro zřetelnost a snazší výklad funkce byly na *výkresech* vesměs kresleny samostatné fluidické prvky. Vzhledem k tomu, že při výrobě např. odléváním, jak o tom byla diskuse k obr. 4, nezáleží na složitosti zhotovovaných tvarů dutin, bude prakticky účelné v tělísku 220 zhotovit současně více prvků, popřípadě provést integraci jejich funkce. Na obr. 3 je například evidentní, že se u prvního přívodu 21 neúčelně tekutina zpomaluje ve výstupním kolektoru 123, aby se hned poté urychlovala v dominantní trysce 201. Vhodnější je integrovat funkci proudového zesilovače s negativním ziskem 120 přímo s funkcí odtlačovacího komutačního prvku 200, v němž namísto dominantní trysky 201 bude pak na počátku vodicí stěny 204 přímo napájecí tryska 121 s kolmo k ní vyústěnou řídicí tryskou 122 a podobně.

Předpokládá se uplatnění všude tam, kde je teplo přenášeno teplonosnou tekutinou, zejména v domovních otopných soustavách, ale i v elektrárnách, teplárnách, výměnících tepla v chemickém průmyslu, v chladičích, například i chladičích vozidel, a vůbec všude tam, kde je účelné mít informaci o okamžitém předávaném tepelném výkonu, zejména proto, aby se s předávaným teplem mohlo účelně hospodařit.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

239 511

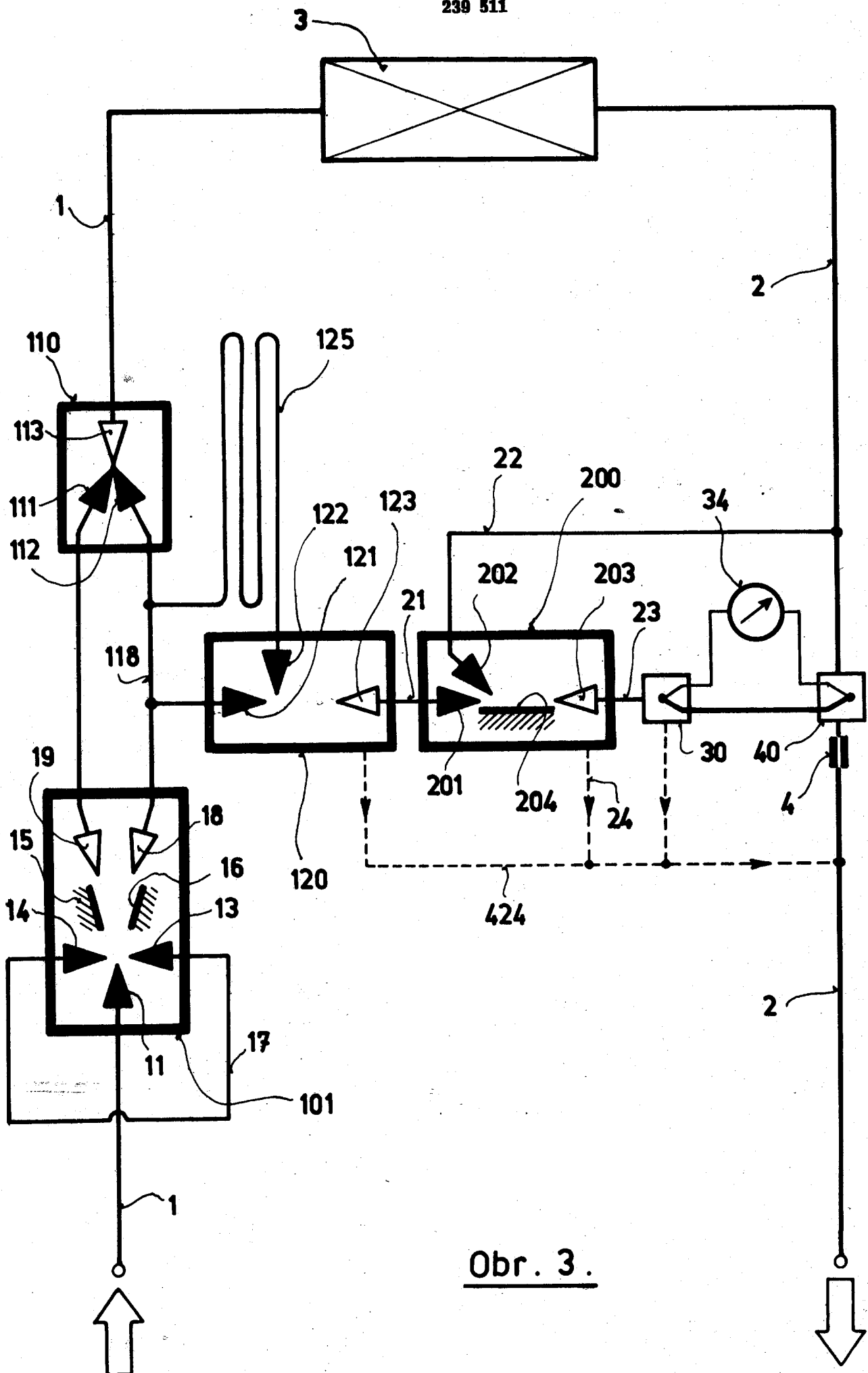
1. Způsob měření spotřeby tepla přenášeného tekutinou ve dvou potrubních větvích, z nichž přívodní větví se tekutina o vyšší teplotě přivádí ke spotřebiči a vývodní větví se ochlazená tekutina ze spotřebiče odvádí, vyznačující se tím, že jako výstupní údaj se vytváří rozdíl mezi teplotou v jedné, například vývodní větví a časově střední hodnotou teploty v dutině, do níž se střídavě přivádí tekutina z téže větve a tekutina ze druhé, v daném případě přívodní větve, a to tak, že přiváděné průtokové pulsy ze druhé větve se generují s opakovací frekvencí úměrnou průtoku ve druhé větví, přičemž jednotlivé pulsy se vzájemně, pokud jde o časové trvání, neliší o více než 20 %.
2. Zařízení k provádění způsobu podle bodu 1, vyznačující se generátorem /10/ pulsů zapojeným do jedné, například přívodní větve /1/ potrubí teplotnosné tekutiny, jehož výstup je spojen s prvním přívodem /21/ komutátoru /20/, kdežto druhý přívod /22/ komutátoru /20/ je spojen s druhou, v daném příkladu vývodní větví /2/ potrubí teplotnosné tekutiny, přičemž do prvního vývodu /23/ komutátoru /20/ je zařazena integrační teplotoměrná jímka /30/ s prvním čidlem diferenčního teploměru /34/, zatímco referenční teplotoměrná jímka /40/ s druhým čidlem diferenčního teploměru /34/ je zapojena do opačné, v daném příkladu vývodní větve /2/ potrubí teplotnosné tekutiny, než do které je zapojen generátor /10/ pulsů.
3. Zařízení podle bodu 2, vyznačující se tím, že komutátor /20/ má překlápějící dominantní vstup, připojený na první přívod /21/, a preferovaný výstup, na který je připojen první vývod /23/.
4. Zařízení podle bodu 2 nebo 3, vyznačující se tím, že generátor /10/ pulsů je tvořen bistabilním rozváděcím zesilovačem /101/ se zpětnovazebními kanálky připojenými na řídicí trysky /13, 14/ a omezovačem délky pulsů, například tvořeným proudovým zesilovačem /120/ s negativním ziskem s řídicí tryskou /122/ spojenou přes zpožďovací kanálek /125/ s napájecí tryskou /121/.

spojenou přes zpožďovací kanálek /125/ spolu s napájecí tryskou /121/ na výstup bistabilního rozváděcího zesilovače /101/, například na jeho druhý kolektor /18/.

5. Zařízení podle bodu 4, vyznačující se tím, že v generátoru /10/ pulsů první řídicí tryska /13/ bistabilního rozváděcího zesilovače /101/ je propojena zpětnovazební smyčkou /17/ s jeho druhou řídicí tryskou /14/.
6. Zařízení podle bodu 4, vyznačující se tím, že v generátoru /10/ pulsů jeden zpětnovazební kanálek propojuje první kolektor /19/ bistabilního rozváděcího zesilovače /101/ s jeho druhou řídicí tryskou /14/ a další zpětnovazební kanálek propojuje jeho druhý kolektor /18/ s jeho první řídicí tryskou /13/.
7. Zařízení k provádění způsobu podle bodu 2 nebo 3, vyznačující se tím, že generátor /10/ pulsů je tvořen monostabilním rozváděcím zesilovačem /102/, k jehož prvnímu kolektoru /19/ směřuje svým koncem preferovaná přídržná stěna /162/, na tento první kolektor /19/ je, například přes zpožďovací kanálek /125/ připojena druhá řídicí tryska /14/ vyústěná u počátku preferované přídržné stěny /162/, zatímco druhý kolektor /18/ je spojen s prvním přívodem /21/ komutátoru /20/, kdežto z prvního kolektoru /19/ pokračuje přívodní větev /1/ potrubí teplotnosné tekutiny.
8. Zařízení podle bodu 3, vyznačující se tím, že komutátor /20/ je tvořen odtlačovacím komutačním prvkem /200/, v němž jsou pod ostrým úhlem, včetně nulového úhlu, k vodící stěně /204/ vyústěny dvě trysky, a to dominantní tryska /201/ napojená na dominantní překlápějící vstup pod menším úhlem, například úhlem nulovým, a submisivní tryska /202/ spojená s druhým přívodem /22/, která je skloněna pod větším úhlem, kde vyústění obou trysek /201, 202/ je na počátku vodící stěny /204/, kdežto na jejím konci je kolektor komutačního prvku /203/ spojený s preferovaným výstupem, přičemž prostor po straně vodící stěny /204/, do něhož vyúsťují obě trysky /201, 202/ je spojen s ventilačním vývodem /205/ napojeným na druhý vývod /24/.

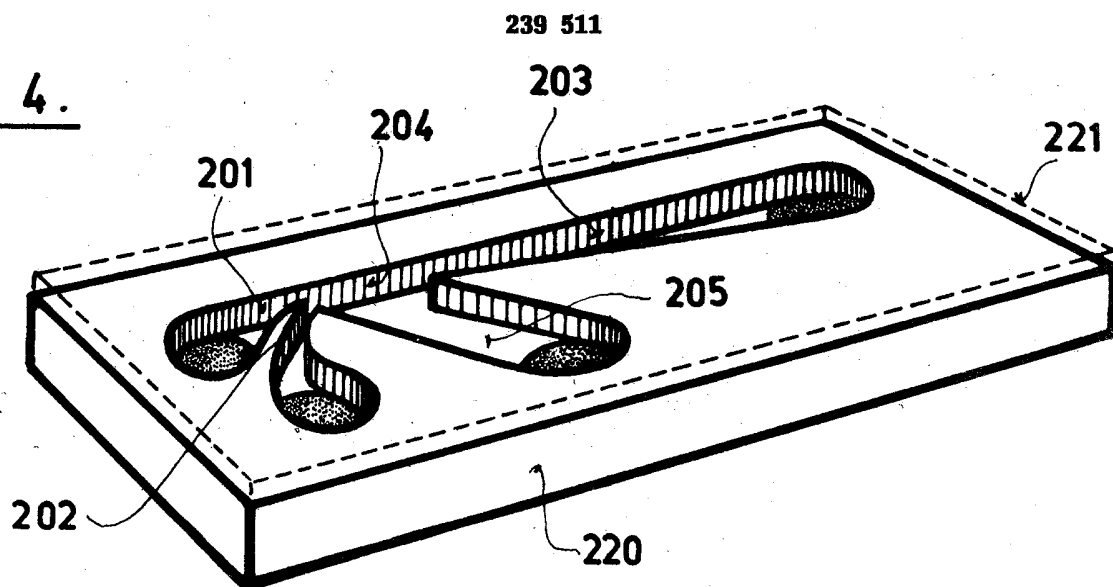
9. Zařízení podle bodu 3, vyznačující se tím, že komutátor /20/ je tvořen hybnostním komutačním prvkem /210/, v němž do kolektoru komutačního prvku /203/ směřuje jednak dominantní tryska /201/ napojená na dominantní překlápějící vstup, jednak submisivní tryska /202/ spojená s druhým přívodem /22/ komutátoru /20, kde u ústí submisivní trysky /202/, zejména ve směru kolmém k ose tohoto ústí, je vyústěna další, vychylovací tryska /212/ rovněž připojená na dominantní překlápějící vstup, zatímco kolektor komutačního prvku /203/ je napojen na preferovaný výstup a vnitřní prostor hybnostního komutačního prvku /210/ je napojen na druhý vývod /24/.
10. Zařízení podle bodu 3, vyznačující se tím, že komutátor /20/ je tvořen kolisním komutačním prvkem /230/ spolu s junktorem komutátoru /235/, například provedeným jako prostý spoj kanálků, který je připojen na kolektor kolisního prvku /232/ a spolu s ním jednak na první přívod /21/, jednak na první vývod /23/ komutátoru /20/, kdežto tryska kolisního prvku /231/ je připojena druhým přívodem /22/ komutátoru /20/ na vývodní větev /2/ potrubí teplotnosné tekutiny.

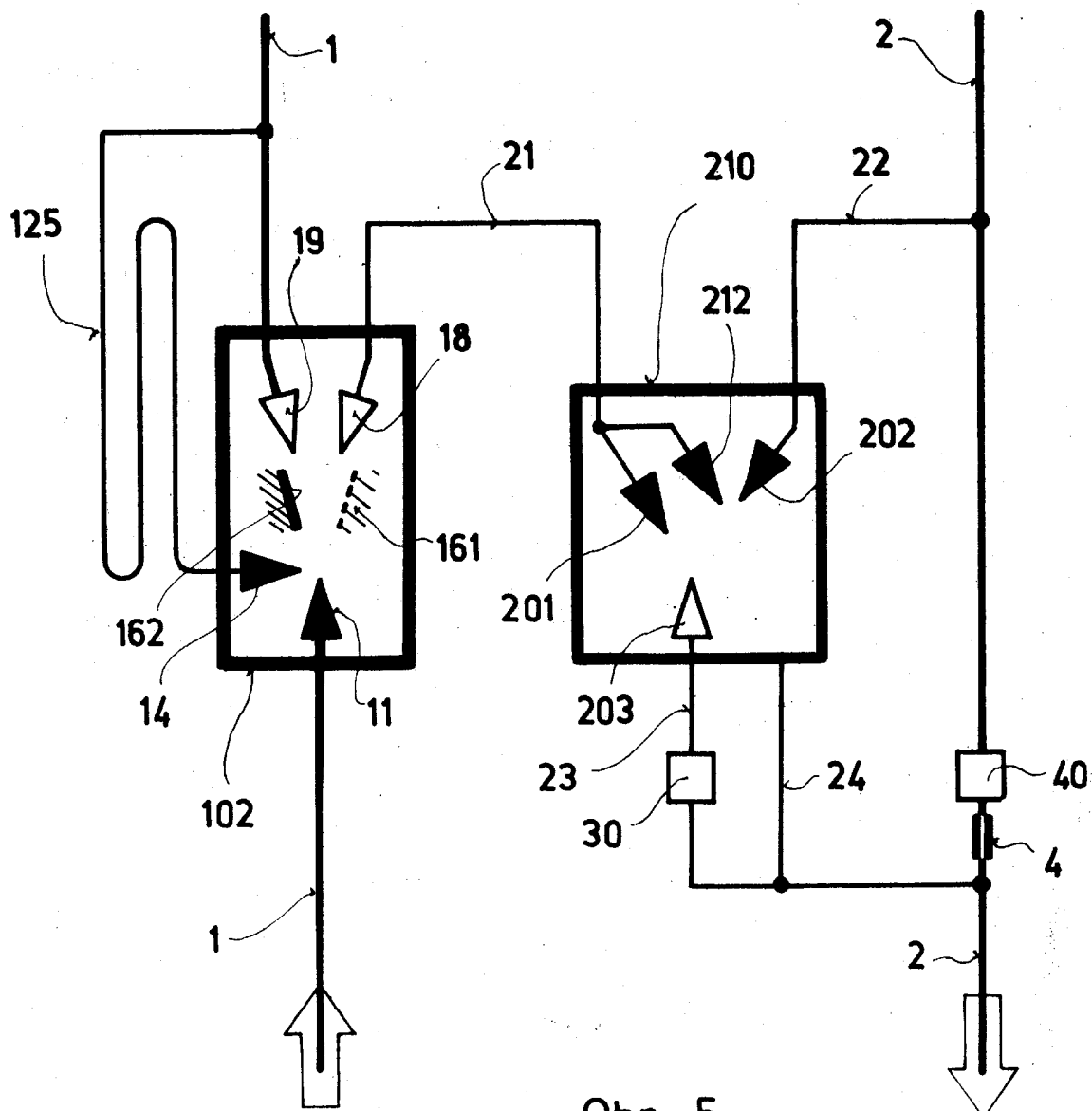
5
★ výkresy



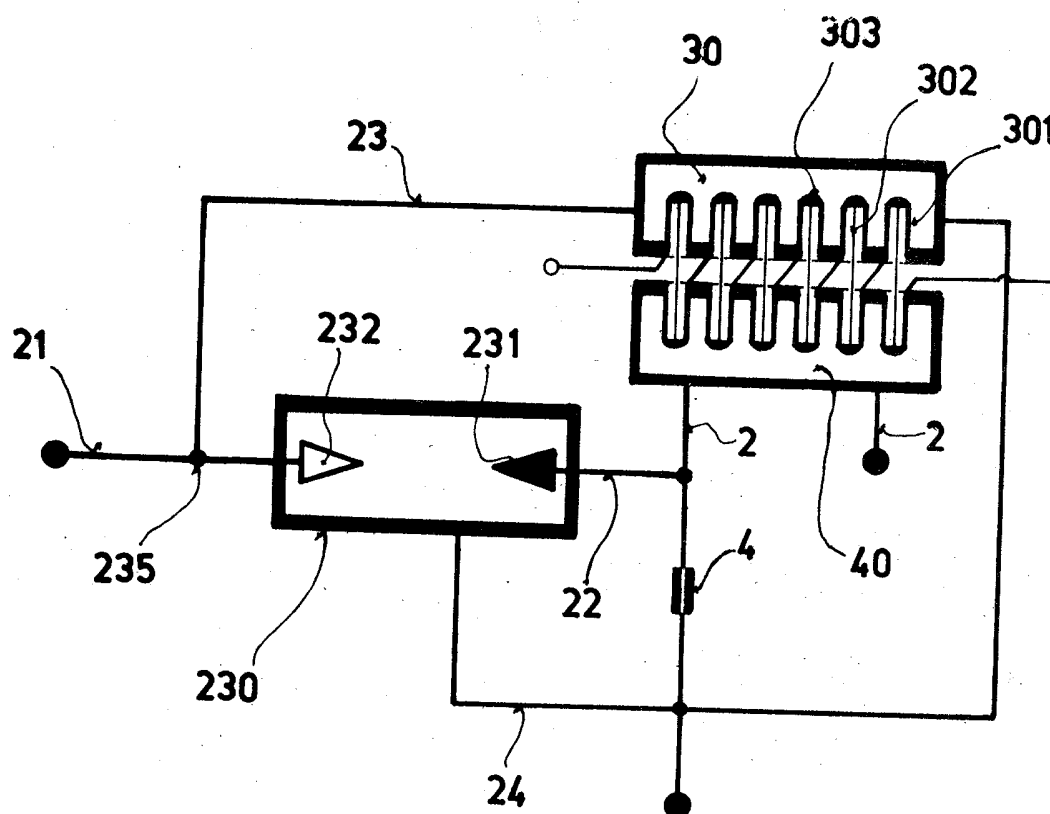
Obr. 3.

Obr. 4.





Obr. 5.

Obr. 6.