PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **21.12.2011**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **03.07.2013**

(Věstník č. 27/2013)

(21) Číslo dokumentu:

2011-863

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

F25B 21/02 (2006.01)

F25D 11/00 (2006.01)

(71) Přihlašovatel:

Univerzita Karlova v Praze, Lékařská fakulta v Plzni, Plzeň, CZ

(72) Původce:

Bolek Lukáš MUDr. Ph.D., Plzeň, CZ
Petránková Zuzana Ing., Veltruby, CZ
Dejmek Jiří Ing., Plzeň, CZ
Beneš Jiří MUDr. Ph.D., Plzeň, CZ
Růžička Jiří MUDr. Ph.D., Plzeň, CZ

(74) Zástupce:

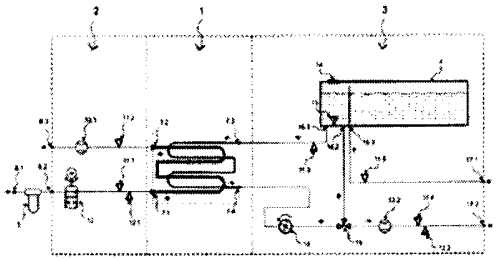
Hák Janeček & Švestka, Patentová a známková kancelář, RNDr. Roman Hák, U Průhonu 5, Praha 7, 17000

(54) Název přihlášky vynálezu:

Cirkulační chladicí přístroj na bázi Peltierových článků

(57) Anotace:

Cirkulační chladicí přístroj na bázi Peltierových článků obsahuje chladicí modul (1), primární okruh (2) pro průtok vstupní chladicí vody, sekundární okruh (3) pro oběh pracovní kapaliny v připojeném externím zařízení, který obsahuje rezervoár (4), dále vstupní a výstupní prostředky (8.2, 8.3) pro připojení ke zdroji a odtoku chladicí vody, vstupní a výstupní prostředky (17.1, 17.2) pro připojení externího zařízení a elektronický řídicí systém. Chladicí modul (1) je tvořen jádrem obsahujícím alespoň jeden kapalinou chlazený polovodičový termoelektrický blok mající studenou a horkou stranu. Vrtání horké strany polovodičového termoelektrického bloku je součástí primárního okruhu (2) a vrtání studené strany polovodičového termoelektrického bloku je součástí sekundárního okruhu (3). Jádro (1) tvoří kompaktní celek opatřený tepelně izolačním pláštěm, připojený na napájecí napětí ze zdroje a opatřený vstupními a výstupními prostředky (7.1, 7.2, 7.3, 7.4) pro připojení do primárního okruhu (2) a sekundárního okruhu (3). Cirkulační chladicí přístroj neobsahuje ventilátor a primární okruh (2), obsahuje proporcionálně řízený ventil (10) pro regulaci průtoku chladicí vody jádrem (1). Sekundární okruh (3) obsahuje čerpadlo (18) pro zajištění a regulaci průtoku pracovní kapaliny a dále obsahuje třícestný proporcionální ventil (19) pro směrování pracovní kapaliny v sekundárním okruhu (3) buďto do připojeného externího zařízení nebo zpět do rezervoáru (4) a současně pro plynulou regulaci průtoku nebo tlaku pracovní kapaliny protékající připojeným externím zařízením. Cirkulační chladicí přístroj poskytuje v sekundárním okruhu (3) průtok až 185 l/hod nebo tlak až 600 kPa a napájecí zdroj je umístěn mimo vlastní konstrukci cirkulačního chladicího přístroje. Cirkulační chladicí přístroj poskytuje chladicí výkon nejméně 600 W, při provozu vytváří hluk nižší než 55 dB a poměr hmotnosti přístroje ke chladicímu výkonu přístroje je nejvýše 0,03 kg/W.



CZ 2011 - 863 A3

22.12.11
PV 2011-863

[redacted]

Cirkulační chladicí přístroj na bázi Peltierových článků

Oblast techniky

Vynález se týká cirkulačního chladicího přístroje k úpravě teploty pracovní kapaliny, zejména pro laboratorní účely. Přístroj je určen pro výzkumné i rutinní laboratoře biomedicínských, chemických, potravinářských či fyzikálních směrů, pro lékařské provozy a případně výrobní provozy ve výše jmenovaných oborech.

Dosavadní stav techniky

V laboratorní, klinické i výrobní praxi jsou známy a používány cirkulační chladicí přístroje, tj. chladiče pro ochlazování cirkulující kapaliny. Takové chladiče jsou komerčně dostupné od řady výrobců (např. Cole-Parmer, Lauda, JULABO, K-O Concepts, Teca, Thermotec, Laird Technologies).

Typickým představitelem zařízení používaných v laboratorní praxi jsou cirkulační chladicí přístroje založené na kompresorovém chlazení společnosti Cole-Parmer (http://www.coleparmer.com/Virtual-Catalog/US/0155), Lauda (http://pdf.directindustry.com/pdf/lauda-dr-r-wobser-gmbh-co-kg/lauda-the-big-one-2011-2012-thermostats-circulation-chillers-water-bath/23650-27797-_70.html), JULABO (http://www.julabo.com/en/p_10.asp?productgroup=07), K-O Concepts, Inc. (http://www.k-oconcepts.com/lcrmaxoverview.html) a dalších. Většina známých přístrojů s udávaným chladícím výkonem 500 W a vyšším je konstruována s využitím kompresorových agregátů, jsou to tedy značně rozměrná a hmotná zařízení, jejichž součástí jsou navíc ventilátory, které přebytečné teplo odvádějí do okolí chladicích přístrojů. U přístrojů s příkonem 300 W a více je významná produkce odpadního tepla do blízkého okolí, což je nevýhodné, protože se tím významně zvyšuje teplota okolního vzduchu a tím mohou být nepříznivě ovlivněny další, např. výrobní nebo terapeutické procesy. Navíc kompresory kompresorových chladičů a s nimi související ventilátory zvyšují významně úroveň hluku

v okolí chladicího zařízení, což také může mít nepříznivé důsledky, zejména např. při použití zařízení v lékařství. K nevýhodám patří také velké rozměry a hmotnost těchto zařízení, u nichž poměr hmotnosti ku chladícímu výkonu je poměrně vysoký.

Termoelektrické chlazení za pomocí Peltierova jevu se využívá jen u zařízení s menším deklarovaným chladícím výkonem (10-300 W, výjimečně 600 W), např. komerčně dostupná jsou zařízení od společností Teca (http://www.thermoelectric.com/2002/pr/lc/tlc/tlc-1400.htm , Thermotec (http://www.thermotekusa.com/tm_t255p.php) a Laird Technologies (http://lairdtech.thomasnet.com/viewitems/thermoelectric-assemblies-2/-mrc-series-recirculating-chillers-?&bc=100|3001624|3001687|3001788). Nevýhodou je právě nízký výkon vyráběných zařízení a přes nižší hmotnost a rozměry stále přetrvává problém ohřevu okolního vzduchu, hluku z ventilátorů a sice lepší, nicméně stále nepříznivý poměr hmotnosti ku chladícímu výkonu.

Cirkulační chladicí přístroj podle vynálezu, založený na polovodičovém termoelektrickém principu (Peltierových článcích), byl konstruován zejména pro laboratorní využití a pro využití jako součást složitějších lékařských zařízení s terapeutickým využitím. Zejména z důvodu využití v lékařství odstraňuje zařízení podle předloženého vynálezu většinu nevýhod dosavadních zařízení, zejména nižší výkon při velké hmotnosti, produkci tepla do okolí přístroje, hlučnost a velké rozměry.

Podstata vynálezu

Cílem vynálezu bylo zkonstruovat cirkulační chladicí přístroj, který, ve srovnání s cirkulačními chladicími přístroji ze stavu techniky, je při srovnatelném chladicím výkonu zejména menší, lehčí, méně hlučný a produkuje méně tepla do okolí. Tohoto cíle bylo dosaženo cirkulačním chladicím přístrojem podle vynálezu, který je definován v připojených nárocích a v další části popisu je podrobně charakterizován, přičemž výhodné provedení je popsáno formou příkladu.

Cirkulační chladicí přístroj podle předloženého vynálezu obsahuje následující základní části:

A. jádro obsahující alespoň jeden polovodičový termoelektrický blok,

B. primární okruh,

C. sekundární okruh, obsahující rezervoár pracovní kapaliny

D. elektronický řídicí systém a

E. napájecí zdroj (vnější).

A. Jádro

Jádro, představující vlastní chladicí modul přístroje, obsahuje alespoň jeden, výhodně několik (např. 2 až 8, výhodněji 4) polovodičových termoelektrických bloků, které slouží k chlazení pracovní kapaliny.

Polovodičový termoelektrický blok je zařízení, které obsahuje sadu Peltierových článků spojených po svých stranách hliníkovými profily, přičemž vše je smontováno do jednoho kompaktního celku. (např. Laird Technologies, http://lairdtech.thomasnet.com/viewitems/thermoelectric-assemblies/direct-liquid-systems-dl-assemblies, TE Technology, http://www.tetech.com/Liquid-Coolers.html). Při připojení napájení k bloku (tj. článkům) se hliníkový profil podle přivedené polarity napětí na jedné straně ochlazuje od studené strany Peltierových článků, a to podle podmínek (hodnota protékajícího proudu, účinnost chlazení horké strany, okolní teplota) až na hodnoty kolem -20 °C, na druhé straně se hliníkový profil zahřívá od horké strany Peltierových článků, a to na hodnoty až kolem 70 °C. Uvolněné teplo z polovodičového termoelektrického bloku (resp. hliníkového profilu tohoto bloku) je nutné odvádět (a udržovat jeho teplotu pod 70 °C), jinak by došlo ke zničení Peltierových článků. Oba profily (tj. studený a horký) jsou od sebe účinně tepelně izolovány, aby si teplo nemohly vzájemně předávat. Hliníkové profily jsou uvnitř vrtány tak, aby jimi mohla protékat ochlazovaná či ochlazující kapalina. Na studené straně bloku protéká pracovní kapalina, tj. kapalina, která se má ochladit a která je pak využívána k ochlazování dalších zařízení mimo polovodičového termoelektrický blok. Na horké straně bloku protéká chladící kapalina, která slouží ke snižování teploty horkého profilu, tj. horké strany Peltierových článků.

V jádru chladicího přístroje jsou vrtání jednotlivých bloků propojená tak, že vrtání horkých stran bloků jsou součástí jednoho sériového okruhu – primárního okruhu, a vrtání studených stran jsou součástí druhého sériového okruhu – sekundárního okruhu. Jednotlivé bloky jsou vzájemně dokonale tepelně izolovány a celé jádro je pak opatřeno tepelně izolačním pláštěm. Jádro tedy tvoří kompaktní celek připojený na napájecí napětí a opatřený vstupy a výstupy primárního a sekundárního okruhu. Připojení vodních cest k vnějším i vnitřním zařízením jsou dále nazývány porty.

B. Primárním okruh

Primárním okruhem cirkulačního chladicího přístroje protéká chladicí voda, výhodně studená voda z vodovodního řadu. Na vstupu chladicí vody, výhodně ještě před vstupním portem primárního okruhu, je filtr pro zachycení drobných nečistot. Dále chladicí voda prochází přes proporcionálně řízený ventil regulující průtok vody jádrem. Za ventilem je potom výhodně zařazeno tlakové čidlo a teplotní čidlo, a to těsně před vstupem do primárního okruhu jádra. Chladicí voda protéká jádrem, přičemž ochlazuje horkou stranu termoelektrických bloků a přitom se sama ohřívá. Na výstupu z jádra je zařazeno výhodně opět teplotní čidlo a zároveň průtokoměr. Ohřátá chladicí voda z primárního okruhu je pak odváděna do kanalizace nebo je využita k jinému účelu, například k ohřevu.

C. Sekundární okruh

Podstatným prvkem sekundárního okruhu je rezervoár pro pracovní kapalinu (v závislosti na požadovaných teplotách to může být destilovaná voda nebo neagresivní nemrznoucí směs). Rezervoár je ve své horní části opatřen plnicím hrdlem a dále prostředkem indikujícím výšku hladiny pracovní kapaliny, případně ještě doplněný alarmem pro indikaci poklesu hladiny pod minimální úroveň. Rezervoár komunikuje vyrovnávacím otvorem ve víku hrdla s okolní atmosférou (nejedná se tedy o tlakový rezervoár). Ve dně rezervoáru jsou umístěny alespoň jeden vstupní a výstupní port pracovní kapaliny. Celý rezervoár je od okolí tepelně izolován.

Sekundární okruh umožňuje proudění pracovní kapaliny z rezervoáru, její ochlazení na předem definovanou teplotu, čerpání pracovní kapaliny do připojeného externího zařízení

(ochlazované zařízení) a návrat do rezervoáru. V případě pohotovostního režimu bez připojení externího zařízení umožňuje jen cirkulaci mezi rezervoárem a jádrem. Před vstupem do jádra je výhodně umístěno teplotní čidlo (např. typu NTC nebo termočlánek T nebo PT) měřící teplotu pracovní kapaliny přitékající do jádra.

Součástí sekundárního okruhu je zubové čerpadlo, připojené na výstupu z jádra. Na čerpadlo pak navazuje manuálně či motoricky ovládaný třícestný proporcionální ventil, pomocí kterého se kapalina buď směřuje zpět do rezervoáru, nebo se směřuje mimo chladicí přístroj do externího zařízení. Význam použití třícestného ventilu v tomto zapojení spočívá v možnosti plynule regulovat průtok/tlak kapaliny protékající externím zařízením, aniž by docházelo k přetěžování zubového čerpadla (čímž se prodlužuje jeho životnost). Zároveň se zvyšuje účinnost celého zařízení a rychlost přechodu z pohotovostního režimu do plného provozu je výrazně vyšší než u jiných zařízení.

Před výstupním portem sekundárního okruhu je výhodně umístěn průtokoměr a čidlo pro měření tlaku a teploty. Další teplotní čidlo je výhodně umístěno za vstupním portem pro měření teploty pracovní kapaliny vracející se z externího zařízení zpět do cirkulačního chladicího přístroje.

D. Elektronický řídicí systém

Zařízení podle vynálezu je vybaveno řadou elektronických čidel (teplotní čidla, tlaková čidla, průtokoměry, hladinové čidlo), jak bylo uvedeno výše, ze kterých jsou získávána data pro elektronické řídicí smyčky. Do elektronické řídicí smyčky lze dále zapojit i další externí čidla, která umožňují měřit neelektrické veličiny (zejména teplotu, případně i tlak a průtok) mimo vlastní chladicí přístroj.

Regulovanými prvky jsou proudové zdroje, elektronicky řízený proporcionální regulátor průtoku chladící kapaliny, motoricky ovládaný třícestný ventil (pokud je použit) a motor čerpadla.

Primárními hodnotami jsou požadované teploty pracovní kapaliny na výstupu či vstupu (volitelně) sekundárního okruhu a hodnoty tlaku/průtoku. Řídící jednotka cirkulačního

chladicího přístroje optimalizuje ostatní parametry tak, že je přednostně spotřebováváno minimum chladící vody v primárním okruhu a sekundárně pak množství elektrické energie.

Elektronický řídicí systém je také možno propojit přes USB port s externím počítačem za účelem sběru dat nebo pro úpravy řídícího softwaru. Konkrétní provedení elektronického řídicího systému je závislé na typu a počtu vnitřních a vnějších elektronických čidel elektrických a neelektrických veličin a je realizováno rutinním způsobem na bázi mikroprocesorové techniky, která je odborníkovi v oboru regulační techniky a elektroniky známa.

E. Zdroj napájení

Chladicí přístroj podle předloženého vynálezu je napájen z externího zdroje, tj. zdroje, který není uložen ve skříni vlastního cirkulačního chladicího přístroje. Výhodou takového uspořádání je to, že externí zdroj může být umístěn až desítky metrů od vlastního chladicího přístroje, což je výhodné z bezpečnostních, hlukových a tepelných důvodů.

Výhody výše popsaného chladicího přístroje proti jiným cirkulačním chladičům obdobného výkonu a účelu lze shrnout do následujících bodů:

1. Cirkulační chladicí přístroj podle předloženého vynálezu může vyvinout tlak pracovní kapaliny až 6 bar a průtok až 185 l/hod. (podrobněji viz příklad 2 a tab. 4.) v důsledku použití zubového čerpadla.

2. Cirkulační chladicí přístroj podle vynálezu neprodukuje zbytkové teplo do blízkého okolí zařízení, neboť neobsahuje kompresor ani ventilátory, většina odpadního tepla je odváděna s chladicí vodou do kanalizace, zdroj napájení (který produkuje také odpadní teplo, případně i hluk chladícím ventilátorem) je oddělený a může být umístěn v jiných prostorách, kde zvýšení teploty a hluku nezpůsobují nesnáze. Vzhledem k velké účinnosti tzv. spínaného zdroje napájecího napětí (cca 90%) je okolní vzduch od zdroje ohříván zcela nevýrazně (při testování chladicího přístroje odpadní teplo ze zdroje ohřálo vzduch v testovací místnosti o

objemu 35m^3 o 1 °C za cca 4 hodiny). Hluk ventilátoru zdroje není významný, podle zatížení zdroje představuje navýšení hladiny hluku o 5 až 10 dB.

3. Cirkulační chladicí přístroj podle vynálezu se vyznačuje mimořádně tichý chodem (při testování bylo naměřeno cca 47 db proti cca 62 dB u kompresorového chladiče) neboť neobsahuje kompresor ani ventilátor a proudění pracovní kapaliny je zajištěno pomocí zubového čerpadla, které je samo o sobě málo hlučné a navíc tím, že je zabudováno uvnitř v hloubce skříně přístroje, vydává navenek minimální hluk. Výhoda použitého zubového čerpadla proti běžně užívaným odstředivým čerpadlům spočívá v malých rozměrech, tichém chodu a velkém výstupním tlaku. Další výhodou je to, že čerpadlo je možné snadno zaměnit za jiné čerpadlo (výhodně čerpadlo stejného výrobce), které je rozměrově stejné, nicméně s jinými parametry (např. vyšší pracovní tlak či vyšší průtok) a tím optimalizovat chod celého chladicího přístroje. Vzhledem k tomu, že čerpadlo ke svému pohonu využívá jako hnací jednotku malý stejnosměrný motor, je možná jednoduchá bezeztrátová regulace jeho otáček a tím snadné řízení jeho výkonu. Oproti odstředivým čerpadlům však toto čerpadlo nemůže trvale pracovat proti maximálnímu odporu (plně uzavřené výstupní potrubí čerpadla), tuto nevýhodu kompenzuje využití principu třícestného proporcionálního ventilu (viz níže, bod 4). Na straně druhé je čerpadlo vybaveno reverzibilní mechanickou ochranou proti přetížení, takže i v kritickém případě, kdy by čerpadlo pracovalo proti plnému odporu, dojde k odpojení čerpadla od jeho hnací jednotky. Po odpojení napájení hnací jednotky, odstranění odporu a opětovném připojení hnací jednotky k napájení čerpadlo pracuje zcela normálně.

4. Cirkulační chladicí přístroj podle vynálezu obsahuje třícestný proporcionální ventil, který umožňuje plynule regulovat průtok/tlak kapaliny protékající externím zařízením, aniž by docházelo k přetěžování zubového čerpadla (čímž se prodlužuje jeho životnost). Zároveň se zvyšuje účinnost celého zařízení a rychlost přechodu z pohotovostního režimu do plného provozu je výrazně vyšší než u známých zařízení. Třícestný ventil může být ovládán manuálně nebo motoricky.

5. Chladící výkon přístroje není závislý na okolní teplotě, na rozdíl od známých obdobných přístrojů. Okolní provozní teplota přístroje je při použití směsi voda+etylenglykol (80 %+20 %) v rozsahu výhodně od 2 °C do 50 °C při nezměněném výkonu zařízení.

6. Cirkulační chladicí přístroj podle vynálezu se vyznačuje menšími rozměry a nižší hmotností ve srovnání se známými přístroji obdobných výkonů.

7. Cirkulační chladicí přístroj podle vynálezu vykazuje vyšší chladicí výkon než obdobná známá zařízení (porovnání chladicích výkonů bylo realizováno při identických podmínkách u všech porovnávaných přístrojů, viz testování popsané v příkladu 2).

8. K chladicímu přístroji podle vynálezu, resp. jeho řídicí jednotce, lze do regulační smyčky zapojit další (externí) čidla, která výhodně umožňují měřit teplotu, průtok nebo tlak v místech mimo cirkulační chladicí přístroj. Je to výhodné zejména tam, kde je ochlazované zařízení vzdáleno od vlastního chladicího přístroje. V tomto případě vnitřní měření teploty za vstupním portem sekundárního okruhu nemusí odpovídat realitě v ochlazovaném zařízení, proto možnost umístění čidel přímo na chlazeném objektu významně zpřesňuje regulační mechanismus.

9. Cirkulační chladicí přístroj podle vynálezu je možné díky jeho konstrukci využívat též k ohřevu cirkulující pracovní kapaliny a to podle podmínek až do teploty nejméně 50 °C.

Vzhledem k výše uvedeným výhodným vlastnostem je cirkulační chladicí přístroj podle předloženého vynálezu možno využívat ve vědeckých i rutinních laboratořích při řadě experimentálních aplikací.

Předmětem předloženého vynálezu tedy je cirkulační chladicí přístroj obsahující chladicí modul, primární okruh pro průtok vstupní chladící vody, sekundární okruh pro oběh pracovní kapaliny v připojeném externím zařízení, který obsahuje rezervoár, vstupní a výstupní prostředky pro připojení ke zdroji a odtoku chladící vody a vstupní a výstupní prostředky pro připojení externího zařízení a elektronický řídicí systém, kde chladicí modul je tvořen jádrem obsahujícím alespoň jeden kapalinou chlazený polovodičový termoelektrický blok mající studenou a horkou stranu, přičemž vrtání horké strany polovodičového termoelektrického bloku je součástí primárního okruhu a vrtání studené strany polovodičového termoelektrického bloku je součástí sekundárního okruhu, kde jádro tvoří kompaktní celek opatřený tepelně izolačním pláštěm, připojený na napájecí napětí ze zdroje a opatřený vstupními a výstupními prostředky pro připojení do primárního okruhu a sekundárního okruhu, přičemž cirkulační chladicí přístroj neobsahuje kompresor ani ventilátor.

Výhodně jádro obsahuje alespoň dva kapalinou chlazené polovodičové termoelektrické bloky, přičemž vrtání jednotlivých bloků jsou propojená tak, že vrtání horkých stran bloků jsou součástí primárního okruhu a vrtání studených stran bloků jsou součástí sekundárního okruhu.

Sekundární okruh cirkulačního chladicího přístroje podle vynálezu výhodně obsahuje zubové čerpadlo pro zajištění a regulaci průtoku pracovní kapaliny.

Sekundární okruh dále výhodně obsahuje manuálně nebo motoricky ovládaný třícestný proporcionální ventil pro směrování pracovní kapalinu v sekundárním okruhu buďto do připojeného externího zařízení nebo zpět do rezervoáru a současně pro plynulou regulaci průtoku a/nebo tlaku pracovní kapaliny protékající připojeným externím zařízením.

Primární okruh cirkulačního chladicího přístroje podle vynálezu výhodně obsahuje proporcionálně řízený ventil pro regulaci průtoku chladící vody jádrem.

Napájecí zdroj cirkulačního chladicího přístroje podle předloženého vynálezu je umístěn mimo vlastní konstrukci cirkulačního chladicího přístroje, výhodně je při provozu přístroje umístěn v jiné místnosti.

Cirkulační chladicí přístroj podle předloženého vynálezu obsahuje výhodně alespoň jedno teplotní čidlo, tlakové čidlo, průtokoměr a hladinové čidlo.

Cirkulační chladicí přístroj podle předloženého vynálezu je dále výhodně charakterizován tím, že při připojení externího zařízení je v sekundárním okruhu dosaženo, avšak nikoliv současně, průtoku až 185 l/hod a tlaku až 6 bar.

Cirkulační chladicí přístroj podle vynálezu poskytuje výhodně chladicí výkon nejméně 600 W, výhodněji nejméně 770W.

Cirkulační chladicí přístroj podle při provozu vytváří výhodně hluk nižší než 55 dB, výhodněji nižší než 50 dB.

Cirkulační chladicí přístroj podle předloženého vynálezu je dále výhodně charakterizován tím, že poměr hmotnosti přístroje (vyjádřené v kg) ku chladícímu výkonu přístroje (vyjádřenému ve W) je nejvýše 0, 03 kg/W, výhodněji nejvýše 0,028 kg/W.

Přehled obrázků na výkresech

Obr. 1: Orientační blokové schéma cirkulačního chladicího přístroje

Obr. 2: Detailní schéma základních komponent cirkulačního chladicího přístroje

Obr. 3: Schéma testovací aparatury obsahující testovaný cirkulační chladicí přístroj, tepelný výměník a zdroj kapaliny o konstantní teplotě v uspořádání pro testování chladicího výkonu.

Obr. 4: Infrasnímek chladicího přístroje podle vynálezu (A) a komerčně dostupného termoelektrického chladiče (B). Míra světla na snímku odpovídá míře výdeje tepla do blízkého okolí (tj. infračerveného záření).

Příklady provedení vynálezu

Příklad 1

Cirkulační chladicí přístroj pro laboratorní/klinické použití

Cirkulační chladicí přístroj podle předloženého vynálezu (viz orientační blokové schéma na obr. 1) ve výhodném provedení obsahuje následující základní části (viz obr. 2): chladicí modul 1 neboli jádro 1, primární okruh 2, sekundární okruh 3, jehož součástí je rezervoár 4, a elektronický řídicí systém 6 (vyznačen na obr. 1). Součástí cirkulačního chladicího přístroje je dále vnější (tj. není umístěn ve stejné přístrojové skříni) napájecí zdroj 9 (vyznačen na obr. 1). Jádro 1 sestává ze 4 termoelektrických bloků s Peltierovými články (katalog. č. DL-210-24-00, Laird Technologies, viz www.Lairdtech.com, s udávaným nominálním chladícím výkonem každého bloku 207 W, lze užít analogický blok jiného výrobce). Uvnitř bloků je výrobcem umístěna termoelektrická pojistka, kterou je možno volitelně využít k vratnému odpojování modulu od napájecího napěťového zdroje v případě překročení teploty modulu cca 75 °C. V jádře jsou vrtání jednotlivých bloků propojena plastovými trubicemi tak, že vrtání horkých stran bloků je součástí primárního okruhu 2 a vrtání studených stran je součástí sekundárního okruhu 3. Jednotlivé bloky jsou vzájemně tepelně izolovány (deska z pěnového LDPE, low density polyethylene, tloušťka 1,5 cm) a všechny bloky jsou důkladně izolovány také navenek (deska z pěnového LDPE, tloušťka 1,5 cm). Celé jádro je pak uzavřeno do pláště

tvořeného tepelně izolačním materiálem (deska z pěnového LDPE, tloušťka 3 cm). Navenek tedy tvoří jádro kompaktní celek s připojeními na napájecí napětí a dále se čtyřmi porty 7.1 až 7.4, tj. vstupem 7.1 a výstupem 7.2 vlastního primárního okruhu 2 a vstupem 7.3 a výstupem 7.4 vlastního sekundárního okruhu 3.

Primárním okruhem 2 cirkulačního chladicího přístroje protéká studená voda (chladicí voda) z vodovodního řadu, s kterým je chladicí přístroj spojen pružnou hadicí. Na vstupu 8.1 chladicí vody, výhodně ještě před vstupním portem 8.2 primárního okruhu 2, je filtr 5 pro zachycení drobných nečistot. Dále chladicí voda prochází přes vstupní port 8.2 primárního okruhu 2 a přes proporcionálně řízený ventil 10 regulující průtok vody jádrem 1. Za ventilem 10 je zařazeno teplotní čidlo 11.1 (HSRTD1000, výrobce OMEGA, USA, lze použít i jakékoliv jiné kvalitní, voděodolné, rozměrově obdobné čidlo typu Pt100, Pt1000, NTC či termočlánkové teplotní čidlo) a tlakové čidlo 12.1 (PX181B-200G5V, OMEGA, USA), a to těsně před vstupem 7.1 do části primárního okruhu 2 v jádře 1. Chladicí voda protéká jádrem 1, přičemž ochlazuje horkou stranu polovodičových termoelektrických bloků jádra 1 a odvádí odpadní teplo. Na výstupu z jádra 1 je umístěno opět teplotní čidlo 11.2 a průtokoměr 13.1 (FHK 3.3, Digmesa, Švýcarsko). Ohřátá chladicí voda z primárního okruhu 2 je pak odváděna výstupem 8.3 do kanalizace.

Sekundární okruh 3 obsahuje rezervoár 4 pracovní kapaliny (destilované vody). Rezervoár 4 (vyroben z plastické hmoty PMMA, může být i z PVC apod.) je ve své horní části opatřen plnícím hrdlem 14 a dále čidlem 15 s indikátorem výšky hladiny (plováčkový indikátor výšky hladiny s magnetickým spínačem, FS 3101, výrobce NIPPON ALEPH Corp., Japonsko) pracovní kapaliny. Rezervoár komunikuje vyrovnávacím otvorem ve víku hrdla 14 s okolní atmosférou. Ve dně rezervoáru 4 jsou umístěny výstupní port 16.1 a vstupní porty 16.2 a 16.3 pracovní kapaliny. Celý rezervoár 4 je od okolí izolován silnou vrstvou tepelně izolačního materiálu (deska z pěnového LDPE, tloušťka 3 cm).

Sekundární okruh 3 umožňuje proudění pracovní kapaliny z rezervoáru 4, její ochlazení na předem definovanou teplotu, průtok připojeným externím zařízením a návrat do rezervoáru 4 (prostřednictvím vstupního portu 17.1 a výstupního portu 17.2 umístněných na vnějším těle přístroje), a v případě pohotovostního režimu bez připojení externího zařízení jen cirkulaci pracovní kapaliny mezi rezervoárem 4 a jádrem 1. Před vstupem 7.3 v jádře 1 je

do části sekundárního okruhu 3 umístěno teplotní čidlo 11.4 (HSRTD1000, výrobce OMEGA, USA, lze použít i jakékoliv jiné kvalitní, voděodolné, rozměrově obdobné čidlo typu Pt100, Pt1000, NTC či termočlánkové teplotní čidlo).

Pohyb pracovní kapaliny v sekundárním okruhu 3 zajišťuje zubové čerpadlo 18 (MGCF11S - MG213, výrobce Fluid-o-Tech, Itálie), připojené na výstup 7.4 z jádra 1. V sekundárním okruhu 3 je za čerpadlem 18 zařazen manuálně ovládaný třícestný proporcionální ventil 19, jehož pomocí se pracovní kapalina přivádí buďto zpět do rezervoáru 4 portem 16.2 nebo do externího zařízení (kde cirkuluje prostřednictvím výstupního portu 17.2 a vrací se zpět vstupním portem 17.1).

Před výstupním portem 17.2 je umístěn průtokoměr 13.2, čidlo 12.2 pro měření tlaku (PX181B-060G5V, výrobce OMEGA, USA) a čidlo 11.4 pro měření teploty (čidla jinak shodná s výše uvedenými).

Pracovní kapalina, která se vrací z externího zařízení zpět do cirkulačního chladicího přístroje, je přiváděna přes vstupní port 17.1 do rezervoáru 4 portem 16.3, přičemž je opět měřena její teplota čidlem 11.5 (viz výše).

Řídící jednotka 6 (vyznačena na obr. 1) cirkulačního chladicího přístroje komunikuje s celou řadou elektronických čidel (teplotní čidla 11.1 až 11.5, tlaková čidla 12.1 a 12.2, průtokoměry 13.1 a 13.2 a hladinové čidlo 15) chladicího přístroje. Do regulační smyčky je zapojeno alespoň jedno další čidlo pro měření teploty (případně i tlaku a průtoku) mimo vlastní chladicí přístroj, tj. v připojeném externím zařízení. Regulovanými prvky jsou zdroj 9 napájecího proudu (vyznačen na obr. 1), proporcionálně řízený ventil 10 regulující průtok vody jádrem 1 a motor čerpadla 18. Primárními hodnotami jsou požadované teploty pracovní kapaliny na vstupu 17.1 či výstupu 17.2 (volitelně) sekundárního okruhu 2 a hodnoty tlaku/průtoku v sekundárním kruhu 2. Řídící jednotka cirkulačního chladicího přístroje optimalizuje ostatní parametry tak, že je přednostně spotřebováváno minimum chladící vody v primárním okruhu 1 a druhotně pak spotřebované množství elektrické energie. Elektronická řídicí jednotka 6 (vyznačena na obr. 1) je uzpůsobena tak, že může být spojena prostřednictvím USB portu s externím počítačem za účelem sběru dat a/nebo úpravy řídícího softwaru.

Napájení cirkulačního chladicího přístroje zajištěno z bezpečnostních, hlukových a tepelných důvodů z externího zdroje 9 (vyznačen na obr. 1) (který může být výhodně umístěn i v jiné místnosti než je umístěn vlastní cirkulační chladicí přístroj). Zdroj 9 je napájen síťovým napětím 110 – 250V/50Hz. Výstupní napětí zdroje 9 je stabilizované stejnosměrné napětí 24V/4A, dále stejnosměrné napětí 24V/33A, které je regulováno dle požadovaného výkonu cirkulačního chladicího přístroje v rozsahu cca 50 až 110 % a stejnosměrné napětí 24V/4A pro napájení motoru čerpadla 18, které je dále regulováno podle požadavků na výkon.

Příklad 2

Srovnávací test

Pro srovnávání parametrů komerčních chladicích přístrojů a chladicího přístroje dle předloženého vynálezu byla sestavena testovací aparatura (viz obr. 3 a 4), a to tak, aby při srovnávání byly zajištěny identické podmínky a zároveň byly navozeny podmínky blízké předpokládané obvyklé aplikaci přístroje dle vynálezu.

Testovací aparatura se skládá z testovaného přístroje *a* (tj. přístroje podle vynálezu, ve výhodném provedení podle příkladu 1), tepelného výměníku *b* a zdroje kapaliny *c* (destilované vody eventuelně směsi voda – etylenglykol) o konstantní teplotě a průtoku. Základem aparatury je tepelný výměník *b* vlastní konstrukce (detailní popis – viz zapsaný užitný vzor č. 22661 a přihláška vynálezu PV 2011-449). Zdroj kapaliny *c* o konstantní teplotě a průtoku je plně izolovaný tepelný zdroj, který svou činností nemění měřitelně teplotu okolí a tak neovlivňuje výsledky měření.

Teploty a průtoky chladící a ochlazované kapaliny, stejně tak i průtoky a tlak ochlazované kapaliny byl měřen čidly *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j*, jejichž signály byly dále zpracovány pomocí měřících karet (National Instruments, USA) a softwaru LabView (National Instruments, USA). Před započetím každého měření byla všechna čidla kalibrována.

Měření elektrického příkonu testovaného chladicího přístroje bylo prováděno prostřednictvím analyzátoru spotřeby elektrické energie *k*, Energy Logger 4000 (Voltcraft,

SRN) který je kromě dalších hodnot schopen měřit zdánlivý výkon, činný výkon a účiník (cos φ). V našich výpočtech jsme vždy počítali s hodnotami činného výkonu.

Hlučnost přístrojů byla měřena ze vzdálenosti 2 m hlukoměrem SL 451 (Voltcraft, SRN).

Testování a měření

Přístroj dle předloženého vynálezu byl testován společně se dvěma komerčně dostupnými přístroji, které jsou deklarovanou sférou použití, chladícím výkonem a rozměry blízké přístroji dle předloženého vynálezu, přičemž jeden z nich byl kompresorový cirkulační chladič a druhý byl termoelektrický cirkulační chladič na bázi Peltierových článků. Srovnání základních parametrů těchto přístrojů (dle jejich oficiální technické dokumentace) je uvedeno v tab. 1.

Tab.1.

	Rozměry š x v x h [cm]	Objem přístroje [m^3]	Hmotnost (bez vodní náplně) [kg]	Kapalinová náplň (max) [kg]	Princip chlazení kapaliny	Odvod odpadního tepla	Deklarovaný chladící výkon [W]	Udávaný elektrický příkon [VA]
Kompresorový cirkulační chladič	36x51x54	0,099	48	8	Kompresorový	vnitřní ventilátory	600	2000
Termoelektrický cirkulační chladič	28x40x54	0,06	28	1,1	Termoelektrický (Peltier. články)	vnitřní ventilátory	600	992
Termoelektrický cirkulační chladicí přístroj podle vynálezu	17x47x54	0,043	16,5	4,2	Termoelektrický (Peltier. články)	vodou	min 600	
Zdroj přístroje (externí)	30x30x20	0,018	4					1100

Testování probíhalo v místnosti o objemu cca 35m^3 a místnost byla při začátku měření 24 hodin temperována na 23 °C při relativní vzdušné vlhkosti 28 až 33 %. V místnosti byla

umístěna též testovací aparatura včetně chladicích přístrojů, které měly být testovány. Po ukončení temperování byl zapnut zdroj *c*. V místnosti se zároveň nacházela vždy jen jedna osoba a nebylo zde v provozu žádné další zařízení k úpravě teploty či vlhkosti vzduchu. Teplota v místnosti se v takovém případě udržela beze změn cca 3 až 4 hodiny v rozsahu 23 ± 1 °C po temperování. Srovnávací testování trvalo vždy maximálně 1,5 hodiny s tím, že se veškeré zařízení uvedlo do chodu a následně se nechalo stabilizovat až do naměření stálých vstupně – výstupních hodnot všech přístrojů. Pak proběhlo naměření všech hodnot, které byly potřebné k výpočtu výkonů zařízení.

Při testování ochlazovacích schopností testovaného přístroje *a* (viz. obr. 3) byla do výměníku *b* čerpána kapalina z tepelně izolovaného zdroje *c* o konstantní teplotě vždy 40 °C a průtoku vždy 27 l/hod. Chladící prostor výměníku b (prostor mezi kapilárami a vnitřní stěnou pláště výměníku) byl zcela vyplněn a ochlazován vodou, která přitékala z chladicího zdroje *a*.

Každý testovaný přístroj byl při testování nastaven tak, aby kapalina na výstupu přístroje při připojeném výměníku *c* k výstupu a vstupu měla maximální dosažitelný průtok testovaného přístroje a při tomto průtoku se zjišťovala nejníže dosažená konstantní teplota na výstupu a návratu testovaného přístroje. Hodnoty, které byly naměřeny po dosažení konstantního stavu, byly využity k výpočtu maximálního chladícího výkonu v rámci zvolené testovací sestavy.

Při testování ohřívacích schopností se použila sestava, která je identická se sestavou dle obr. 3, ostatní podmínky byly též stejné. Rozdíl spočíval ve funkci jednotlivých částí sestavy, kde testovaný přístroj *a* dle předloženého vynálezu byl přepnut do funkce „ohřev", zdroj *c* pak byl nastaven tak, aby dodával do výměníku *b* vodu o teplotě 20°C a průtoku 27 l/hod. Pak proběhlo naměření všech hodnot, které byly potřebné k výpočtu výkonů zařízení.

Chladící a ohřevný výkon byl odvozován z rozdílu teplot naměřených teplotními čidly *d* a *f* a objemu ochlazované kapaliny naměřené průtokoměrem *e*.

Ohřevný výkon byl testován pouze u přístroje dle předloženého vynálezu za účelem zjištění maximálního dosažitelného ohřevného výkonu, protože tato funkce je u přístroje pouze doplňková.

Naměřené hodnoty, výsledky a výpočty

Tabulka 2. shrnuje naměřené hodnoty všech tří testovaných přístrojů, které jsou použity pro porovnání jejich maximální chladící kapacity. Hodnoty byly získány za podmínek popsaných výše. F_{max} je maximální dosažitelná hodnota průtoku pracovní kapaliny měřená na výstupu přístrojů. Teplota T_{in} je teplota chlazené kapaliny vstupující do přístroje a teplota T_{out} je pak teplotou kapaliny z přístroje vystupující. Q je maximálně dosažený reálný chladící výkon.

Tab. 2.

	F_{max} [l/s]	M [kg/s]	C_p [J/kg/°K]	T_{out} [°C]	T_{in} [°C]	Q [kW]
Kompresorový cirkulační chladič	0,047151	0,047151	4185 (25°C)	19,255	20,511	0,248
Termoelektrický cirkulační chladič	0,02947	0,02947	4185 (25°C)	18,373	20,274	0,2345
Termoelektrický cirkulační chladicí přístroj podle vynálezu	0,0501	0,0501	4185 (25°C)	8,406	12,096	0,774

Výpočet maximálního naměřeného chladícího výkonu porovnávaných přístrojů v tab. 2 byl proveden podle vzorce (1)

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p \Delta T \qquad (1)$$

kde Q [kW] je chladící kapacita přístroje, m [kg/s] je hmotnostní průtok, C_p [kJ/kg/°K] je měrná tepelná kapacita chlazeného média a ΔT [°C] rozdíl teplot chlazeného média mezi vstupem a výstupem chladicího přístroje.

Další v testu naměřené a vypočítané hodnoty jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 3.

	Maximální průtok při maximálním chladícím výkonu [l/hod]	Hlučnost (ve vzdálenosti 2m od přístroje) [dB]	Reálný příkon celého přístroje při maximálním chladícím výkonu [W]	Poměr maximálního chladícího výkonu k reálnému elektrickému příkonu přístroje	Poměr hmotnosti k maximálnímu chladícího výkonu	Zvýšení teploty v testovací místnosti při provozu zařízení 30 minut [°C]	Maximálně dosažitelný výstupní tlak [bar]
Kompresorový cirkulační chladič	170	62	803	0,309	0,194	2	0,5
Termoelektrický cirkulační chladič	106	60,5	830	0,283	0,119	2	0,8
Termoelektrický cirkulační chladicí přístroj podle vynálezu	180	47	1038	0,746	0,0265	0	6,01

Při připojení externího zařízení k chladicímu přístroji dle předloženého vynálezu může být v sekundárním okruhu dosažen průtok až 185 l/hod (při tlaku blízkém relativní nule) a tlak až 6 bar (měřeno kalibrovaným průtokoměrem 13.2 a tlakovým čidlem 12.2 umístěným v přístroji těsně před výstupním portem 17.2, viz příklad 1), ne však současně. Současně dosažitelné hodnoty průtoku a tlaku jsou uvedeny v následující tab. 4:

Tab. 4.

Průtok (l/hod)	Tlak (bar)
70	6
130	4
160	2
180	1
185	0,2

Maximální tlak dosažený přístrojem může být omezen nastavením magnetomechanické spojky, která je součástí čerpadla na nižší hodnoty, běžně 4 nebo 2 bary.

Další testy ukázaly, že cirkulační chladicí přístroj může v modu chlazení dosáhnout a dlouhodobě udržet teploty až -15 °C (při naplnění nemrznoucí směsí), v modu ohřívání více než 50 °C, a to v rozsahu okolních teplot výhodně +2 až 50 °C. Mimořádně výhodný se jeví cirkulační chladicí přístroj pro dlouhodobé (kontinuální) chlazení externího zařízení na teploty v rozmezí 5 až 20 °C, případně pro dlouhodobé (kontinuální) ohřívání na teploty 30 až 45 °C.

Výsledky testovacích experimentů lze shrnout do následujících bodů:

1. Cirkulační chladicí přístroj podle předloženého vynálezu vykazuje menší objem a výrazně nižší hmotnost než obdobné komerční přístroje.

2. Cirkulační chladicí přístroj dle vynálezu prokázal více než sedminásobně lepší poměr hmotnosti k maximálnímu chladícímu výkonu ve srovnání s obdobným komerčním kompresorovým přístrojem a více než čtyřnásobně lepší týž poměr ve srovnání s obdobným komerčním přístrojem založeným na polovodičovém termoelektrickém jevu.

3. Cirkulační chladicí přístroj dle vynálezu prokázal více než dvojnásobně lepší poměr maximálního chladícího výkonu k reálnému elektrickému příkonu přístroje ve srovnání s obdobnými komerčními přístroji založenými na termoelektrickém jevu či kompresorovém chlazení.

4. Cirkulační chladicí přístroj dle vynálezu prokázal významně tišší chod (zhruba o jednu třetinu) než obdobné komerční přístroje.

5. Cirkulační chladicí přístroj dle vynálezu nevydává do okolí prakticky žádné teplo (viz obr. 4) a neovlivňuje proto významně teplotu prostředí v blízkosti přístroje.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Cirkulační chladicí přístroj obsahující chladicí modul (1), primární okruh (2) pro průtok vstupní chladící vody, sekundární okruh (3) pro oběh pracovní kapaliny v připojeném externím zařízení, který obsahuje rezervoár (4), vstupní a výstupní prostředky (8.2, 8.3) pro připojení ke zdroji a odtoku chladící vody a vstupní a výstupní prostředky (17.1, 17.2) pro připojení externího zařízení, a elektronický řídicí systém (6), kde chladicí modul je tvořen jádrem (1) obsahujícím alespoň jeden kapalinou chlazený polovodičový termoelektrický blok mající studenou a horkou stranu, přičemž vrtání horké strany polovodičového termoelektrického bloku je součástí primárního okruhu (2) a vrtání studené strany polovodičového termoelektrického bloku je součástí sekundárního okruhu (3), kde jádro (1) tvoří kompaktní celek opatřený tepelně izolačním pláštěm, připojený na napájecí napětí ze zdroje (9) a opatřený vstupními a výstupními prostředky (7.1, 7.2, 7.3, 7.4) pro připojení do primárního okruhu (2) a sekundárního okruhu (3), **vyznačující se tím**, že

- cirkulační chladicí přístroj neobsahuje ventilátor,
- primární okruh (2) obsahuje proporcionálně řízený ventil (10) pro regulaci průtoku chladící vody jádrem (1),
- sekundární okruh (3) obsahuje čerpadlo (18) pro zajištění a regulaci průtoku pracovní kapaliny a dále obsahuje třícestný proporcionální ventil (19) pro směrování pracovní kapaliny v sekundárním okruhu (3) buďto do připojeného externího zařízení nebo zpět do rezervoáru (4) a současně pro plynulou regulaci průtoku nebo tlaku pracovní kapaliny protékající připojeným externím zařízením, přičemž cirkulační chladicí přístroj poskytuje v sekundárním okruhu (3) průtok až 185 l/hod nebo tlak až 600 kPa,
- napájecí zdroj (9) je umístěn mimo vlastní konstrukci cirkulačního chladicího přístroje,
- cirkulační chladicí přístroj poskytuje chladicí výkon nejméně 600 W
- při provozu vytváří hluk nižší než 55 dB, a

25.09.12
PV 2011-863

- poměr hmotnosti přístroje ke chladícímu výkonu přístroje je nejvýše 0,03 kg/W.

2. Cirkulační chladicí přístroj podle nároku 1 **vyznačující se tím,** že poskytuje chladicí výkon nejméně 770W, při provozu vytváří hluk nižší než 50 dB a poměr hmotnosti přístroje k chladícímu výkonu přístroje je nejvýše 0,028 kg/W.

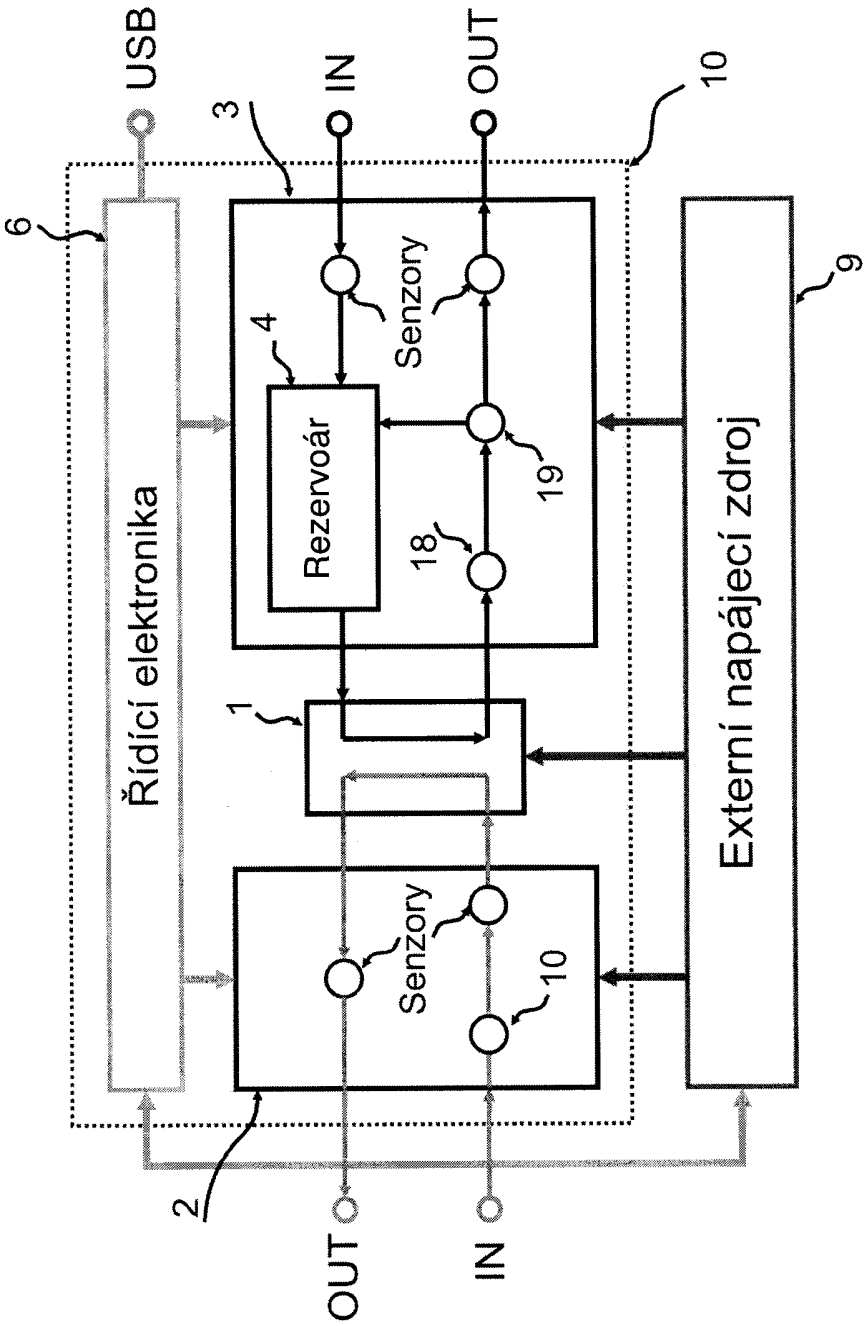
3. Cirkulační chladicí přístroj podle nároku 1 nebo 2 **vyznačující se tím,** že jádro (1) obsahuje alespoň dva kapalinou chlazené polovodičové termoelektrické bloky, přičemž vrtání jednotlivých bloků jsou propojená tak, že vrtání horkých stran bloků jsou součástí primárního okruhu (2) a vrtání studených stran bloků jsou součástí sekundárního okruhu (3).

4. Cirkulační chladicí přístroj podle kteréhokoliv z nároků 1 až 3 **vyznačující se tím,** že obsahuje alespoň jedno teplotní čidlo (11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.5), tlakové čidlo (12.1, 12.2), průtokoměr (13.1, 13.2) a hladinové čidlo (15).

21.12.11

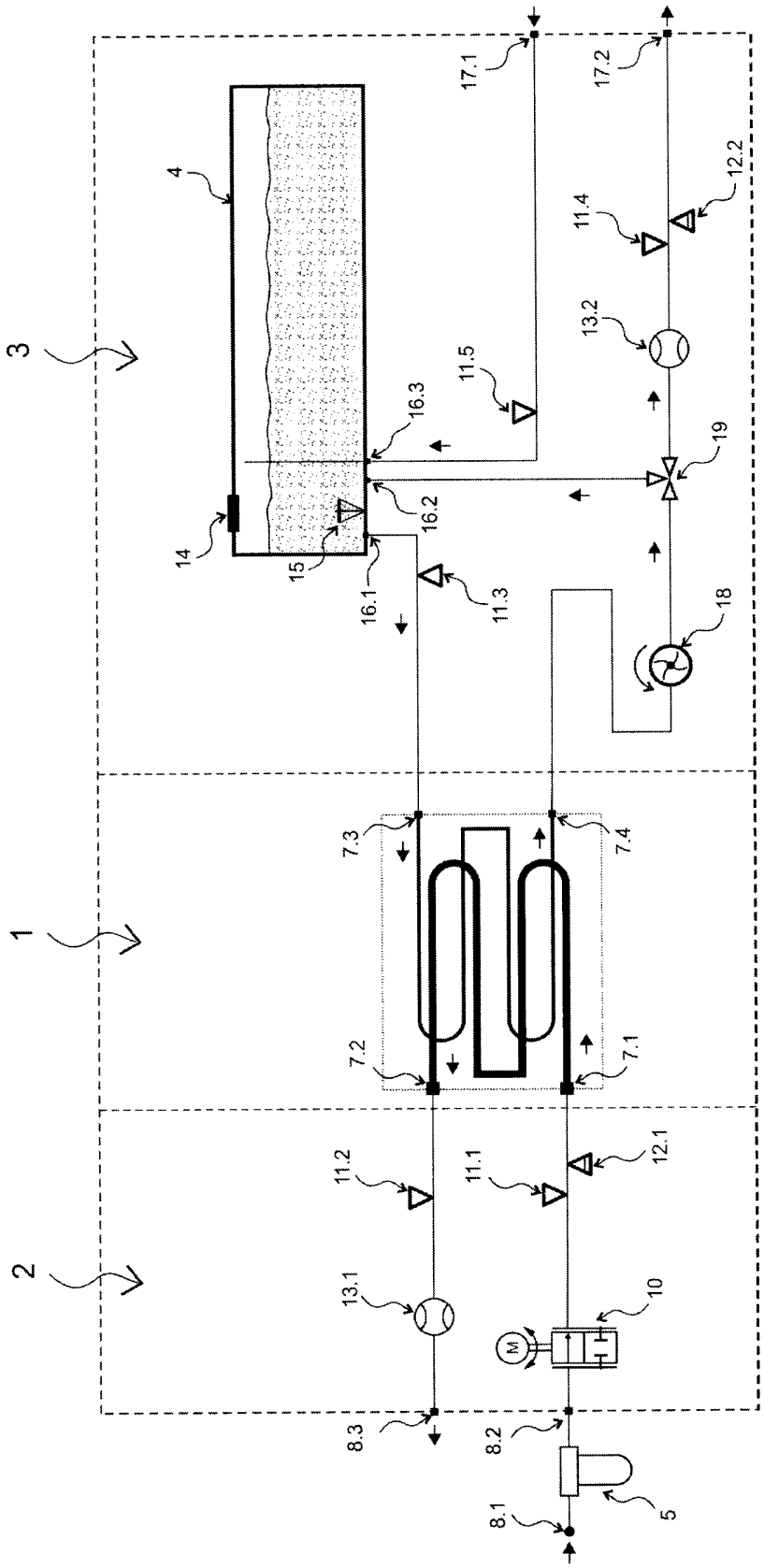
PV 2011-863

[redacted]



Obr. 1

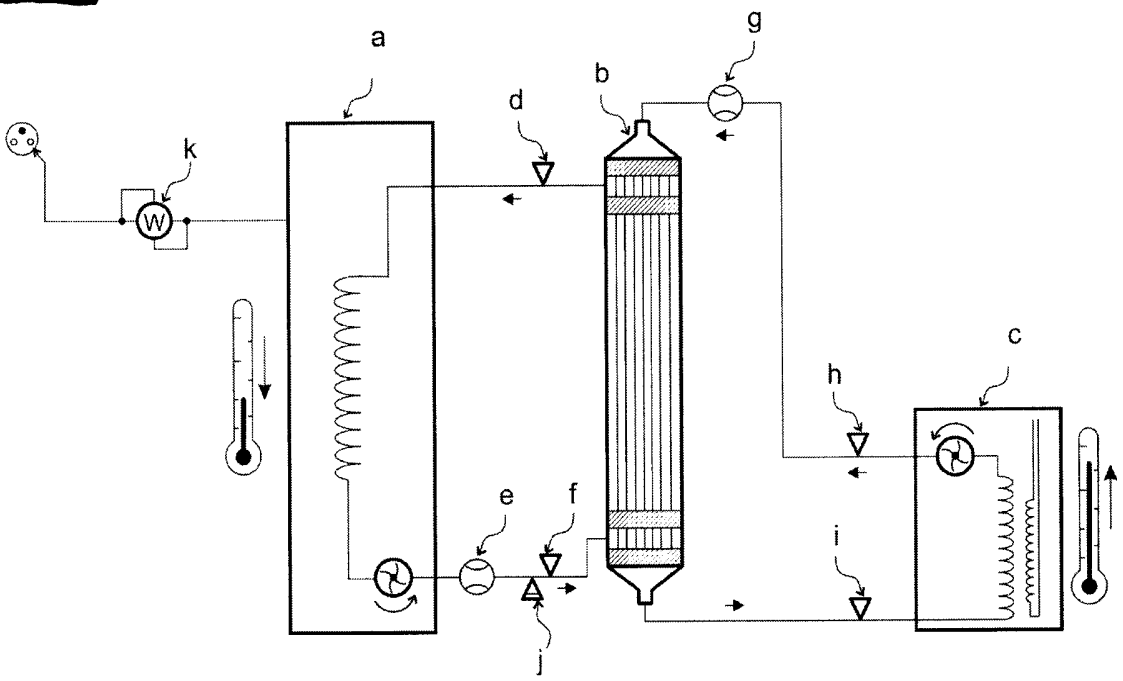
21.12.11
PV 2011-863



Obr. 2

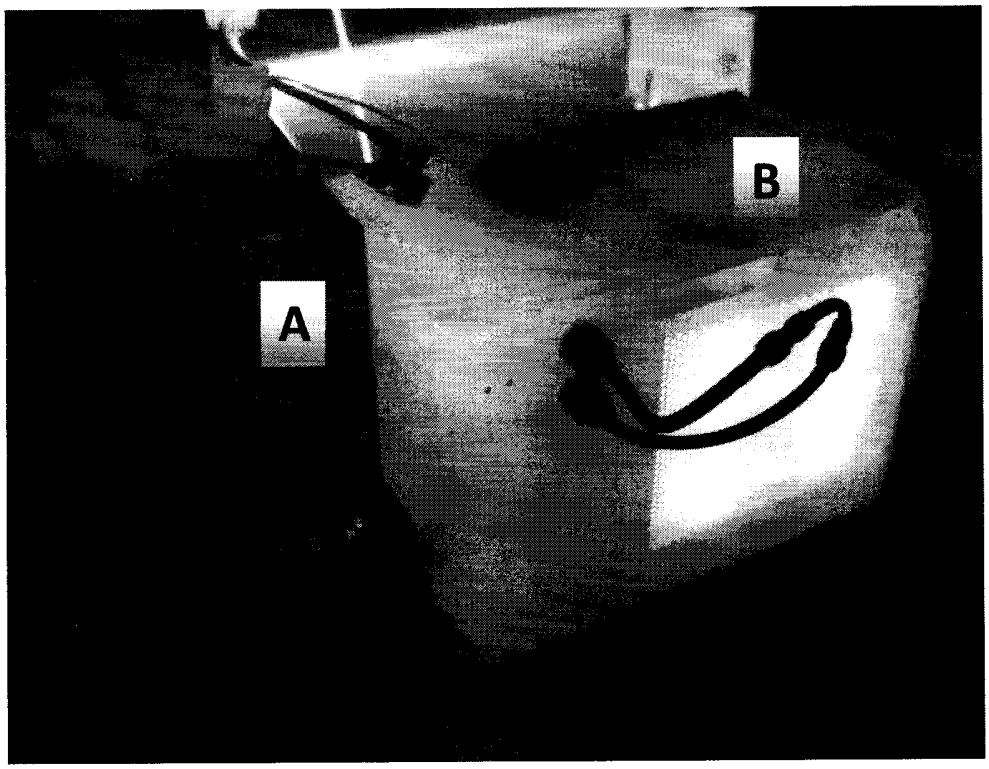
21.12.11
PV 2011-863

[redacted]



Obr. 3

[redacted]



Obr. 4