

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2016

JAN DROBÍLEK

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav techniky a automobilové dopravy



Snímače teploty
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Dr. Ing. Radovan Kukla

Vypracoval:
Jan Drobílek

Brno 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: *Snímače teploty* vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

„Děkuji Dr. Ing. Radovanu Kuklovi, vedoucímu bakalářské práce, za odborné vedení, technické rady a podnětné připomínky.“

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce pojednává o snímačích teploty a o jejich použití. Práce je rozdělena do tří částí. První část popisuje teoretické přehledy snímačů teploty. Následující část se zabývá využitím snímačů ve strojírenských technologiích. Závěrečná oddíl je věnovaná způsobům, které dnes využíváme u přenosu a ukládání dat z teplotních snímačů.

Klíčová slova: snímač, teplota, přenos dat.

This thesis is focused on the temperature sensor and on their application. The thesis is divided into three parts. The first one describes theoretical outline temperature sensor. The second part is devoted using time sensor in mechanical engineering. The final section is about how we can use transmission and deposition data from temperature sensor.

Key words: sensor, temperature, data deposition.

OBSAH

ABSTRAKT	6
OBSAH	7
1 ÚVOD.....	9
2 CÍL PRÁCE.....	10
3 PŘEHLED SNÍMAČŮ TEPLoty.....	11
3.1 Základní rozdělení snímačů teploty	11
3.2 Teorie měření teploty	11
3.2.1 Teplota.....	11
3.2.2 Rozdělení teploměrů	12
3.3 Metody měření teploty	14
3.3.1 Kontaktní metody měření teploty.....	14
3.3.2 Bezkontaktní metody měření teploty	20
4 VYUŽITÍ SNÍMAČU VE STROJÍRENSKÝCH TECHNOLOGIÍCH	24
4.1 Ponorné snímače teploty	24
4.1.1 Platinový ponorný snímač	25
4.1.2 Niklový ponorný snímač	26
4.2 Kanálový snímač teploty.....	27
4.2.1 Kanálový snímač teploty T1 (PTC)	29
4.2.2 Kanálový snímač teploty NTC 10k.....	30
5 UKLÁDÁNÍ A PŘENOS DAT ZE SNÍMAČŮ.....	32
5.1 Přenos dat ze snímačů	32
5.2 Základní přehled přenosu dat ze snímačů	32
5.2.1 Proudová smyčka pro přenos dat ze snímače.....	32
5.2.2 Prostřednictvím kabelů.....	35
5.2.3 Optické vlákno	37
5.2.4 Wi-Fi	38
5.2.5 IrDA	39
5.2.6 Bluetooth	39
5.3 Ukládání dat ze snímačů	40

5.3.1	Teplotní snímač s přenosem dat po ethernetu TME.....	40
5.3.2	Ukládání dat do databázového systému	41
5.4	Vyhodnocení přenos a ukládání dat ze snímače	42
6	ZÁVĚR	43
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	44
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	46
9	SEZNAM GRAFŮ	47
10	SEZNAM TABULEK.....	48

1 ÚVOD

Z historického hlediska byla teplota a možnost jak ji určit objektem pro velkou řadu významných badatelů. V dnešní době je technologie týkající se měření a zaznamenávání údajů o teplotě využívána napříč celým dodavatelským spektrem počínaje výzkumem, přes výrobu až po dodání konečnému zákazníkovi. Načež je kladen velký důraz na přesnost a specializaci měřicích zařízení. Získaná data prostřednictvím snímačů teploty jsou využívána pro nastavení výrobních a technologických procesů, dále slouží ke kontrole provozního stavu výrobních linek a strojů. Díky regulaci výrobního procesu je tak možné dosáhnout požadované jakosti finálních výrobků.

Metody měření teploty je možné rozdělit na kontaktní, při které jsou využívány kontaktní teploměry různých druhů a bezkontaktní rozlišující se na bolometry, termoelektrické a pyrometrické snímače.

Záměrem bakalářské práce je rozdělení základních snímačů teploty dle jejich využití, přehled metod měření teploty, analýza a srovnání vybraných snímačů ve strojírenských technologiích u ponorných a kanálových snímačů. Poslední část bakalářské práce je věnována možnostem přenosu a ukládání dat ze snímačů a variantám propojení mezi diagnostickým zařízením či firemní sítí.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce na téma „Snímače teploty“ vytvoření teoretického přehledu snímačů teploty, je zde popsán jejich princip a následné použití v praxi. V prostřední části je porovnání dvou snímačů a to kanálového a ponorného. Třetí část je bližší popis přenosu dat, bezdrátového přenosu a přenosu pomocí kabelů. Závěrečná část je určena způsobu jak ukládáme data ze snímačů.

3 PŘEHLED SNÍMAČŮ TEPLoty

V dnešní době jsou snímače teploty neodmyslitelnou součástí v technologiích. Tato část pojednává o základním teoretickém přehledu teplotních snímačů. Přehled je zaměřen spíše na elektrické snímače.

3.1 Základní rozdělení snímačů teploty

- Snímače pro dotykové měření teplot
 - Elektrické – kovové odporové, polovodičové odporové, monokrystalické s PN přechodem a bez přechodu PN, termoelektrické, krystalové
 - Dilatační – kapalinové, plynové, bimetalové, parní, tlakové, skleněné
 - Speciální – akustické, šumové, teploměrné barvy, tekuté krystaly, kapacitní, magnetické, uhlíkové
- Snímače pro bez dotykové měření teplot
 - Tepelné – pyrometry, spektrální pyrometry, pásmové pyrometry, tepelné snímače, bolometry
 - Kvantové (fotodetektory) – fotorezistor, fotodioda, (ĎAĎO, S. – KREIDL)

3.2 Teorie měření teploty

3.2.1 Teplota

Teplota je termodynamická stavová veličina definovaná na základě účinností vratného Carnotova cyklu. Účinnost vratných Carnotových cyklů pracujících mezi stejnými lázněmi určitých teplot je závislá na těchto teplotách a nezávislá na použité teploměrné látce. (ĎAĎO, S. – KREIDL)

$$\eta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

Kde: η – účinnost cyklu

Q_2 – je odebrané teplo teploměrnou látkou z lázně s teplotou T_2

Q_1 – je odevzdané teplo teploměrnou látkou do lázně s teplotou T_1

Platí: $T_2 > T_1$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{Q_2}{Q_1}$$

Dokonalý tepelný stroj pracující na principu Carnotova cyklu nejsme schopni zhotovit. Nicméně teploměrnou látkou může být také ideální plyn, pro který je shodný také Carnotový cyklus termodynamické rovnice. (ĎAĎO, S. – KREIDL)

$$p V = R_m T$$

Kde: R_m – je plynová molární konstanta

V – je objem plynu

T – je teplota plynu

Při konstantním objemu V vyplývá z předešlého vztahu tzv. plynová termometrie

$$p = T \frac{p_0}{T_0}$$

Kde: p_0 – $1,01325 \cdot 10^5$ Pa

T_0 – 273,15 K

Teplotní stupnice – je formulovaná na základě trojného bodu vody, tj. na základě rovnovážného stavu tří skupenství vody (vody, ledu a syté vodní páry). Hodnota teploty trojného bodu vody byla pevně stanovena: $T = 273,15$ K.

Základní jednotkou teploty – termodynamické teploty je kelvin [K] dále také stupeň Celsia [$^{\circ}$ C]. (ĎAĎO, S. – KREIDL)

3.2.2 Rozdělení teploměrů

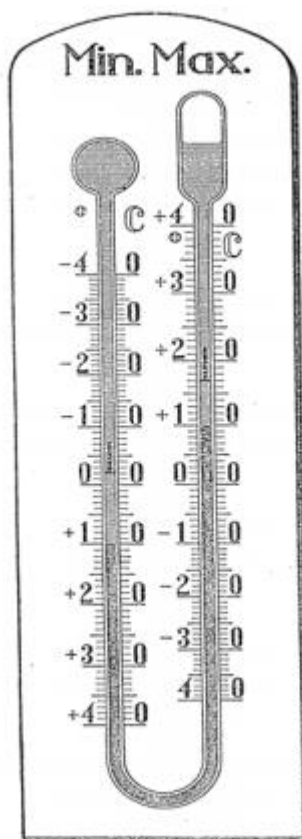
Klasické teploměry:

- Kapalinový teploměr – zde se využívá teplotní roztažnosti teploměrného média. Médium může být např. líh, rtuť apod.
- Bimetalový teploměr – je takový, který využívá teplotní roztažnosti dvou kovů, které jsou k sobě pevně připevněny. Možnosti upevnění mohou být slisováním nebo spojen plošným svárem. Při změně teploty se bimetalový pásek začne ohýbat.
- Plynový teploměr – teploměr využívá závislosti tlaku plynu na teplotě při konstantním objemu.
- Odporový teploměr – teploměr využívá závislosti teploty na odporu vodiče nebo polovodiče.
- Termoelektrický teploměr – teploměr využívá změnu teploty spoje dvou odlišných kovů a vzniká termoelektrické napětí.

- Radiční teploměr – teploměr měří teplo vyzářené z měřícího materiálu.

Speciální teploměry:

- Kontaktní teploměr – u tohoto typu teploměrů dojde k sepnutí při dosažení nastavené teploty u teploměru. Využití těchto teploměrů může být např. u vzduchotechnických zařízení, automatizovaném systému a v automobilovém průmyslu.
- Maximo-minimální teploměr – tento teploměr si pamatuje minimum a maximum při dosažení teploty za kontrolovaný časový úsek.



Obrázek 1 Sixtův maximo-minimální teploměr (fyzweb.cz)

Teploměr maximo-minimální vynalezl v roce 1782 James Six, proto se nazývá Sixtův teploměr. Tento teploměr má dvě stupnice spojené do tvaru U. Rtuťový sloupec má za poslání pohybovat s indexy, které posluhují k zaznamenání minimální a maximální teploty. Vynulování se provádí buď magnetem popřípadě speciálním tlačítkem uprostřed přístroje. Při vynulování se indexy srazí na aktuální hodnotu teploty. (fyzweb.cz, Stanice a přístroje Skřehot)

3.3 Metody měření teploty

3.3.1 Kontaktní metody měření teploty

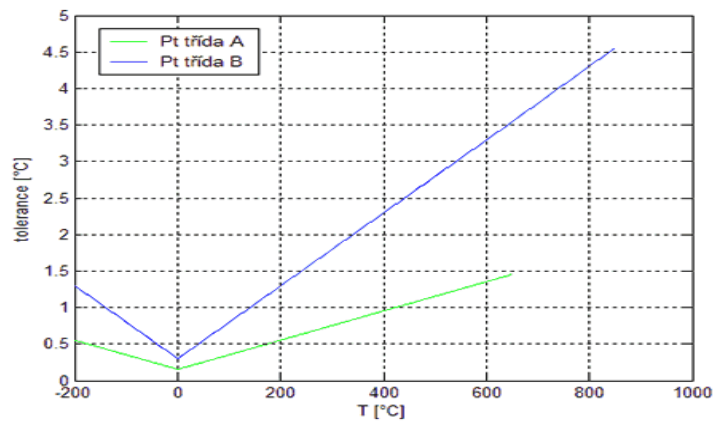
Odporové kovové snímače teploty

Snímače využívají vlastnosti kovu. Kde se změnou teploty mění odpor materiálu. Nejčastěji užívané materiály u snímače jsou měděné, platinové, molybdenové, niklové vodiče a pro extrémně nízké teploty od 0,5K slitiny Pt-Co. Konduktivita je fyzikální veličina určující schopnost vést elektrický proud v daném materiálu. Materiál s vysokou konduktivitou je dobrý vodič elektrického náboje a materiál s nízkou konduktivitou vede hůře elektrický náboj. S měnící se teplotou se konduktivita mění, u polovodičů velmi výrazná. (ĎAĎO, S. – KREIDL)

$$\sigma = n e^2 \frac{\tau}{m}$$

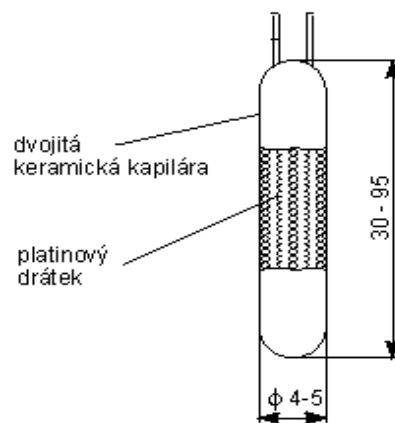
Kde σ – konduktivita
 n – počet elektronů v jednotkovém objemu
 e – elementární náboj
 τ – relaxační čas elektronů
 m – hmotnost nosiče náboje

Platinový odporový snímač – je jeden z nejpoužívanějších, platina se vyznačuje tím že, nereaguje s jinými látkami, časovou stálostí a vysokou teplotou tání. Výroba měřicího odporu může být drátovou, tenkovrstvou a tlustovrstvou technologií. Platinový drát (ϕ od 0,01 mm do 0,05 mm) je stočen do spirály a je zatavený do keramického nebo skleněného tělíska. Mezinárodní komisi IEC (International Electrotechnical Commission) platinové měřicí odpory rozděluje do tolerančních tříd. Třída A je určena pro teploty od -200 °C do 650 °C a třídy B pro teploty od -200 °C do 850 °C. (ĎAĎO, S. – KREIDL, uprt.vscht.cz.)



Graf 1 Toleranční třídy (vyvoj.hw.cz)

Základní odpor Pt při 0 °C je $R_0 = 100 \Omega$ dále se vyrábějí tyto rozsahy Pt snímačů 50, 200, 500, 1000 a 2000 Ω . Z dlouhodobého hlediska stabilita Pt měřicích odporů záleží na čistotě materiálu. (ĎAĎO, S. – KREIDL, uprt.vscht.cz)



Obrázek 2 Platinový odporový snímač (uprt.vscht.cz)

Niklový odporový snímač – je vyráběn tenkovrstvou technologií, při níž se niklový odpor vytvoří na ploché korundové destičce technikou napařování a iontového leptání. Snímač se vyrábí z čistého niklu nebo ze slitin např. manganem pro měření teploty -196 °C. Výhody niklového snímače jsou vysoká citlivost, malé rozměry a rychlá časová odezva. Nevýhody je menší rozsah od -60 °C do 180 °C a dlouhodobá stálost. Niklový odpor je výrazně nelineární na rozdíl od platiny. (ĎAĎO, S. – KREIDL, uprt.vscht.cz)

Měděný odporový snímač – využití mědi je od -200 °C do 200 °C. Výhoda je přímé měření měděného vinutí elektromotoru. Nevýhody malá rezistivita a snadné oxidace mědi z těchto důvodů se běžně nevyrábějí. (ĎAĎO, S. – KREIDL, uprt.vscht.cz)

Tabulka 1 Přehled rozsahů snímačů (uprt.vscht.cz)

	Teplotní součinitel α [K ⁻¹]	Meze použití [°C]
Platina	3,85 - 3,93	-200 až 850
Nikl	6,17 - 6,70	-60 až 200
Měď	4,26 - 4,33	-50 až 150

Polovodičové odporové snímače teploty

Polovodičové snímače pracují na stejném principu jako kovové odporové snímače. Snímače mají teplotní součinitel jak kladný tak i záporný. S rostoucím proudem se snižuje měrný elektrický odpor polovodičového snímače. Při zvětšující se teplotou měrný elektrický odpor polovodičového snímače klesá. (ĎAĎO, S. – KREIDL, HRUŠKA)

Odporové polovodičové snímače teploty můžeme rozdělit na:

- Termistory – pozitory (PTC) a negastory (NTC)
- Monokrystalické odporové snímače – s jedním přechodem PN, s více přechody PN a bez přechodu PN

Termistory

Termistor má velmi nelineární závislost odporu na teplotě. Dále dělíme podle skladby materiálu amorfni (beztvarou) a polykrystalickou (mnoho krystalickou).

Negastory NTC – snímače se zpravidla vyrábějí práškovou technologií ze směsi oxidu kovů. Nejpoužívanější oxidy jsou nikl (NiO), měď (CuO), železo (Fe₂O₃), mangan (MnO), kobalt (CoO), titan (TiO₂) a mnoho dalších. Směs dvou nebo více oxidů kovu jsou ve formě prášku, které se vyrábí spékáním, lisováním a slisováním za vysokých teplot. Různorodé spojování oxidu kovu a jejich množství materiálu nám umožní získat různých odporů termistorů od 0,1Ω až do několika MΩ. Dnes se vyrábějí perličkové, tyčinkové, šroubové a destičkové. Nejvíce rozšířené jsou perličkové termistory ve skleněném držáku, rozměry perličky mohou být od 0,2 až 3mm. Výhodou perličkových je malá velikost a kontakty umístěné uvnitř termistoru. Termistory s metalizovanými kontakty se vyrábí ve formě trubiček, disku a terče. Rozsah využití negastoru je od -80 °C do 200 °C. Výhody negastoru je velká citlivost, malé rozměry,

malá hmotnost, krátká časová odezva a široké rozpětí odporových hodnot. Nevýhody negastoru při přehřátí dojde k poškození, velká nelinearita, nižší stabilita snímače a podléhá umělému stárnutí (až 1000h). Snímače se rovněž využívají jako snímače fyzikálních veličin např. požární hlásič, termostat, měření rychlosti proudění kapalin, plynů a popřípadě jako teplotní kompenzace součástek. Miniaturní negastor má rozměry 460*60*0,5 μm je vyroben z polykrystalického křemíku dopovaného borem, tento mini negastor má teplotní rozsah od -170 °C do 450 °C. (ĎAĎO, S. – KREIDL, HRUŠKA)

Pozistory PTC – snímače mají kladný teplotní součinitel odporu, při stoupaní teploty ze záporných hodnot dochází prvotně k malému snížení odporu. Při dosažení Curieovi teploty výrazně odpor narůstá, po dosažení následující tepelné meze se naopak odpor zmenšuje. Polovodičové pozistory se vyrábějí z polykrystalické feroelektrické keramiky. Nejčastěji jsou to sloučeniny z titaničitanu barnatého (BaTiO_3), olova a stroncia s příměsí křemíku. Máme dvě skupiny pozistorů Si pozistory a klasické pozistory. Si pozistory se využívají k teplotní regulaci a ochraně. Běžné využití snímačů v praxi je pro spojitě měření v určitém úzkém pásmu teplot, mnohdy jsou PTC využívány jako ohřívací odpory pro nižší rozsahy teplot ohřátí, nejnámější použití je to pro ohřev skel automobilů. (ĎAĎO, S. – KREIDL, HRUŠKA)

Monokrystalické odporové snímače

Monokrystalické snímače teploty bez PN přechodu se vyrábí z křemíku (Si), germania (Ge), a jejich sloučenin.

- Křemíkové snímače teploty – jsou vhodné pro měření teplot v rozmezí od -150 °C do +350 °C. Výhody u křemíkových snímačů lepší teplotní stabilita a pořizovací cena oproti odporovým platinovým snímačům. Nevýhodou je nelinearita a nedají se nahradit Pt snímači při teplotách nad 300 °C.
- Germaniové snímače teploty – využití pro měření nízkých teplot -190 °C.
- Indiové snímače teplot – snímač má lineární závislost odporu na teplotě v hodnotách od -196 °C do 100 °C. (ĎAĎO, S FRANK, ŠNEJDAR, HRUŠKA)

Monokrystalické odporové snímače s PN přechodem využívají závislosti PN přechodu na teplotě. Tyto snímače lze rozdělit na diodové snímače a tranzistorové snímače.

- Germaniový diodový snímač teploty – snímače se využívají pro měření nízkých teplot – 190 °C i nižších.

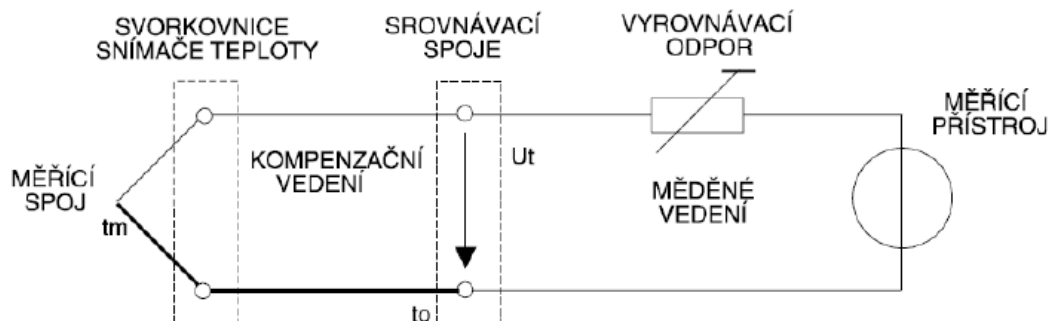
- Křemíkový diodový snímač teploty – využití pro teploty od - 50 °C do 150 °C
Výhody diodových snímačů je časově konstantní, dobré dynamické vlastnosti dobrá časová stálost.
- Tranzistorové PN snímače teploty – pracují na obdobném principu jako diody. Využívají teplotní závislosti změny báze a emitoru na teplotě v propustném směru. (ĎAĎO, S. FRANK, ŠNEJDAR, HRUŠKA)

Termoelektrický snímač teploty (termočlánek)

Termoelektrický snímač je složen ze dvou odlišných kovů z materiálu A a B, které jsou na každé straně vodivě spojeny. Jestliže se teplota změní na jednom konci, vzniká termoelektrické napětí (U) a termoelektrický proud (I).

- Požadavky na termočlánek:
 - Lineární přírůstek v závislosti na teplotě.
 - Odolnost proti mechanickým vlivům.
 - Odolnost proti chemickým vlivům.
 - Stabilitu údajů.
 - Vyšší hodnotu termoelektrického napětí.

V praxi se termočláanky označují velkými písmeny podle normy IEC 584.1. Nejrozšířenějším typ termočláanky je J složený z železa – měďniklu používá se pro teploty od - 200 °C do 600 °C. Termočlánek typu K se používá k vyšším teplotám od -50 °C do 1000 °C a je složen z niklchromu – niklhlíníku. Další typ termočláanky je S složený z platinarhodium – platina, tady hodnoty začínají od 0 °C až do teplot 1800 °C a tato teplota je pro krátkodobé použití. (ĎAĎO, S FRANK, ŠNEJDAR, HRUŠKA)



Obrázek 3 Schéma termočláanky (tzb-info.cz)

Využívané typy termočláanky jsou v rozmezí od - 200 °C až 2800 °C.

Výhody u termočlánků:

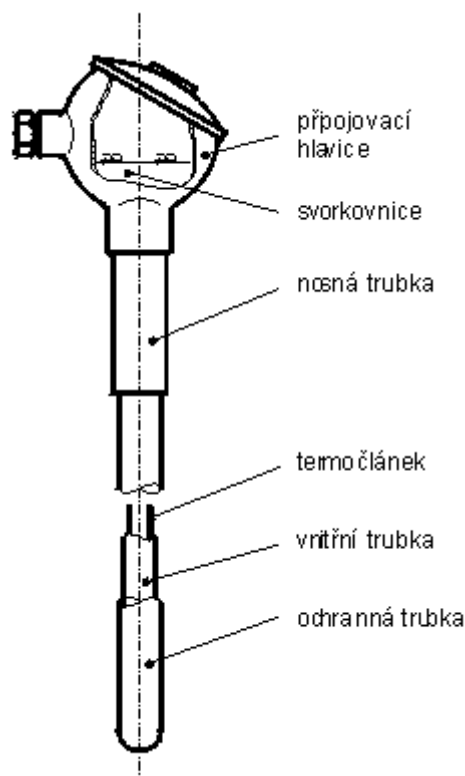
- Nižší cena
- Široké teplotní rozsahy až 2800 °C
- Velké využití termočlánků

Nevýhody u termočlánku:

- Nižší citlivost
- V místě spoje dvou kovů nastává stárnutí materiálu
- Teplotní charakteristika je nelineární

Termoelektrické snímače patří k nepoužívanějším snímačům a využíváme je k měření vysokých a nízkých teplot.

Vodiče v termočlánku jsou do sebe vzájemně elektricky odizolovány keramickými trubičkami. U plášťových termočlánků jsou vodiče vloženy v niklové trubičce a obsypány keramickým práškem. Kovový plášť má průměr 0,15 až 10mm, tyto snímače lze ohýbat mají nižší časovou stálost a využívají se u hůře dostupných míst. (ĎAĎO, HRUŠKA)



Obrázek 4 Plášťový snímač teploty (cz.krohne.com)

Snímač by se po určitých intervalech měl kontrolovat, doporučená doba je 1 nebo 1,5 roku. Pro zjištění kondice snímače se využívá měření odporu, při odporu snímače

udávaném výrobcem je jeho stav uspokojivý, zatím co při odporu snímače, který překračuje tuto hodnotu, nám odpor napovídá, že životnost termočlánku je u konce.

3.3.2 Bezkontaktní metody měření teploty

Každý materiál, jehož teplota je vyšší než $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ vylučuje kolem sebe elektromagnetické záření. Povrchová teplota se určí pomocí elektromagnetického záření, emise záleží na teplotě materiálu a na vlastnostech materiálu.

Tepelné snímače

Záření materiálu dopadá na povrch tepelného snímače. Povrch snímače pohlcuje teplo, tudíž se zvyšuje teplota snímače. Teplotu nelze měřit přímo, proto se teplota mění na jinou fyzikální veličinu. Výhoda je vysoká citlivost snímače a nevýhoda velká časová konstanta. (Lysenko V)

Další rozdělení tepelných snímačů:

- Termoelektrické snímače
- Bolometry
- Pyrometrické snímače

Termoelektrické snímače IR (tzv. termočlánková baterie)

Termoelektrický snímač je vyráběn z termočlánků, které jsou zapojeny sériově. Termočlánků může být za sebou zapojeno od pár kusů až po několik desítek. Elektromagnetické záření je dodávané do vstupního okénka, toto okénko slouží jako filtr. Plocha pohlcující záření je pokryta černým lakem. V tomto místě snímač pohltí záření a přemění v teplo. Výsledkem rozdílného tepla je termoelektrické napětí, které je u srovnávacího spoje s pouzdem termočlánku a samotných termočlánků dotýkajících se absorpční plochy. Propustnost snímače je závislá na vlnové délce, která je nad $5\mu\text{m}$. Dnes se vyrábí termoelektrické snímače drátkovou technologií, technologií tenkých vrstev nebo tenkými kovovými páskami. Rozsah termočlánkové baterie závisí na propustnosti vstupního okénka. Vstupní okénko je vyráběno z teflonu, polyethylenu a křemene.

Bolometrické snímače IR

Bolometrické snímače se vyrábějí z odporového čidla. Elektromagnetické záření dopadá na vstupní okénko, které ohřívá odporový snímač. Okénko plní funkci filtru, které musí rozpoznat nežádoucí záření. Odporová čidla jsou polovodičová nebo kovová

odporová. Bolometry se vyrábí jako mikrobolometry a jednoduché, jednoduché mohou být klasické nebo integrované. U klasických absorpční vrstva je tvořena platinou popřípadě zlatou černí, aby se zachovala co nejúčinnější absorpce záření. Integrované jsou mnohem používanější než klasické, pracují na stejné bázi jako klasické, odporový pásek se vyrábí z MgO, MnO a NiO. Mikrobolometry jsou sestaveny do matic, tyto snímače nazýváme jako bolometrické pole. Využití bolometrických polí je u termovizních kamer. Výhodou mikrobolometrů jsou jejich malé rozměry, časová konstanta, vysoká citlivost a velkou nevýhodou je vysoká pořizovací cena. (Lysenko V)

Pyrometry

Pyrometr vyhodnocuje tepelné záření vydávané sledovaným tělesem. Snímače měří teplotu od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do $3500\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Rozdělení snímačů podle spektrální oblasti:

- Radiační pyrometry
- Barvové pyrometry
- Pásmové pyrometry
- Spektrální pyrometry

Radiační pyrometry – snímač vyhodnocuje velký rozsah vlnových délek a tepelného záření emitované sledovaným materiálem. Rozsah je ovlivňován absorpční schopností snímače na čočce. Radiační pyrometr se vyrábí z bolometrů a termočláňkové baterie. Z důvodů dokonalejší absorpce je povrch pyrometru začerněn. Musíme zajistit, aby na čočku dopadalo pouze tepelné záření. Pokud na snímač bude dopadat jiné záření např. světlo, tak se dopouštíme chybného měření. (DĀĀO)

Spektrální pyrometry – vyhodnocují tepelné záření na jedné vlnové délce. K výrobě spektrálních pyrometrů se využívají fotodiody a fotorezistory. Na oblast vlnových délek má vliv prostupnost čoček, postupné filtry a citlivost snímače. Spektrální pyrometry můžeme rozdělit na jasové pyrometry a ty jsou se stálým jasnem nebo s proměnným jasnem. (FRANK, ŠNEJDAR, HRUŠKA)

Tyto snímače se využívají pro měření teplot od $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ od $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$

Pásmové pyrometry – snímač vyhodnocuje tepelné záření v daných rozsazích vlnových délek. Nemají tak velký vlnový rozsah jako radiační pyrometry, ale mají vyšší než spektrální pyrometry. Vyrábějí se stejným způsobem jako spektrální pyrometry z fotodiody a fotorezistorů.

Barvové pyrometry – snímače vyhodnocují tepelné záření jen při dvou odlišných vlnových délkách. Snímače jsou omezeny optickými filtry a ty nejpoužívanější jsou červené a zelené. Používají se na měření teplot materiálů, u kterých neznáme teplotu nebo jejich teplota je proměnlivá. Barvové pyrometry se vyrábí z fotodiod a fotorezistorů.

Kvantové snímače

Materiál vyzařující elektromagnetické záření dopadající na snímač, který následně způsobí existenci elektronů. Tento úkaz je pojmenován jako fotoelektrický jev nebo-li fotoefekt. Kvantové snímače můžeme rozčlenit na vnitřní a vnější fotoelektrický jevy. K výrobě snímačů se používají polovodiče křemíkové, germaniové, GaAs a další.

Snímače dělíme podle použitého typu materiálu:

- Čistý polovodič – vyrábí se fotorezistory.
- Využití P a N přechodu – vyrábí se fotorezistory a fotodiody.

Fotorezistor

Vyrábí se z čistého polovodiče bez přidávaných příměsí, snímač pracuje na vnitřním fotoefektu. Když je fotorezistor připojený na napětí tak proud jím neprochází a odpor je nekonečný. Při absorpci světelného fotonu, fotorezistor postupně začne propouštět elektrický proud. Výroba snímače probíhá napařováním fotocitlivé vrstvy materiálu. (FRANK, ŠNEJDAR)

Výhody fotorezistoru:

- Nízká pořizovací cena
- Relativně vysoká citlivost
- Snadné použití

Nevýhody fotorezistoru:

- Pomalá odezva na světelném fotonu
- Teplotní závislost odporu
- Dynamické vlastnosti

Fotodioda

Světelné záření dopadající na čočku, která ohřívá polovodičovou součástku uvnitř fotodiody. Fotodioda se vyrábí s jedním přechodem P a N.

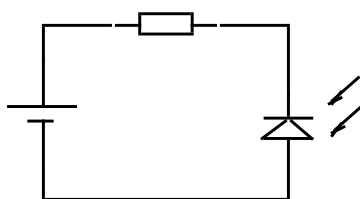
Zapojení diody může být v závěrném a propustném směru. (FRANK, ŠNEJDAR)

Výhody fotodiody:

- Vysoká citlivost
- Malá setrvačnost
- Časová stabilita
- Vysoký proud za tmy

Nevýhody fotodiody:

- Menší citlivost (lab.vsb.cz)



Obrázek 5 Schéma zapojení fotodiody (autor)

4 VYUŽITÍ SNÍMAČU VE STROJÍRENSKÝCH TECHNOLOGIÍCH

4.1 Ponorné snímače teploty

Ponorné snímače teploty mají velké spektru použití např. větrání, vytápění, klimatizaci a pro využití v automatizovaných systémech jako:

- Kontrola a řízení teploty topné vody
- Regulace topné vratné vody
- Usměrnění teplé užitkové vody

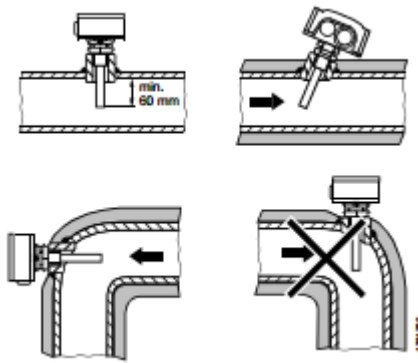


Obrázek 6 Ponorný snímač teploty (w5.siemens.com)

Ponorný snímač je složen z:

- Plastového pouzdra a svorkovnice
- Měřícího prvku umístěného v trubce

Snímač měří teplotu média pomocí měřícího prvku, jeho odpor se mění v závislosti na rostoucí nebo klesající teplotě. Signál je vyhodnocován pomocí připojeného regulátoru. Při montáži snímače pro regulaci teplé vody se snímač připojuje přímo za čerpadlo, pokud je umístěno v okruhu na přívodu. Když je čerpadlo umístěno na zpátečce snímač se montuje 1,5 až 2 m za směšovací ventil. Montáž snímače pro omezení teploty vratné vody čidlo montujeme do kolena nebo oblouku potrubí z důvodů dokonalého promísení media. Trubka musí být montovaná kolmo ve směru proudícího média. Minimální hloubka zapuštění měřící trubky je 60 mm.(domat-int.com, w5.siemens.com)



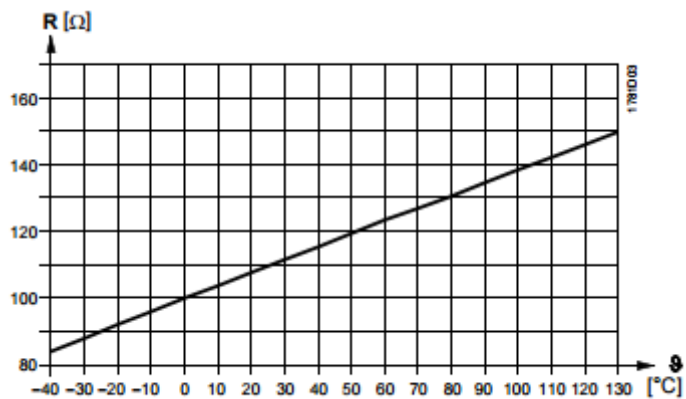
Obrázek 7 Montáž snímače do potrubí (w5.siemens.com)

Přehled kovových odporových ponorných snímačů teploty:

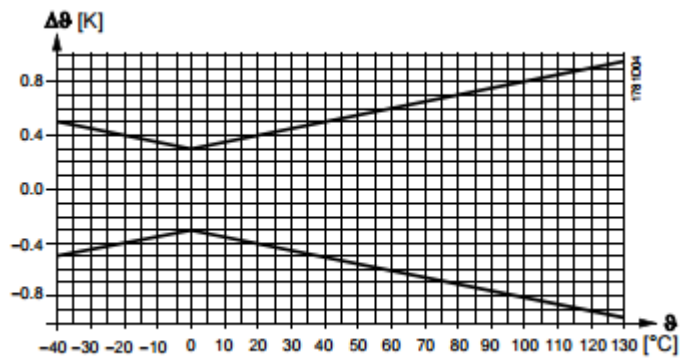
4.1.1 Platinový ponorný snímač

Tabulka 2 Ponorný snímač Siemens Pt 100

Typ snímače	Siemens QAE2110.010
Snímací prvek	Tenkovrstvý Pt 100
Rozsah pracovních teplot	-30 °C do 150 °C
Odpor prvku při 0 °C	100Ω
Stupeň krytí	IP 54
Hmotnost	cca. 0,21 kg
Časová konstanta	S jímkou cca. 30 s, bez jímky cca. 8 s
Měřicí proud	Doporučený 1mA / Maximální 3mA
Pracovní podmínky	Teplota: -40 °C ÷ +70 °C, vlhkost: ≤ 95 %
Cena	cca. 2200 Kč



Graf 2 Teplotní charakteristika Pt 100 (w5.siemens.com)

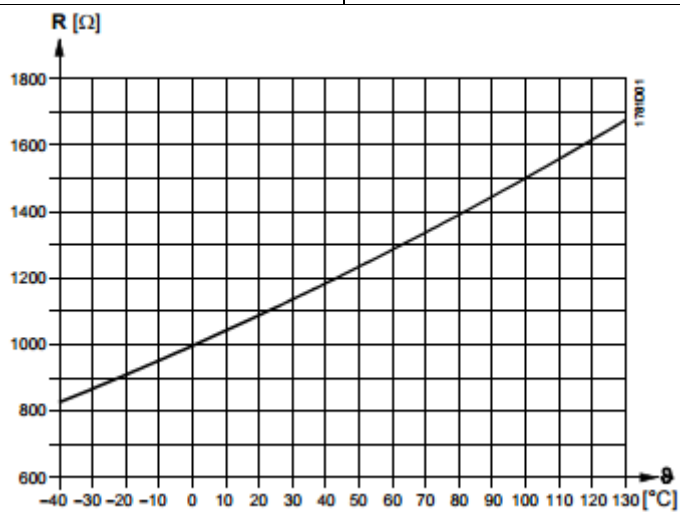


Graf 3 Přesnost měření Pt 100 (w5.siemens.com)

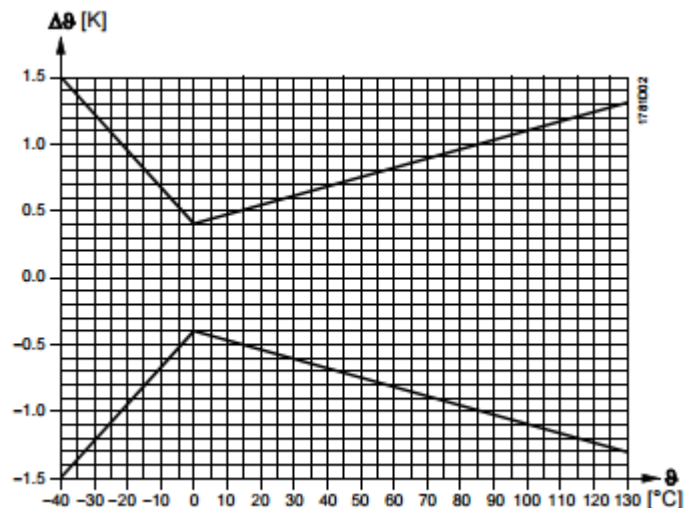
4.1.2 Niklový ponorný snímač

Tabulka 3 Ponorný snímač Siemens LG-Ni 1000

Typ snímače	Siemens QAE2120.010
Snímací prvek	Tenkovrstvý LG-Ni 1000
Rozsah pracovních teplot	-30 °C do 150 °C
Odpor prvku při 0 °C	1000Ω
Stupeň krytí	IP 42
Hmotnost	cca. 0,21 kg
Časová konstanta	S jímkou cca. 30 s, bez jímky cca. 8 s
Měřicí proud	Doporučený 0,3mA / Maximální 1mA
Pracovní podmínky	Teplota: -40 °C ÷ +70 °C, vlhkost: ≤ 95 %
Cena	cca. 1800 Kč



Graf 4 Teplotní charakteristika LG-Ni 1000 (w5.siemens.com)



Graf 5 Přesnost měření LG-Ni 1000 (w5.siemens.com)

Platinový ponorný snímač má lineární teplotní závislost, teploty na odporu oproti niklovému kde je teplotní závislost mírně nelineární (viz porovnání grafů 2 a 4).

Přesnost měření u niklového snímače je více nepřesné, s rostoucí teplotou se tolerance zvyšuje od $\pm 0,5$ až do $\pm 1,3$, u platinového snímače se s rostoucí teplotou také zvyšuje tolerance, ale ne o tolik jako u niklového. Platinový snímač má toleranci od $\pm 0,3$ až do $\pm 0,1$. Z toho vyplývá, že platinový snímač je přesnější než niklový.

Rozsahy pracovních teplot jsou stejné u obou snímačů, ale stupeň krytí je u Ni nižší IP (ochrana proti vodě, průrazu a prachu) 42 a Pt má vyšší stupeň krytí IP 54.

Doporučovaný měřicí proud u Pt je 1 mA a u Ni je 0,3 mA maximální měřicí proud u Pt je 3 mA a u Ni je 1 mA.

Platinový ponorný snímač je výrazněji dražší než niklový.

4.2 Kanálový snímač teploty

Kanálový teplotní snímač pro měření teploty vzduchu ve vzduchotechnických kanálech. Kanálové snímače se využívají pro vytápění, větrání a klimatizaci jako:

- Snímač rosného bodu.
- Měřicí snímač, např.: měření hodnoty regulované veličiny do řídicího systému.
- Snímač teploty přívodního a odtahového média.
- Omezovací snímač, např.: omezení teploty přívodního média.
- Referenční snímač, např.: pro změnu žádané hodnoty teploty prostoru v závislosti na venkovní teplotě.(domat-int.com, w5.siemens.com)



Obrázek 8 Kanálový snímač teploty (w5.siemens.com)

Konstrukce kanálového snímače

- Plastové pouzdro se svorkovnicí
- Ohebná kapilára s měřícím prvkem

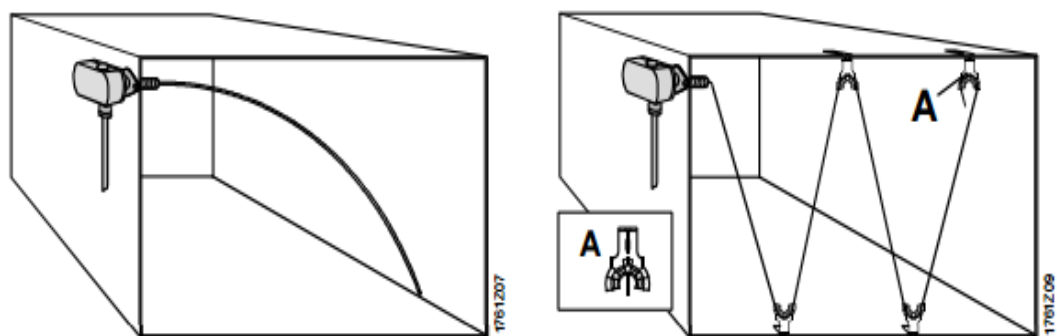
Snímač měří okolní médium s využitím měřícího prvku. Odpor prvku je závislý na teplotě, následný signál je vyhodnocován řídicím systémem nebo regulátorem.

Kapilára o délce 2 nebo 6 m se montuje diagonálně kanálem a připevňuje se montážními svorkami. Pro regulaci teploty přívodního vzduchu se snímač instaluje za ventilátor, umístěný za posledním registrem.

Jinak se snímač instaluje za poslední registr v délce 0,5 m. K regulaci teploty odtahovaného média se instaluje snímač pokaždé před odtahovací ventilátor.

Snímač pro vymezení teploty přívodního média se čidlo instaluje co nejbližší potrubí, kde končí ústí do prostoru. Využití regulace rosného bodu se snímač instaluje za zvlhčovač vzduchu. (domat-int.com, w5.siemens.com)

Kapilára musí být vložena diagonálně přes průřez kanálu nebo stočená tak, aby její závit byly rovnoměrně rozloženy přes průřez kanálu. Důležité u kanálového čidla je, aby se kapiláry nedotýkaly stěn kanálu.



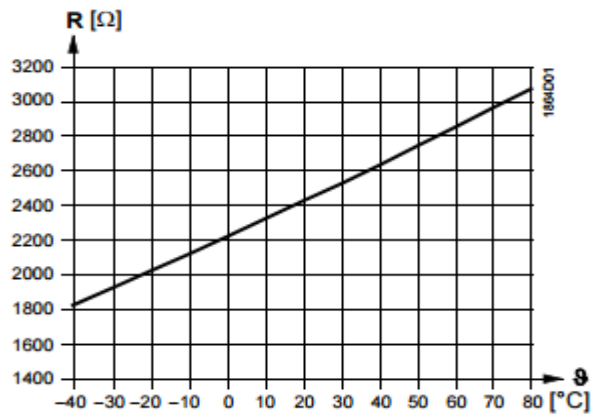
Obrázek 9 Instalace kapiláry v kanálu (w5.siemens.com)

Přehled odporových kanálových snímačů teploty:

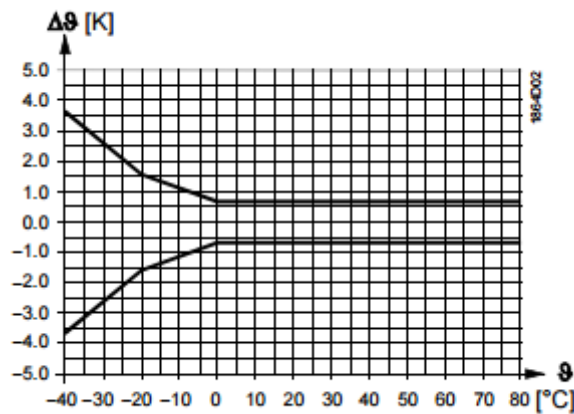
4.2.1 Kanálový snímač teploty T1 (PTC)

Tabulka 4 Kanálový snímač teploty Siemens T1 (PTC)

Typ snímače	Siemens QAM2140.020
Snímací prvek	Perličkový termistor T1 (PTC)
Rozsah pracovních teplot	-30 °C do 80 °C
Odpor prvku při 0 °C	NTC 10 kΩ
Stupeň krytí	IP 54
Hmotnost	cca. 0.15 kg
Časová konstanta	30 s při 2 m/s
Měřicí příkon	Doporučený 0,5mW / Maximální 2mW
Pracovní podmínky	Teplota: -40 °C ÷ +70 °C, vlhkost: ≤ 95 %
Cena	cca. 4050 Kč



Graf 6 Teplotní charakteristika T1 (PTC) (w5.siemens.com)

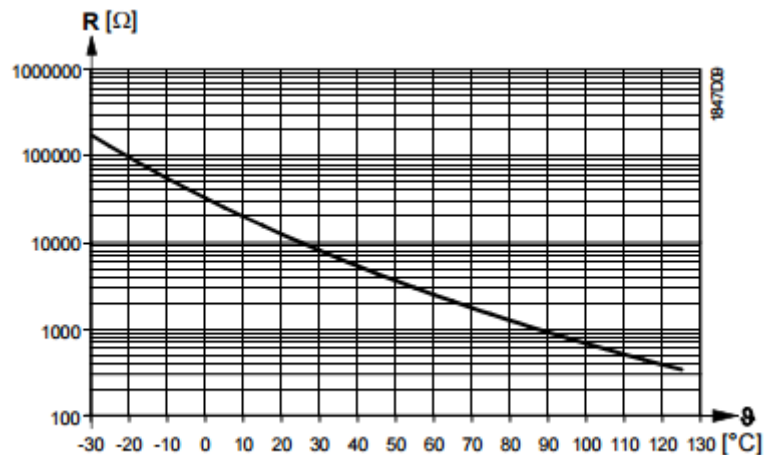


Graf 7 Přesnost měření T1 (PTC) (w5.siemens.com)

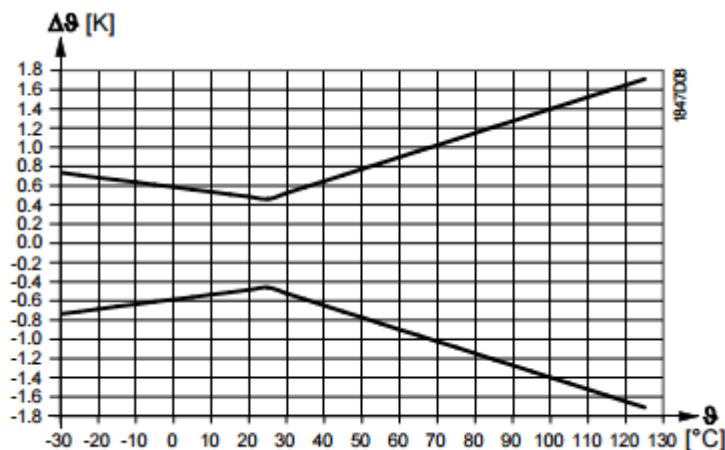
4.2.2 Kanálový snímač teploty NTC 10k

Tabulka 5 Kanálový snímač teploty Siemens NTC 10k

Typ snímače	Siemens QAM2130.040
Snímací prvek	Perličkový termistor NTC
Rozsah pracovních teplot	-30 °C do 130 °C
Odpor prvku při 0 °C	10 kΩ
Stupeň krytí	IP 42
Hmotnost	cca. 0,15 kg
Časová konstanta	30 s při 2 m/s
Měřicí příkon	Doporučený 2mW / Maximální 10mW
Pracovní podmínky	Teplota: -40 °C ÷ +70 °C, vlhkost: ≤ 95 %
Cena	cca. 1200 Kč



Graf 8 Teplotní charakteristika NTC 10k (w5.siemens.com)



Graf 9 Přesnost měření NTC 10k (w5.siemens.com)

Kanálový snímač teploty pozistor T1 (PTC) má mnohem menší rozsah pracovních teplot oproti negastoru NTC. Teplotní charakteristika u negastoru má hyperbolický tvar křivky tudíž je výrazně nelineární, s rostoucí teplotou se odpor snižuje a přibližuje se k nule. Teplotní charakteristika pozistoru má rostoucí tendenci, při rostoucí teplotě odpor narůstá a není až tak nelineární jako NTC. Pozistor oproti negastoru má vyšší krytí.

Časová konstanta je u obou polovodičů stejná 30 s při 2 m/s. Doporučený měřicí příkon u PTC je 0,5 mW u PTC a u druhého snímače 2 mW. Maximální měřicí příkon u pozistoru je 2 mW a u negastoru 10 mW.

Přesnosti měření u negastoru mají vyšší rozsah tolerancí od $\pm 0,5$ až $\pm 1,6$. U pozistoru není přesnost měření velmi vysoká a tolerance se pohybuje v rozmezí 0°C až 80°C $\pm 0,5$. Teplota nižší než bod mrazu se přesnost PTC zhoršuje a tolerance roste $\pm 3,7$. Cena pozistoru je velmi vysoká oproti negastoru.

5 UKLÁDÁNÍ A PŘENOS DAT ZE SNÍMAČŮ

5.1 Přenos dat ze snímačů

Dnes využíváme přenosu dat ze snímačů prostřednictvím kabelů nebo prostřednictvím bezdrátového přenosu.

5.2 Základní přehled přenosu dat ze snímačů

- Prostřednictvím kabelů
 - Proudová smyčka
 - Prostřednictvím kabelů
 - Optické vlákno
- Prostřednictvím bezdrátového přenosu
 - Bluetooth
 - IrDA
 - Wi-Fi

5.2.1 Proudová smyčka pro přenos dat ze snímače

Proudová smyčka je jednou z nejpoužívanějších metod k přenosu dat ze snímače. Hlavním využitím je především v průmyslové automatizaci. Díky velké šumové odolnosti umožňuje přenos dat na velkou vzdálenost až na stovky metrů a velkou výhodou je, že může přímo napájet připojený snímač ze smyčky. (automatizace.hw.cz)

V dnešní době v praxi využíváme:

- Analogovou proudovou smyčku – velikosti proudu jsou v rozmezí od 4 mA až do 20 mA.
- Digitální proudovou smyčku – zde jsou velikosti proudu v rozmezí od log. 0 proudem 4 mA a log1. 20 mA.

Nejvíce používané proudové smyčky jsou analogové, pro digitální smyčky jsou proudy od 0 mA až do 20 mA. (automatizace.hw.cz)

V případě přenosu signálu lze využívat jen dva vodiče, dále se vyskytují třívodičové, čtyřvodičové pro zdokonalení některých charakteristických veličin. Při přerušení vodiče můžeme velmi snadno odhalit rozpojení smyčky, když naměřený proud klesá k 0 mA.

Imunita proti elektromagnetickému rušení je dána nízkým vstupním odporem proudových vstupů připojených zařízení do smyčky.

Pokud je dostatečně dimenzovaný zdroj napětí, nevzniká úbytek napětí ve smyčce a díky tomu nevzniká tak velká chyba měření. (automatizace.hw.cz)

Výhody proudové smyčky:

- Šumová odolnost proti vnějším vlivům
- Přenos na velkou vzdálenost
- Jednoduchost
- Snadná detekce přerušení
- Napájení snímače teploty
- Přijatelná cena
- Stálost smyčky
- Odolnost

Nevýhoda proudové smyčky:

- Nutný drátový přenos

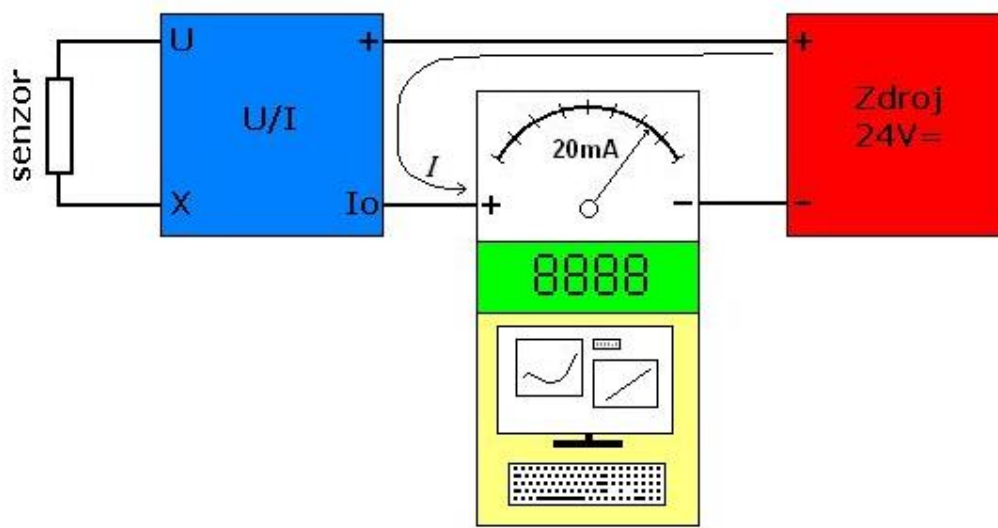
Proudové smyčky můžeme rozdělit na složky:

- Aktivní – vodiče do smyčky a zdroj napětí.
- Pasivní – na zařízení kde vzniká úbytek napětí.

Složky napájené přímo ze smyčky musí zabezpečit dokonalé uzavření smyčky, pro napájení v automatizaci se využívá 24 V. Pro zálohování dat do počítačů je napětí většinou 12V.

Proudová smyčka se skládá:

- Senzor – převádí teplo na napětí .
- Převodník napětí – převádí na proud od 4 mA až do 20 mA.
- Zdroj proudové smyčky – většinou dává napětí pro přijímač a vysílač popřípadě dalším složkám.
- Přijímač proudové smyčky – převádí z proudu na napětí pro vyhodnocování a zobrazování.



Obrázek 10 Schéma proudové smyčky (s-o.webnode.cz)

Funkce proudové smyčky je založena na principu vstupního napětí ze snímače, které je převedeno na proud na hodnotu 4 mA nebo 20 mA. Proud 4 mA je shodný například s naměřenou nulovou hodnotou a 20 mA je shodný s maximálním rozsahem stupnice. Přijímač převede znovu signál proudu na napětí, který je následně vyhodnocován analogovým nebo digitálním signálem. (automatizace.hw.cz)

Zapojení v praxi:

- Součásti s vlastním napájením z proudové smyčky – součásti napájené z proudové smyčky mají 2 svorky pro napájení a pro proudovou smyčku. Přijímač musí mít co nejmenší spotřebu maximálně 4 mA a proto se zde využívá jako zobrazovací jednotku LCD displeje.
- Součásti s cizím napájením – zde jsou použity 4 svorkovnice a to 2 pro napájení a 2 pro proudovou smyčku.

Srovnání vodičových možností:

- Dvouvodičový vysílač – vhodný pro měření teplot, tlaků, polohy a výšky hladiny.
- Třívodičový vysílač – třetí vodič je určen k uzemnění vysílače.
- Čtyřvodičový vysílač – zde jsou dva páry vodičů a to jeden pro přenos proudového signálu a pro přenos napájecího signálu. V praxi se toto používá u magnetických průtokoměrů. (automatizace.hw.cz)

5.2.2 Prostřednictvím kabelů

Kabely jsou jedny z nejpoužívanější, nejjednodušší a nejlevnější variant možnosti přenosu dat a signálů ze snímačů. Napětí pro tyto datové kabely jsou 300 V / 300V a průřez vodičů se obvykle pohybuje mezi 0,14 mm² až 0,5 mm². Důležité u datových kabelů je jakým způsobem vinutí vodičů je vně kabelů. (hennlich.cz, automatizace.hw.cz)

Možnosti vinutí vodičů:

- Standartní vinutí – vodiče jsou slané ve vrstvách.
- Vinutí žil tzv. twistovaných párech – při správném zapojení vodičů se výrazně zredukuje datové rušení a tudíž docílíme dokonalejší kvality přenosu dat.
- Stínění jednotlivých párů vodičů uvnitř kabelů – tímto způsobem se maximalizuje kvalita přenosu dat ze snímače.

V praxi rozdělujeme flexibilní kabely na:

- Ovládací kabely – jsou určeny pro ovládání a napájení systémů el. energií do nominálního napětí.
- Datové kabely – slouží k přenosu datových signálů, je důležité, aby tyto kabely byly stíněny od okolního prostředí.
- Sběrníkové kabely – jsou určeny do prostředí s chemickým a tepelným zatížením, používají se pro mechanicky namáhané aplikace a jsou vhodné pro datové sítě
- Kabely pro měřicí systémy – tyto kabely jsou silně stíněné vůči vnějšímu elektromagnetickému šumu.
- Servo kabely – spojují v sobě silové a ovládací kabely, každý kabel zahrnuje napájecí vodič a vodič určený pro ovládání. Ovládací vodiče jsou silně stíněny, aby nedocházelo k šumu vlivem elektromagnetického pole nebo vlivem napájecích žil.
- Silové kabely – používají se pro vysoko napěťové napájení až 1000V a jsou využívány k cyklicky namáhané aplikaci.
- Kabely pro roboty – Kabely jsou vhodné pro časté a náročné torzní namáhání pohyblivých prvků robotů.

Kabely pro měřicí systémy:

Tyto kabely jsou vyráběny pro měřicí systémy, zde se vyskytují slabé impulzy, proto tyto kabely jsou silně stíněné vůči vnějším vlivům, jako je např. elektromagnetický šum. Kabely se nejčastěji objevují zejména u regulačních přístrojů, výstupu z měřicího přístroje a v automatizovaných systémech. Při využití optimálního úhlu stoupání stínicího opletu docílíme, že kabel můžeme využívat v aplikacích s cyklickým namáháním a ohybem. (hennlich.cz)

- Kabel CF 211 – vodič je určen pro vysoké nároky na snímač. Vnější opláštění tvoří PVC-plášť, u kabelu je celkové stínění proti elektromagnetickým vlivům. Odolnost vůči olejům a ohni retardující. Kabel se převážně používá pro vnitřní aplikace, ale může se použít pro venkovní při teplotách okolo 5 °C. Použití tohoto typu kabelu je u obráběcí, balící techniky, zakládací a vyjímající jednotky u snímačů. (hennlich.cz)
- Kabel CF 113.D – vodič je určen pro maximální zatěžovací požadavky, proto je jeho vnější plášť tvořen z PUR, kabel disponuje v celé jeho délce celkové stínění proti elektromagnetickým vlivům. Vodič je odolný vůči olejům, chladivům, odolný proti zářezům, ohni retardující a odolný vůči hydrolýze a mikrobům. Použití tohoto typu kabelů je pro rychlou manipulaci, obráběcí stroje použití u polovodičů a může se využívat při nízkých teplotách. (hennlich.cz)
- Kabel CF 111.D – vodič je určen pro střední zatěžovací požadavky, vnější plášť je vyroben z TEP (termoplastický elastomer), kabel je stíněn proti elektromagnetickým vlivům. Vodič je neomezeně odolný vůči olejům a bioolejům, hydrolýze, mikrobům a ohni retardující. Požívá se ve vnitřním i vnějším prostředí bez přímého slunečního záření. Typická oblast použití jsou obráběcí stroje při nízkých provozních teplotách. (hennlich.cz)
- Kabel CF 11.D – vodič je určen pro maximální zatěžovací požadavky, vnější opláštění je z TEP, kabel je stíněn proti elektromagnetickému šumu. Kabel je téměř neomezená odolnost proti oleji dokonce vůči organickým olejům. Montáž může být vnitřní i vnější ale nesmí být umístěn na přímém slunečním záření. Typické použití těchto vodičů je u obráběcích strojů, jeřábů, montáž polovodičů a jejich využití je při nízkých teplotách. (hennlich.cz)

5.2.3 Optické vlákno

Optické vlákno vychází ze základu vedení světla, světelný paprsek dodává na rozhraní dvou prostředí s rozdílnou optickou hustotou a tudíž s rozdílným indexem lomu. Paprsek se z části láme a proniká z jednoho prostředí do druhého a z části se odráží zpět do prostředí, ze kterého přichází.



Obrázek 11 Složení optického vlákna (opton.cz)

Optické vlákno je ta nejdůležitější část vlákna určena pro přenos dat ze snímačů. Průměr vlákna závisí na typu kabelu. Mezi jádrem a primární ochranou je obal vlákna a tato část má za úkol zpevnit jádro optického vlákna. Primární ochrana slouží k prvotní ochraně optického jádra. Vrstva je tvořena tvrzeným akrylátovým lakem. (pctuning.tyden.cz)

K útlumu optického vlákna dochází i přesto, že jsou optická vlákna výhodná pro dálkový přenos dat a dochází k nim z důvodů:

- Vlastní absorpce – útlum je na molekulách materiálu optického vlákna a útlum závisí na vlnové délce přenášeného světla.
- Nevlastní absorpce – útlum je generován cizím materiálem v optickém vláknu a brání světlu v průchodu.
- Lineární rozptyl – tento útlum je způsoben ne zcela přesným a rovnoměrným oddělením jádra a obalu.
- Nelineární rozptyl – k útlumu dochází vždy, když dochází ke změně vlnové délky zařízení.
- Ztráty ohybu – ohyb optického vlákna ovlivňuje šíření světla, zvláště milimetrové mikroohyby.

- Ztráty při spojování na konektorech – ztráty jsou při špatném napojení vlákna na konektor a zde dochází k výrazným ztrátám. Při napojování konektoru musíme dbát na dokonalé napojení.

Typy optických vláken:

1. Mnohovidová vlákna – jsou složena z vlákna, generátoru a detektoru světla. Světlo generuje LED a vytváří světelné impulzy, které tvoří několik paprsků tzv. vidů. Při průchodu světla se paprsky odráží od stěn jádra v různých úhlech a různých drahách. Vidy k detektoru přichází jednotlivě se zpožděním a postupně za sebou. Tento jev se nazývá vidová disperze a zkresluje nám signál. Proto se vlákna používají pouze na vzdálenost 2 km. (pctuning.tyden.cz)



Obrázek 12 Vidová disperze (pctuning.tyden.cz)

Plynulá změna indexu lomu způsobí, že paprsek čím je dál od osy jádra, tím je index lomu nižší a paprsek se vrací zpět do středu. Díky tomu k detektoru paprsek dorazí relativně ve stejnou dobu. Zde se vodič používá na vzdálenosti od 2 km až do 10 km. (pctuning.tyden.cz)



Obrázek 13 Změna indexu lomu (pctuning.tyden.cz)

2. Jednovidová vlákna – signál je tvořen paprskem, který se šíří podél osy a odráží se při ohybu vodiče. Jednovidová vlákna jsou výrazně dražší, zde se používá jako zdroj světla lasery. Tato vlákna se používají na dlouhé vzdálenosti okolo 10 km a mají vysokou kvalitu přenosu dat. (pctuning.tyden.cz)

5.2.4 Wi-Fi

Wi-Fi je způsob bezdrátové komunikace. Pracuje v oblasti radiového spektra, to znamená, že pro vysílání a komunikaci nepotřebují žádnou licenci. Šíření radiového signálu je umožněno prostřednictvím access portů, které obsahují rádiový modul a antény.

Výhody Wi-Fi sítě:

- Přepínání sítí
- Vyšší flexibilita
- Nízké náklady

Nevýhody Wi-Fi sítě:

- Nízké zabezpečení
- Silné rušení přehlcením rádiového spektra

Identifikátor SSID což je řetězec znaků kterými se sítě od sebe rozlišují. SSID je v pravidelných intervalech vysílán.

IP adresa slouží k rozlišení síťových rozhraní připojené k síti. (eprin.cz)

5.2.5 IrDA

Tato technologie pracuje na principu využití infračervených paprsků ke komunikaci dvou zařízení na kratší vzdálenost. IrDA zřízení je určeno k bezdrátovému propojení zařízení. Dnes se využívá v mobilech, videokamerách, notebooků a personálních komunikátorů. Velká nevýhoda je nutnost přímé viditelnosti vysílače a přijímače. Další nevýhoda je přenosová rychlost dosahující pouze 16 Mbit/s. Zařízení pracuje na vlnové délce 875 nm. IrDA je složeno z vysílače to je infračervená LED dioda a z přijímače PIN fotodioda. Zařízení patří do kategorie osobních počítačů síti PAN. (vyvoj.hw.cz)



Obrázek 14 IrDA součástka (vyvoj.hw.cz)

5.2.6 Bluetooth

Přístroj využívající bezdrátovou komunikaci mezi dvěma nebo více zařízeními. Nejčastěji se setkáme se zařízením u telefonu a komunikaci mezi přístroji. Skrze

přijímač můžeme připojit až 7 dalších připojení s technologií bluetooth. Pracuje ve stejném pásmu jako Wi-Fi a to 2,4 GHz. Signál je ovlivňován překážkami v prostoru, má vliv na kvalitu přenosu a krátí se vzdálenost přenosu signálu.(bluetooth.com)

5.3 Ukládání dat ze snímačů

Na datové médium se ukládají informace, signál nebo data. Je to paměťový prostředek, na kterém mohou být zaznamenána data a to mechanickým nebo elektrickým prostředkem. Data se ukládají k účelům uchování nebo přenosu dat, ukládat se dají grafy, naměřené hodnoty ze snímačů a mnoho dalších. Medium slouží jako nástroj komunikace. Signály, data popřípadě informace mohou být uloženy dvěma způsoby a to digitálně nebo analogově. (managementmania.com)

Data ze snímačů se ukládají na tato média:

- Magnetická média – využití elektromagnetického materiálu.
 - Pevný disk
 - Disketa
 - Magnetická páska
 - Magnetooptický disk
- Elektronická média:
 - SSD disk
 - Flash paměť – Multimedia Memory Card
 - USB disk
 - Paměť počítače
- Optická média – zde se využívá odrazových a neodrazových bodů na disku, s pomocí laseru body zapisujeme nebo čteme. Tato technologie je podobná jako u gramofonových desek.
 - CD
 - DVD
 - Blu-ray
 - HD DVD

5.3.1 Teplotní snímač s přenosem dat po ethernetu TME

Komunikace u ethernetových snímačů probíhá různými protokoly TCP/IP. Díky tomu lze vybrat příhodnou aplikaci. Nemusí se používat složité přepočty, umožňuje

komunikaci s protokolem, také umí odeslat e-mail při překročení zadané hodnoty. Teplotu lze jednoduše vložit do webových stránek a výsledek měření lze číst ze souboru nebo je odesílat. Veškeré nastavení snímače se provádí pomocí webového rozhraní.

Možnosti získávání teplot ze snímače TME:

- Webová stránka – při zadání IP adresy teploměru se zobrazí současná teplota a nastavené mezní teploty.
- XML soubor – na adrese je k použití soubor s aktuální teplotou a označením měřeného místa a mezními hodnotami.
- Vložení teploty do vlastních stránek – snímač umožňuje periodicky vkládat záznam o průběhu.
- E-mailem – pomocí nastavených teplotních mezí se při překročení odesílá emailem informace o opuštění nastavené meze. (papouch.com)

5.3.2 Ukládání dat do databázového systému

Informace, data jsou uloženy samostatně v bázi dat a program si vybírá užitečná data a na tomto principu pracuje databázový systém.

Datové modely:

- Hierarchický model dat – zde se data ukládají pomocí stromové organizace.
- Síťový model dat – tyto sítě propojují záznamy stejného nebo různého typu.
- Relační model dat – nejpoužívanější systém, ukládání dat je zobrazován v tabulkách.

Databázový systém sbírá data z výstupů senzorů, které jsou připojeny do sítě LAN. Data ze systému lze periodicky exportovat do počítače jako protokol nebo Excel (XML databáze).

Výhody databázového systému:

- Výstup dat lze sledovat pomocí:
 - Grafického náhledu.
 - Excelu – databáze může být jak denní, týdenní nebo měsíční výstup dat.
 - Email – zde výstup může být denní, týdenní nebo měsíční.
- Vzdálený dohled – při výpadku snímače systém uživatele upozorní na výpadek, mimo rozsahy. (books.fs.vsb.cz, hw-group.com)

5.4 Vyhodnocení přenosu a ukládání dat ze snímače

Přenosy dat ze snímače můžeme realizovat dvěma způsoby a to prostřednictvím kabelů, nebo prostřednictvím bezdrátového přenosu. Přenos dat pomocí proudové smyčky je výhodný způsob přenosu, díky možnému napájení snímače z proudové smyčky, tak nevzniká elektromagnetický šum a přesnost měření je téměř dokonalý. (automatizace.hw.cz)

Přenos dat s využitím kabelů je velmi levná, snadná a nejpoužívanější metoda přenosu dat ze snímače. Nevýhodou je elektromagnetický šum, který se snažíme odstranit pomocí stínění nebo vinutím kabelů. (hennlich.cz)

Pomocí optického vlákna je přenos dat nejrychlejší a také jeden z nejdražších možných způsobů přenosů. Využívá se na přenos dat pro delší vzdálenosti. Nevýhodou jsou útlumy a ohýbaní vodiče. (pctuning.tyden.cz)

Bezdrátový přenos s využitím Wi-Fi je jeden z nejpoužívanějších a nejlevnějších způsobů. Velkou nevýhodou je přehlcení volného radiového signálu a přenos dat na krátkou vzdálenost.(bluetooth.com)

Přenosu IrDA se používá velmi zřídka z důvodů pomalé rychlosti přenosu dat na krátkou vzdálenost. (vyvoj.hw.cz)

Bluetooth pracuje na podobném principu jako Wi-Fi. Nevýhodou jsou překážky po cestě přenosu a zhoršují kvalitu signálu.(bluetooth.com)

Ukládání dat ze snímačů je možno na tato média magnetická, elektromagnetická a optická. Nejrozšířenější způsobem ukládání dat je na elektromagnetická média. Dalším prostředkem pro ukládání je databázový systém, ze kterého můžeme data vygenerovat prostřednictvím grafu, nebo tabulkou v excelu. (books.fs.vsb.cz, hw-group.com, managementmania.com)

6 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá analýzou tepelných snímačů ve strojírenském průmyslu. Je rozdělena do tří kapitol, z nichž první kapitola popisuje základní rozdělení snímačů teploty, teoretické základy měření teploty a metody využívající dotykové a bezdotykové snímače.

Druhá kapitola pojednává o využití senzorů ve strojírenských technologiích. V této části jsou podrobně popsány ponorné a kanálové snímače teploty. U ponorných snímačů teploty je v rámci praktické části provedena analýza a porovnání platinového a niklového snímače. K oběma těmto senzorům jsou v tabulkách přehledně uvedena technická data doplněná o grafy zobrazující teplotní charakteristiky a přesnosti měření čidel. Stejným způsobem jsou ve druhé části této kapitoly popsány kanálové snímače teploty pozistor a negastor. V závěru kapitoly je uvedeno vzájemné porovnání těchto senzorů.

Závěrečná kapitola je zaměřena na ukládání a přenos naměřených dat ze snímačů. Je zde podrobně uveden přenos dat pomocí kabelových propojení, které je nejvíce rozšířenou formou přenosu dat. Stále častěji se však setkáváme s přenosem dat s využitím bezdrátových systémů, které sebou nesou řadu výhod oproti přenosu dat kabelem. Je však nutné podotknout, že bezdrátový systém není vždy vhodný pro všechny typy provozů. Hlavním důvodem je špatné prostředí pro přenos dat vzduchem, a proto se i při modernizaci výrobních prostor stále instalují kabelové vodiče, jako propojení mezi snímači a řídicí jednotkou systému. Ukládání získaných dat a informací je vylíčeno na konci kapitoly. I zde je možné spatřit pestré pole východisek, mezi kterými si společnosti mohou zvolit tu nejpříjemnější dle svých požadavků.

Zadání bakalářské práce je rozděleno do oddílů, které jsou podrobně popsány. Cíl bakalářské práce byl splněn. Pro pokračování této práce je možno realizovat experimentální měření pro konkrétní typ snímače teploty.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ĎAĎO, S. -- KREIDL, M. *Senzory a měřicí obvody*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1996. 315 s. ISBN 80-01-01500-9.

BAŠTA, J. a kol. *Topenářská příručka : 120 let topenářství v Čechách a na Moravě . svazek 2*. 1. vyd. Praha: GAS, 2001. 1123 s. ISBN 80-86176-81-9.

LYSENKO, V. *Detektory pro bezdotykové měření teplot*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005. Senzory neelektrických veličin. ISBN 80-7300-180-2.

ZEHNULA, K. *Snímače neelektrických veličin: vysokoškolská příručka pro vysoké školy technického směru*. 2., upravené a dopln. vyd. Praha: SNTL, 1983. Automatizace a regulace.

FRANK, H. a V. ŠNEJDAR. *Principy a vlastnosti polovodičových součástek: Určeno [také] studentům odb. škol*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1976. Řada elektrotechnické literatury.

HRUŠKA, F. *Senzory pro systémy informatiky a automatizace. Učební texty*. 1.vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, prosinec 2007, s. 177. ISBN 978-80-7318-630-2

Monitorovací systém [online]. 2013 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: http://www.hw-group.com/software/pdms/index_cz.html

Farana R., Databázový systém [online]. 1995 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://books.fs.vsb.cz/dbacc20/dbacc01.htm#dbacc021>

Datové médium [online]. 2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/datove-medium-data-storage-device>

Šotlík J., WIFI [online]. 2010 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.eprin.cz/co-je-to-wifi.html>

Hennlich, datové, busové a optické kabely [online]. 2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/produkty/energeticke-retezy-flexibilni-kabely-flexibilni-kabely-pruvodce-vyberem-flexibilnich-kabelu-9954/datove-busove-a-opticke-kabely.html>

Plexo, přenos dat [online]. 2008 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=9994&catid=32&Itemid=72

Vojáček A., Proudová smyčka [online]. 2014 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=9994&catid=32&Itemid=72

Kadlec K., Měření teploty [online]. 2014 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://uprt.vscht.cz/kminekm/mrt/F4/F4k43-tepl.htm>

Špringl V., kovové odporové snímače [online]. 2004 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://uprt.vscht.cz/kminekm/mrt/F4/F4k43-tepl.htm>

Adámek M., Odporové senzory teploty [online]. 2011 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://uprt.vscht.cz/kminekm/mrt/F4/F4k43-tepl.htm>

Ponorné čidlo teploty [online]. 2014 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://domat-int.com/wp-content/uploads/domat ETF cz.pdf>

Siemens, Kanálové čidlo [online]. 2004 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: [https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/IBT/mere ni_a_regulace/termostaty_a_cidla/cidla_vlhkosti_symaro_h/Documents/N1864C\\$QFM.pdf](https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/IBT/mere ni_a_regulace/termostaty_a_cidla/cidla_vlhkosti_symaro_h/Documents/N1864C$QFM.pdf)

Digitální převodník [online]. 2009 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://s-o.webnode.cz/u-i-prevodnik/>

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Sixtův maximo-minimální teploměr (fyzweb.cz)</i>	13
<i>Obrázek 2 Platinový odporový snímač (uprt.vscht.cz)</i>	15
<i>Obrázek 3 Schéma termočládku (tzb-info.cz)</i>	18
<i>Obrázek 4 Plášťový snímač teploty (cz.krohne.com)</i>	19
<i>Obrázek 5 Schéma zapojení fotodiody (autor)</i>	23
<i>Obrázek 6 Ponorný snímač teploty (w5.siemens.com)</i>	24
<i>Obrázek 7 Montáž snímače do potrubí (w5.siemens.com)</i>	25
<i>Obrázek 8 Kanálový snímač teploty (w5.siemens.com)</i>	28
<i>Obrázek 9 Instalace kapiláry v kanálu (w5.siemens.com)</i>	29
<i>Obrázek 10 Schéma proudové smyčky (s-o.webnode.cz)</i>	34
<i>Obrázek 11 Složení optického vlákna (opton.cz)</i>	37
<i>Obrázek 12 Vidová disperze (pctuning.tyden.cz)</i>	38
<i>Obrázek 13 Změna indexu lomu (pctuning.tyden.cz)</i>	38
<i>Obrázek 14 IrDA součástka (vyvoj.hw.cz)</i>	39

9 SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1 Toleranční třídy (vyvoj.hw.cz)</i>	15
<i>Graf 2 Teplotní charakteristika Pt 100 (w5.siemens.com)</i>	25
<i>Graf 3 Přesnost měření Pt 100 (w5.siemens.com)</i>	26
<i>Graf 4 Teplotní charakteristika LG-Ni 1000 (w5.siemens.com)</i>	26
<i>Graf 5 Přesnost měření LG-Ni 1000 (w5.siemens.com)</i>	27
<i>Graf 6 Teplotní charakteristika T1 (PTC) (w5.siemens.com)</i>	30
<i>Graf 7 Přesnost měření T1 (PTC) (w5.siemens.com)</i>	30
<i>Graf 8 Teplotní charakteristika NTC 10k (w5.siemens.com)</i>	31
<i>Graf 9 Přesnost měření NTC 10k (w5.siemens.com)</i>	31

10 SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Přehled rozsahů snímačů (uprt.vscht.cz)</i>	16
<i>Tabulka 2 Ponorný snímač Siemens Pt 100</i>	25
<i>Tabulka 3 Ponorný snímač Siemens LG-Ni 1000</i>	26
<i>Tabulka 4 Kanálový snímač teploty Siemens T1 (PTC)</i>	29
<i>Tabulka 5 Kanálový snímač teploty Siemens NTC 10k</i>	30