



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti
Evropský fond pro regionální rozvoj

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Provozní hodnocení tepelných soustav s obnovitelnými zdroji tepla

T. Matuška
Ústav techniky prostředí
Fakulta strojní
ČVÚT v Praze

tomas.matuska@fs.svut.cz

Únor 2010

Obsah

1. Provozní hodnocení soustav s OZT	3
1.1. Základní princip	3
1.2. Solární tepelné soustavy	5
1.3. Tepelná čerpadla	6
1.4. Kotle na biomasu	8
2. Zásady měření veličin	8
2.1. Teplota.....	8
2.1.1. Teplotní čidla.....	8
2.1.2. Umísťování teplotních čidel	9
2.2. Průtok	9
2.2.1. Obecné požadavky na průtokoměry	9
2.2.2. Plovákové průtokoměry	10
2.2.3. Rychlostní (mechanické) průtokoměry	10
2.2.4. Ultrazvukové průtokoměry	10
2.2.5. Indukční průtokoměry	11
2.3. Teplo, tepelná energie	11
2.4. Elektrická energie	12
2.4.1. Indukční elektroměry	12
2.4.2. Elektronické elektroměry	12
3. Odkazy.....	12

1. Provozní hodnocení soustav s OZT

Provozní měření na tepelných soustavách s OZT jsou velmi významná vzhledem ke skutečnosti, že oproti standardním zkušební metodám v laboratoři za jasně definovaných "ideálních" podmínek poskytují informaci o chování tepelné soustavy s obnovitelným zdrojem tepla jako celku v reálných podmínkách v průběhu určitého časového období. Ve výsledném tepelném zisku stanoveném z experimentálně zjištěných údajů z provozu soustavy je zahrnuta vlastní interakce mezi zdrojem tepla (solární kolektory, tepelná čerpadla, kotle na spalování biomasy), přenosovou soustavou (výměníky tepla, potrubí, zásobníky tepla), spotřebičem (příprava teplé vody, otopná soustava, ohřev bazénové vody) a dalšími faktory, např. provozní a regulační strategie (nastavení regulačních parametrů soustav), tepelné ztráty, údržba, aj. Je zřejmé, že vysoce účinný zdroj tepla, který je zapojen ve špatně navržené soustavě s neefektivními prvky nebo je "pouze" špatně udržovaný a provozovaný, bude vykazovat nízkou úsporu.

Provozní měření je možné využít pro prosté stanovení energetického přínosu instalací obnovitelných zdrojů tepla provozovatelům (jednoduché měřicí zařízení) nebo pro detailní analýzy tepelných soustav s OZT (složitější monitorovací systém, měření teplot a průtoků v různých částech soustavy, možnost identifikace slabých míst návrhu, zkoumání chování zdroje tepla za reálných podmínek, apod.). Požadavky na přístrojové vybavení a dobu trvání měření odpovídají požadovanému typu informace.

Pro instalace zdroje tepla využívajícího OZE podporované v rámci Operačního programu Životní prostředí se požaduje základní informace – měření množství vyrobeného tepla obnovitelným zdrojem tepla [1] a doplňková informace – měření spotřeby pomocné energie nezbytné pro provoz obnovitelného zdroje tepla.

Cílem požadovaného provozního měření je stanovit **skutečný energetický přínos** instalace obnovitelného zdroje tepla pro konkrétní instalaci z hlediska nahrazení primární energie, tedy včetně elektrické energie nezbytné k funkci obnovitelného zdroje tepla. Při využití obnovitelných zdrojů tepla by se proto měla spotřeba pomocné elektrické energie minimalizovat, jinak může výrazně zasáhnout do celkové bilance úspory primární energie a emisí CO₂. Provozní měření se nezabývá celkovým pokrytím potřeby tepla, nepožaduje se měření dodatkového (doplňkového) zdroje tepla, pokud z principu není nezbytné (např. neoddělitelná součást OZT) pro stanovení dodaného obnovitelného tepla. Instalované provozní měření OZT musí zajistit, že je vyhodnocována **pouze obnovitelná část tepelné energie dodané OZT**, ve které není zahrnut jiný zdroj tepla.

V následující kapitole jsou uvedeny základní principy pro požadované vyhodnocení jednotlivých obnovitelných zdrojů tepla.

1.1. Základní princip

Pro stanovení tepelné energie dodané obnovitelným zdrojem tepla do tepelné soustavy (ohřev bazénové vody, příprava teplé vody, otopná soustava) se měří průtok a teplota přivodní teplotonosné kapaliny do tepelné soustavy a vracející se teplotonosné kapaliny z tepelné soustavy. Z veličin se stanoví tepelný tok předávaný za časový úsek (měsíční údaje), tedy dodané teplo. Z důvodu zajištění přesnosti a automatického vyhodnocování měření se doporučuje použít cejchované kalorimetry s pamětí pro ukládání měsíčních údajů a s entalpickou korekcí (kompaktní provedení, provedení s vyhodnocovací jednotkou).

Pokud je neoddělitelnou součástí tepelného okruhu obnovitelného zdroje tepla dodatkový zdroj tepla, např. tepelné čerpadlo s vestavěným dodatkovým zdrojem (elektrická vložka), je nezbytné měřit i jeho příkon (výkon), aby bylo možné vyhodnotit skutečný tepelný přínos vlastního OZT.

U každého obnovitelného zdroje tepla se navíc měří pomocná elektrická energie nezbytná pro jeho provoz, např. energie pro pohon oběhových čerpadel v okruhu zdroje tepla, kompresoru (u tepelných

čerpadel), ventilů, regulace, apod. Pro jednotlivé typy OZT jsou konkrétněji specifikovány v příslušných kapitolách.

Obnovitelná tepelná energie dodaná z OZT se potom stanoví jako

$$Q_o = Q_z - Q_d - Q_{pom}$$

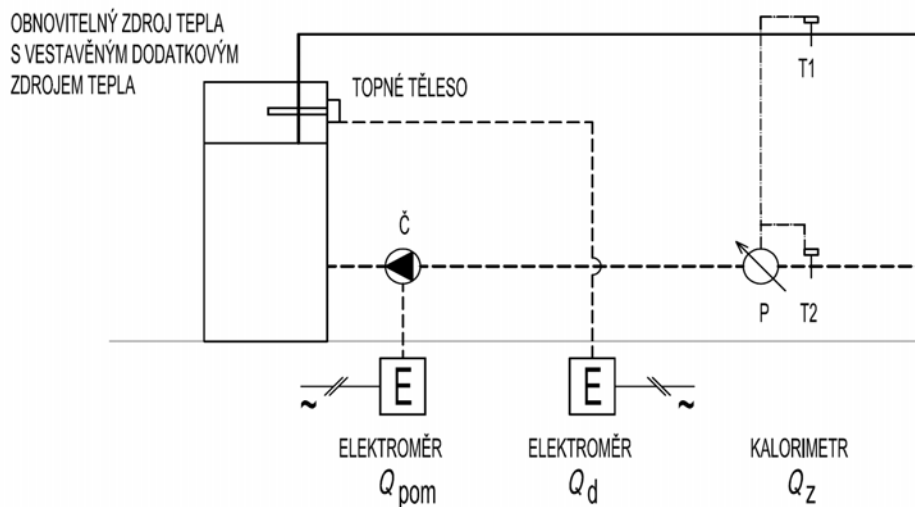
kde

Q_z je tepelná energie dodaná z OZT do tepelné soustavy, v J nebo kWh;

Q_d tepelná energie dodaná dodatkovým zdrojem tepla, v J nebo kWh;

Q_{pom} pomocná energie dodaná pro pohon OZT, v J nebo kWh.

Poznámka: Vychází se z předpokladu, že přivedená pomocná elektrická energie se v konečném důsledku přemění na teplo a přispívá k tepelné energii dodané z OZT do tepelné soustavy.



Obr. 1 – Obecný princip měření na obnovitelném zdroji tepelné energie

Tepelná energie dodaná z OZT se měří na hranici mezi výstupem z vlastního zdroje tepla a zásobníkem tepla, resp. tepelnou soustavou. Tímto nejsou započítány tepelné ztráty zásobníku jako ztráty obnovitelného zdroje tepla, jak by v řadě případů bylo správné, nicméně měření obnovitelné tepelné energie dodané do tepelné soustavy se významně zjednoduší, zvláště v případě složitých tepelných soustav, např. sdružujících přípravu a rozvod teplé vody s cirkulací, vytápění a ohřev bazénové vody s více zásobníky tepla a s decentrálními dodatkovými zdroji tepla. V případě kombinace více OZT zapojeným do centrálního zásobníku tepla by měření „za zásobníkem tepla“ neumožňovalo rozlišit příspěvek obou OZT.

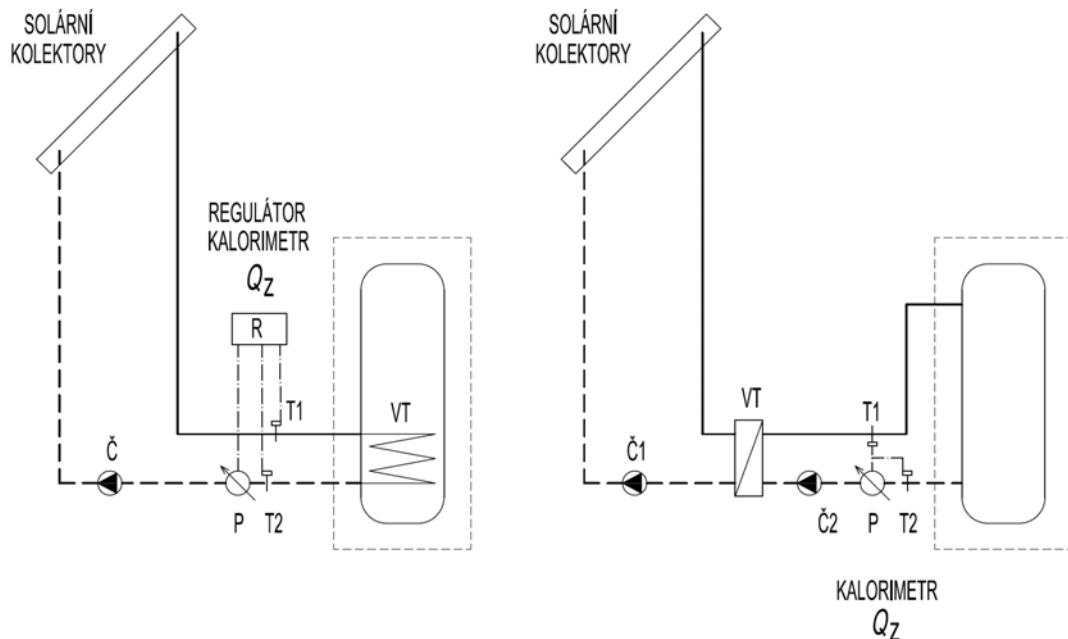
V případě speciálních konstrukcí, např. integrace kondenzátoru tepelného čerpadla v zásobníkovém ohřivači nebo hořáku na pelety v zásobníku tepla, se zásobník uvažuje jako součást OZT. Dodané teplo se potom měří kalorimetry na hranici mezi zásobníkem a tepelnou soustavou. Komplikované a nejasné případy měření příspěvku od OZT je nutné konzultovat s příslušným odborem SFŽP ČR.

Pomocná energie pro pohon obnovitelného zdroje tepla, resp. soustavy s obnovitelným zdrojem tepla, se měří elektroměry. Při použití běžných elektroměrů bez paměti s ukládáním měsíčních údajů je nezbytné **zajistit pravidelné odečítání stavu na počátku každého měsíce.**

1.2. Solární tepelné soustavy

Principy měření tepelné energie dodané solární tepelnou soustavou jsou uvedeny na obr. 2. Uvedené způsoby minimalizují počet měřidel a upřednostňují levnější řešení při zachování dostatečné přesnosti měření:

- **maloplošné solární soustavy s vnitřními tepelnými výměníky** vestavěnými do zásobníků teplé vody nebo do zásobníků tepla - dodaná tepelná energie se měří v primárním okruhu s nemrznoucí směsí s využitím průtokoměru a dvou teplotních čidel napojeným na regulátor solární soustavy umožňující vyhodnocení a archivaci;
- **velkoplošné solární soustavy s vnějšími tepelnými výměníky** - dodaná tepelná energie se přednostně měří v sekundárním vodním okruhu tepelného výměníku s využitím kalorimetru;
- **solární soustavy pro ohřev bazénové vody** - dodaná tepelná energie se měří v primárním okruhu s nemrznoucí směsí s využitím průtokoměru a dvou teplotních čidel napojeným na regulátor solární soustavy umožňující vyhodnocení a archivaci;
- **solární soustavy s více okruhy** (zásobník teplé vody, bazén, příp. vytápění) - dodaná tepelná energie se měří v primárním nerozděleném okruhu s nemrznoucí směsí s využitím průtokoměru a dvou teplotních čidel napojeným na regulátor solární soustavy umožňující vyhodnocení a archivaci;
- **pro jiné typy solárních soustav** se použije analogický způsob.



Obr. 2 – Měření dodaného tepla u solárních soustav s vnitřním a vnějším výměníkem

Při měření dodaného tepla v okruhu s nemrznoucí směsí musí vyhodnocovací jednotka regulátoru umožnit entalpickou korekci podle typu kapaliny a jejího skutečného ředění s vodou.

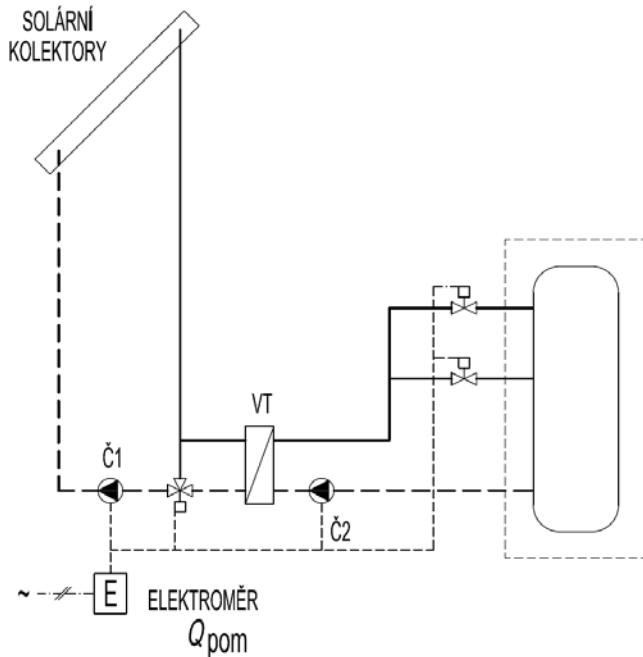
Kalorimetry nebo průtokoměry se instalují do zpětného potrubí. Teplotní čidla se instalují do přívodního a zpětného potrubí okruhu co nejbližší hranici mezi solární soustavou a tepelnou soustavou (aplikací), tzn. co nejbližší výměníku nebo zásobníku.

Měření pomocné elektrické energie pro pohon solární soustavy zahrnuje:

- oběhová čerpadla (primární, resp. sekundární okruh);
- regulace;

- elektricky ovládané ventily;
- další prvky.

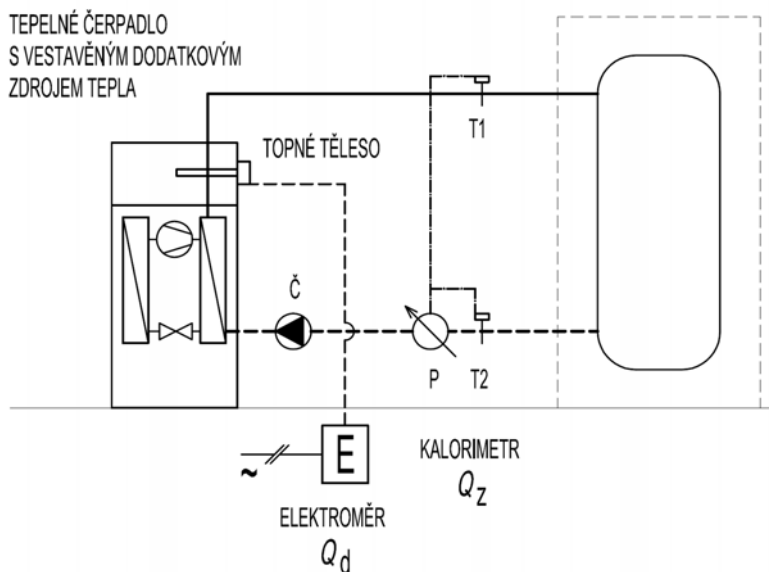
Příklad měření pomocné elektrické energie solární soustavy je uveden na obr. 3.



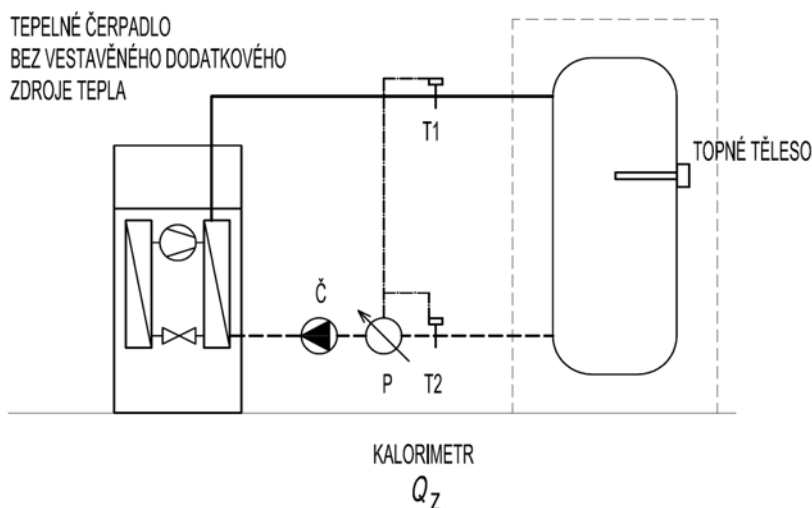
Obr. 3 – Měření pomocné elektrické energie pro pohon solární soustavy (vzorový příklad)

1.3. Tepelná čerpadla

Na obr. 4 a 5 jsou uvedena základní zapojení měření pro vyhodnocení obnovitelné tepelné energie dodané tepelným čerpadlem ve dvou základních případech umístění dodatkového zdroje tepla. V případě tepelného čerpadla s vestavěným dodatkovým zdrojem tepla (zpravidla elektrické topné těleso) je nezbytné měřit zvlášť celkové dodané teplo kalorimetrem a odebranou elektrickou energii dodatkovým zdrojem (prakticky se rovná dodané dodatkové energii) elektroměrem.



Obr. 4 – Měření dodané tepelné energie u tepelného čerpadla s vestavěným dodatkovým zdrojem tepla



Obr. 5 – Měření dodané tepelné energie u tepelného čerpadla s odděleným dodatkovým zdrojem tepla

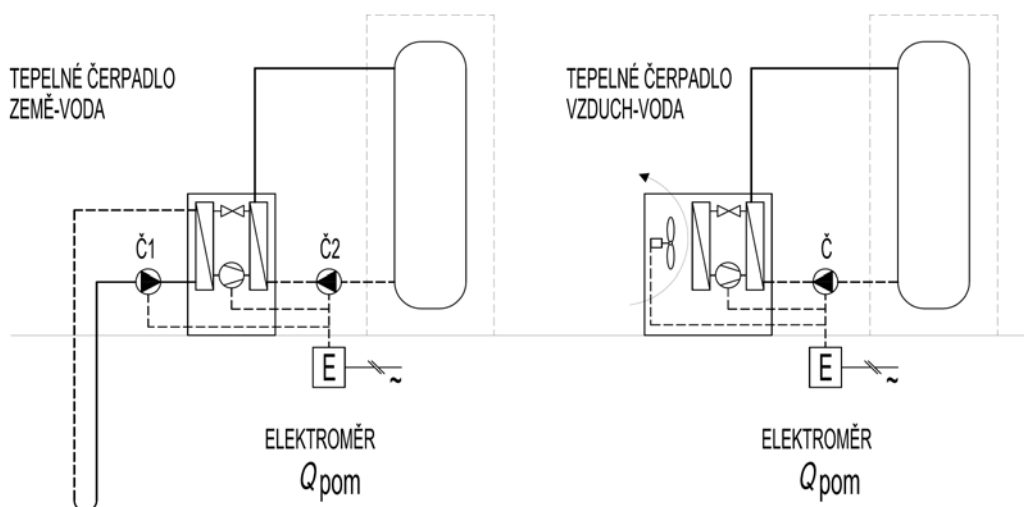
U tepelného čerpadla bez vestavěného dodatkového zdroje tepla není nezbytné energii dodanou dodatkovým zdrojem tepla vyhodnocovat.

Kalorimetry nebo průtokoměry se instalují do zpětného potrubí. Teplotní čidla se instalují do přívodního a zpětného potrubí okruhu OZT co nejbližší hranici mezi tepelným čerpadlem a tepelnou soustavou (zásobníkem tepla).

Měření pomocné elektrické energie pro pohon OZT s tepelným čerpadlem zahrnuje:

- kompresor;
- oběhová čerpadla primárního okruhu (nizkopotenciální zdroj tepla u typu země-voda, voda-voda);
- ventilátor (nizkopotenciální zdroj tepla u typu vzduch-voda);
- oběhová čerpadla sekundárního okruhu;
- elektricky ovládané ventily;
- další prvky.

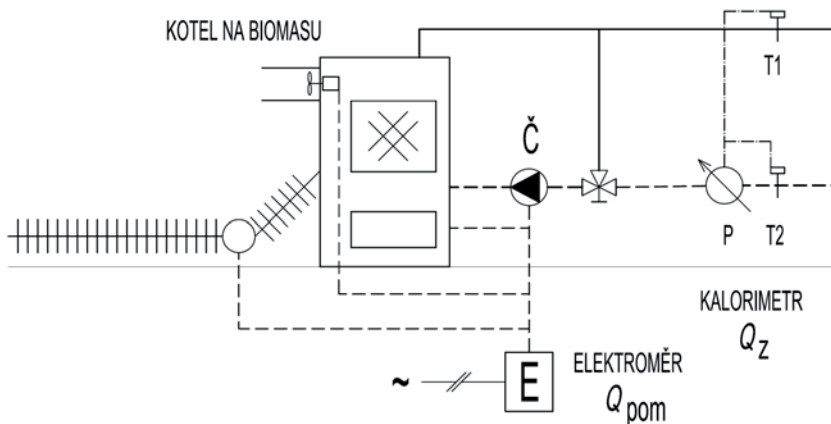
Příklad měření pomocné elektrické energie tepelného čerpadla je uveden na obr. 6.



Obr. 6 – Měření pomocné elektrické energie pro pohon tepelného čerpadla

1.4. Kotle na biomasu

Tepelná energie dodaná kotlem na biomasu do tepelné soustavy se měří kalorimetrem instalovaným ve zpětném potrubí ze zásobníku tepla s teplotními čidly v přívodním a zpětném potrubí (viz obr. 7).



Obr. 7 – Měření dodané tepelné energie a pomocné elektrické energie u kotle na biomasu

Měření pomocné elektrické energie pro pohon kotle na biomasu zahrnuje:

- kotel (regulace);
- spalínový ventilátor;
- podavač paliva;
- vyhrnovač popela;
- oběhová čerpadla sekundárního okruhu;
- další prvky.

Příklad měření pomocné elektrické energie pro pohon OZT s kotlem na biomasu (pelety) je uveden na obr. 7.

2. Zásady měření veličin

V následujícím textu jsou uvedeny základní principy měření hlavních veličin a zásady pro volbu a instalaci měřících přístrojů.

2.1. Teplota

Měření teplot v tepelných soustavách s OZT je důležité pro řízení samotného provozu tepelné soustavy, kontrolu funkce a pro vyhodnocování dodaných tepelných zisků.

2.1.1. Teplotní čidla

Pro měření teplot v primárních nebo sekundárních okruzích tepelných soustav s OZT se v naprosté většině používají odporová teplotní čidla založená na platinovém odporovém drátku o referenčním elektrickém odporu stanoveném pro 0 °C: 100 Ω (Pt100), 500 Ω (Pt500) nebo 1000 Ω (Pt1000). Platinová odporová čidla mohou být použita od -200 °C do 850 °C, nicméně jednotlivé typy a provedení se liší podle provozní teploty a přesnosti (třída A, B).

Z hlediska měření dodaného tepla, kde je nutné měřit přesně rozdíl teplot, jsou vhodná tzv. párová teplotní čidla ocejchovaná vůči sobě v třídě A, pro zajištění minimální odchylky. Vzájemná odchylka teplotních čidel pro běžné teplotní rozdíly 3 až 10 K by neměla být vyšší než ± 0,05 K. Pro přesná měření je vhodné použít na delší vzdálenosti (např. nad 20 m) čtyřvodičové zapojení teplotních čidel pro

kompensaci vlivu tepelného odporu přívodních vodičů. Teplotní čidla s vyšším elektrickým odporem jsou oproti Pt100 výhodnější v tom, že při stejné teplotní změně je změna odporu 5násobně (Pt500) až 10násobně (Pt1000) vyšší, tzn. při kratších vzdálenostech je možné je i pro přesné měření připojovat dvojvodičově.

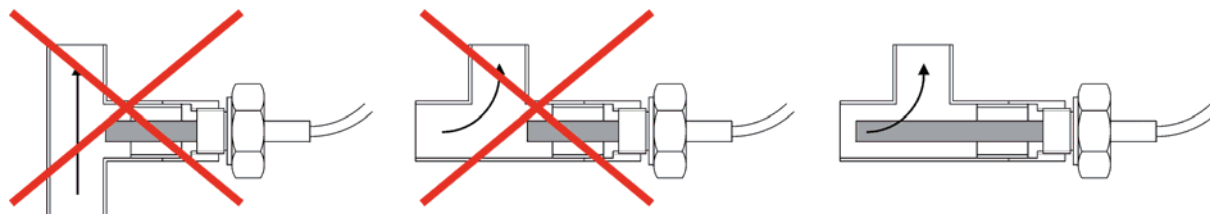
Vysoká teplotní odolnost předurčuje platinová čidla pro použití například v solárních kolektorech s vysokými stagnačními teplotami (kvalitní ploché kolektory, vakuové kolektory). Obal čidla musí samozřejmě zaručit vysokou odolnost proti pronikání vlhkosti k čidlu a odolat vysokým teplotám. Pro elektrickou izolaci vodičů čidel se používá silikon nebo teflon, místo běžného PVC. Takové izolace odolají bezpečně do 230 °C.

2.1.2. Umísťování teplotních čidel

Teplotní čidla mohou být v provedení pro instalaci do jímek nebo v bezjímkovém provedení. Umísťování čidel do jímek je výhodné z hlediska snadné výměny, na druhé straně je nutné zajistit tepelně vodivý kontakt mezi čidlem a jímkou (nejlépe kombinace těsná jímka – vodivá pasta). Jímka by neměla být masivní a měla by být z tepelně vodivého materiálu s nízkou tepelnou kapacitou pro zajištění rychlé reakce teplotního čidla na změnu teploty. V současné době jsou na trhu k dispozici měděné tenkostěnné jímkové, které by měly být spolu s tenkostěnnými nerezovými upřednostňovány před běžnými silnostěnnými ocelovými jímkami také s ohledem na menší sklon ke korozi. Bezjímkové provedení čidel vede k rychlejší reakci, zajištění dokonalého kontaktu čidla s měřenou kapalinou, nicméně jejich případná výměna je spojena s vypuštěním části tepelné soustavy.

Jímkové nebo bezjímkové čidla se do potrubí umísťují tak, aby je kapalina obtékala, nejlépe protiproudým způsobem (čidlo rozráží proud kapaliny, viz obr. 8). Je důležité, aby čidlo nebo jímka byly dostatečně dlouhé a zasahovaly do proudící kapaliny. Vhodná je instalace především do ohybů a kolen potrubí. Nevhodné je umístění čidel na koncích rovných úseků (v potrubí dochází k rozvrstvení teplot) nebo před průtokoměry (možné snížení přesnosti průtokoměru).

Pro účely vyhodnocování dodaného tepla není možné měřit teplotu kapaliny kontaktním teplotním čidlem přiloženým k trubce.



Obr. 8 – Nesprávné a správné umístění čidla / jímkové v potrubí

2.2. Průtok

Průtok se v soustavách s obnovitelnými zdroji tepla měří pro vyhodnocení tepelné energie dodané ze zdroje tepla do tepelné soustavy a pro zprovoznění tepelné soustavy a nastavení jejích jmenovitých parametrů.

2.2.1. Obecné požadavky na průtokoměry

Průtokoměry by měly dostatečně přesné a citlivé. Citlivost průtokoměru (pulzní číslo) může hrát svou roli především při měření dodaného tepla. Pulzní číslo průtokoměru by mělo odpovídat měřenému průtoku a době odběru. Například u solárních soustav je možné považovat jako dostatečné takové pulzní číslo, které umožní zápis alespoň 1 pulzu za 1 minutu (nejkratší uvažovaný čas běhu solární soustavy) při daném měřeném průtoku, zatímco u tepelných čerpadel, pracujících s konstantním výkonem po delší dobu je dostatečný 1 pulz za 5 minut při hodnotě měřeného průtoku.

Podobně jako teplotní čidla, musí být i průtokoměry odolné provozním teplotám (podnulovým pro primární okruhy tepelných čerpadel, do 120 °C v případě solárních soustav či kotlů na biomasu), případně musí být umístěny v takovém místě tepelné soustavy, kde nehrozí extrémní zatížení nevhodnými teplotami.

2.2.2. Plovákové průtokoměry

Pro nastavení a kontrolu průtoku tepelnou soustavou s OZT jsou rozšířené jednoduché plovákové průtokoměry, především u solárních soustav (součást kompaktních čerpadlových stanic). Plovák se pohybuje ve svislé, nahoru se rozšiřující, kuželové trubici. Průtočný průřez je dán mezerou mezi plovákem a trubicí. Tlakový spád pak hmotností plováku a jeho průřezem. V rovnovážné poloze se gravitační síla redukována o vztlak rovná síle způsobené tlakovým rozdílem mezi spodní a horní částí plováku. Plovák se při daném průtoku tedy ustálí v takové poloze, aby v mezeře mezi plovákem a stěnou trubice byl stále stejný tlakový spád. Výška, do které plovák vystoupí, je úměrná průtoku. Poloha plováku se odečítá na stupnici nanesené na trubicí nebo se snímá optickým snímačem a převádí na elektrický signál. Pro zajištění kompaktního tvaru a krátké délky trubice je u provozních plovákových průtokoměrů použita pružina působící na plovák proti pohybu kapaliny.

Měření průtoku běžnými plovákovými průtokoměry je orientační vzhledem relativně hrubé stupnici a nesnadno specifikovatelnému vlivu teploty na polohu plováku. Změna teploty má vliv na změnu viskozity měřené tekutiny (změna odporu třením), změnu její hustoty (změna vztlaku), na změnu velikosti štěrbiny vlivem rozdílné teplotní roztažnosti materiálu plováku a trubice, případně na vlastnosti pružiny. Měření proto není příliš vhodné pro vyhodnocování dodaného tepla a je třeba přihlížet k deklarované přesnosti.

Plovákový průtokoměr se často používá v čerpadlových jednotkách solárních tepelných soustav, kde slouží kromě nastavení požadovaného průtoku slouží také jako zpětná klapka. Teplotní odolnost běžných typů plovákových průtokoměrů se pohybuje okolo 130 °C, u speciálních typů určených přímo pro solární soustavy až 180 °C.

2.2.3. Rychlostní (mechanické) průtokoměry

U rychlostních měřidel proudící tekutina působí na soustavu lopatek oběžného kola, které roztáčí. Otáčky kola se přenášejí na počítadlo nebo se snímají bezdotykově a elektronicky vyhodnocují (čítačem). Tato měřidla udávají celkový proteklý objem, nikoli okamžitý průtok. Přístroje s axiálním nebo radiálním vstupem tekutiny na oběžné kolo se nazývají turbínové průtokoměry, přístroje s tečným vstupem se nazývají lopátkové průtokoměry. U dobře provedených přístrojů je nad spodní mezí (3 až 5 % rozsahu) lineární závislost mezi průtokem a otáčkami oběžného kola.

Vzhledem k nízké ceně jsou rychlostní lopátkové nebo turbínové průtokoměry velmi používané pro měření průtoku v tepelných soustavách. Na druhé straně obsahují pohyblivé části, které se časem opotřebovávají, jejich přesnost se může postupně zhoršovat a po určité době je nutné je vyměnit, opravit či znovu ocejchovat. Nečistoty v teplotnosné kapalině mohou způsobit jejich poruchu. Nevýhodou rychlostních průtokoměrů je jejich trvalá provozní tlaková ztráta způsobená hydraulickým odporem roztáčeného členu, která má za následek zvýšenou provozní spotřebu elektrické energie tepelné soustavy s OZT.

2.2.4. Ultrazvukové průtokoměry

Principem ultrazvukových (ultrasonických) průtokoměrů je vektorové skládání rychlosti tekutiny a rychlosti šíření ultrazvukové vlny. Dvě stanice, jedna jako zdroj a druhá jako přijímač ultrazvuku, jsou zabudovány buď šikmo napříč potrubím (diagonálně proti sobě), na stejné straně (využití odrazu ultrazvuku) nebo jsou použity pro snímání ultrazvuku dvě stanice za sebou (dvoustopé provedení). Z rychlosti šíření signálu je možné při známém průřezu určit průtok kapaliny.

Ultrazvukové průtokoměry jsou vhodné k měření průtoku vodivých i nevodivých kapalin (propylenglykol). Podmínkou správného měření je dodržet výrobcem požadované délky rovných úseků potrubí před průtokoměrem a za ním, kvůli ustálení rychlostního profilu (uklidňovací délka). Jejich výhodou je velký rozsah měřených průtoků, vysoká přesnost měření, dlouhodobá stabilita a zanedbatelná tlaková ztráta.

2.2.5. Indukční průtokoměry

V magneticko-indukčním průtokoměru proudí kapalina v magnetickém poli vytvořeném mezi póly magnetu. Obsahuje-li kapalina ionty, jsou vychylovány ve směru kolmém k siločáram magnetického pole. Pokud jsou v těchto místech elektrody, shromáždí se na nich náboje, které vytvoří elektrické pole. Snímané indukované napětí je úměrné rychlosti proudění kapaliny. Indukční průtokoměry jsou vhodné především pro **měření průtoku vody s předepsanou elektrickou vodivostí**, jejich přesnost je závislá na kvalitě vody. Pro měření průtoku nemrznoucích směsí jsou indukční průtokoměry (kalibrované vždy pro vodu) nevhodné vzhledem k odlišným elektrickým vlastnostem nemrznoucích kapalin od vlastností vody. Indukční průtokoměry, podobně jako ultrazvukové, vyžadují uklidňující délku potrubí před a za průtokoměrem (okolo 50 mm).

2.3. Teplo, tepelná energie

Dodané (a měřené) teplo ze zdroje tepla (OZT) do tepelné soustavy se stanoví ze vztahu

$$Q = \dot{V} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{s2} - t_{s1}) \cdot \tau \quad (2)$$

kde

\dot{V} je průtok teplotnosné kapaliny soustavou, m³/s;

ρ hustota teplotnosné kapaliny, v kg/m³;

c měrná tepelná kapacita teplotnosné kapaliny, v J/(kg.K);

t_{s2} teplota teplotnosné kapaliny přiváděné ze zdroje tepla do tepelné soustavy, ve °C;

t_{s1} teplota vychlazené teplotnosné kapaliny přiváděné z tepelné soustavy do zdroje tepla, ve °C;

τ časový úsek měření, v s.

Z výše uvedeného vyplývá, že pro měření a vyhodnocení tepla je nutné použít průtokoměr a dvě teplotní čidla spolu se znalostí termofyzikálních vlastností teplotnosné kapaliny. Pokud je to možné, mělo by měření a vyhodnocování dodaného tepla být umístěno v takové části tepelné soustavy, kde se výrazně nemění průtok (stabilita měření, přesnost měření). Pro zajištění dostatečné přesnosti měření rozdílu teplot Δt je nutné použití párovaných teplotních čidel. Důležitá je také měřená hodnota rozdílu teplot, která by měla být vyšší než 2 K. Tomu musí samozřejmě odpovídat nastavení průtoku v měřeném okruhu.

Kompaktní kalorimetry

Přímé měření dodaného tepla k tomu určenými měřidly (kalorimetry) je možné využít pokud je teplotnosnou kapalinou voda. Kalorimetry jsou dodávány v kompaktní konstrukci nebo v provedení s integrační jednotkou a jsou cejchovány pro vodu, často včetně entalpické korekce na změnu termofyzikálních vlastností vody s teplotou. Vlastní výpočet předané tepelné energie ze změřeného průtoku a teplotního rozdílu zajišťuje integrační jednotka, která umožňuje i vyhodnocení minimálních a maximálních teplot, protečeného množství kapaliny, atd.

V případě použití nemrznoucích směsí v primárních okruzích solárních soustav, nelze kalorimetry přímo použít jednak kvůli termofyzikálním vlastnostem nemrznoucích kapalin obecně odlišným od vody a jednak kvůli závislosti vlastností na směšovacím poměru směsí (různě naředěné nemrznoucí směsi).

Regulátory pro měření dodaného tepla

Pro měření dodaného tepla v okruzích s nemrznoucí směsí (solární soustavy) jsou uzpůsobeny vyšší generace solárních regulátorů, které jednak umožňují zapojit více teplotních čidel (přívodní, zpětné potrubí) a jednak snímat pulzní výstup odpovídajícího průtokoměru. Na základě zadaného typu nemrznoucí teplotnosné kapaliny a poměru jejího ředění s vodou pak program regulátoru stanoví výpočtem podle použité nemrznoucí směsi dodanou tepelnou energii. Pro správné měření je nutné mít spárovaná teplotní čidla, případně provést korekci. Oproti starším typům regulátorů, které pouze načítaly údaje o dodané energii bez ukládání, současné typy jsou vybaveny pamětí a umožňují ukládání hodnot pro vytváření měsíčních statistik.

2.4. Elektrická energie

V soustavách s OZT se měří elektrická energie:

- předaná do tepelné soustavy jako energie dodatkového zdroje tepla (např. elektrokotel, elektrické otopné těleso v zásobníku);
- zabezpečující provoz vlastního zdroje tepla (např. příkon tepelného čerpadla);
- zajišťující funkci soustavy s OZT (pomocná energie: např. pro oběhová čerpadla, ventilátory, regulátor, aj.).

Elektrická energie, tj. práce elektrického proudu, se měří elektroměry. Pro měření spotřeby elektrické energie ve střídavých jednofázových i trojfázových sítích se používají:

- indukční elektroměry;
- elektronické impulzní elektroměry.

2.4.1. Indukční elektroměry

Indukční elektroměry jsou založeny na otáčení kovového kotouče vyvolaným magnetickým polem proudové a napěťové cívky. Magnetické toky vytvářejí podobně jako v jednofázovém indukčním motoru točivé magnetické pole, které otáčí kotoučem, kterým protékají vířivé proudy. Točivý moment je úměrný proudu v proudové cívce, tedy v měřené síti odběratele elektrické energie. Otáčející se kotouč pohání bubínkové mechanické počítadlo s takovým (šnekovým) převodem, že údaj na počítadle odpovídá spotřebě elektrické energie v kWh.

2.4.2. Elektronické elektroměry

U elektronických impulzních elektroměrů se využívá elektronického wattmetru (měří se vnitřní pulzy generované polovodičovým relé uměrně měřené energii) a konstanta elektroměru se udává v impulzech na 1 kWh. Přístroje mají mnoho funkcí, například měření maximální spotřeby, více sazbové měření, ukládání časového odběrového diagramu do paměti, komunikace s počítačem či datová komunikace po rozvodné síti. Elektronické elektroměry jsou zpravidla vybaveny LCD displejem (levnější) nebo mechanickým čísleníkem (dražší).

Zapojení elektronických elektroměrů je vhodné provést do rozvaděče na DIN lištu. Galvanicky oddělený pulzní výstup umožňuje externí měření spotřeby elektrické energie (svorky S0). Pulzní číslo by mělo odpovídat odebíranému elektrickému příkonu. Některé typy elektroměrů umožňují nastavení pulzního čísla.

3. Odkazy

[1] Implementační dokument Operačního programu Životní prostředí ze 3. 12. 2009, SFŽP ČR, MŽP.