



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

MĚŘENÍ TEPLoty NA ROTAČNÍ PECI POMOCÍ BEZDRÁTOVÝCH PŘÍSTROJŮ

Temperature Measurement on Rotary Furnace with the aid of Wireless Equipments

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ANTON BEDNÁŘ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. František Vdoleček, CSc.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Anton Bednár

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902R001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Měření teploty na rotační peci pomocí bezdrátových přístrojů

v anglickém jazyce:

Temperature Measurement on Rotary Furnace with the aid of Wireless Equipments

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Teplota je velmi důležitým parametrem u řady technologií, a to také v rotačních pecích, kde klasické metody měření neposkytují dostatečnou přesnost a spolehlivost.

Cíle bakalářské práce:

Na základě analýzy současného stavu a možností moderní bezdrátové technologie navrhnete měření teploty na rotační peci s využitím bezdrátových přístrojů.

Doporučená osnova práce:

1. Měření teplot na rotační peci
2. Analýza stávajícího stavu
3. Návrh úprav a řešení bezdrátového měření na rotační peci

Seznam odborné literatury:

CHUDÝ, V.; Palenčár, R.; Kureková, E.; Halaj, M. Meranie technických veličín. 1.vydání :Bratislava: Vydavateľstvo STU, 1999. 688s. ISBN 80-227-1275-2.

KREIDL, M. Měření teploty – Senzory a měřicí obvody. 1. vydání :Praha: BEN – technická literatura, 2005. 240 s. ISBN 80-7300-145-4.

IEC 62591 WirelessHART System Engineering Guide. Emerson 2010

Firemní literatura

Vedoucí bakalářské práce: Ing. František Vdoleček, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 4.11.2010

L.S.




Ing. Jan Roupec, Ph.D.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá rozbořem stávajícího měření teploty na rotační kalcinační peci ve společnosti PRECHEZA a.s., testováním bezdrátových převodníků teploty s protokolem WirelessHART a návrhem možného řešení použití těchto přístrojů na měření a regulaci teploty v peci.

ABSTRACT

This project tries to find out the possible solution for temperature measurement on the rotary calcinations kiln at PRECHEZA company, by using of new wireless temperature transmitters with WirelessHART standard.

KLÍČOVÁ SLOVA

Termoelektrický teploměr (termočlánek), WirelessHART protokol, bezdrátový převodník

KEY WORDS

Thermocouple, WirelessHART standard, wireless transmitter

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Františkovi Vdolečkovi Csc., vedoucímu mé bakalářské práce, za mnoho užitečných rad a za pomoc při tvorbě této práce. Dále bych chtěl poděkovat společnosti PRECHEZA a.s. a celému týmu MaR, že mi umožnili v jejich náročných a komplikovaných provozech odzkoušet testované přístroje. Děkuji také za poskytnutí veškerých informací a výsledků testů potřebných pro tuto práci, hlavně Ing. Michalovi Lojdrovi. A v neposlední řadě i mému zaměstnavateli, firmě EMERSON Process Management s.r.o., za poskytnutí demo přístrojů a času nezbytných k provedení všech potřebných zkoušek a vyhodnocení.

OBSAH

Zadání závěrečné práce	3
Abstrakt	5
Seznam použitých zkratek	10
1. Úvod	11
2. Průmyslové měření teploty	13
2.1. Princip a rozdělení teploměrů	16
2.2. Teploměry převádějící elektrickou veličinu	16
2.3. Teploměry převádějící neelektrickou veličinu	20
3. WirelessHART bezdrátové průmyslové přístroje	23
3.1. Definice pojmů používaných v bezdrátových sítích	24
3.2. Možnosti použití WirelessHART	25
3.3. Instalace Gateway a bezdrátových přístrojů	27
3.4. Zprovoznění a oživení bezdrátové sítě s protokolem WirelessHART	31
4. Měření teploty na rotačních pecích	33
4.1. Výroba titanové běloby	33
4.2. Stávající měření teploty	34
4.3. Testování WirelessHART přístrojů	36
4.4. Návrh nového řešení měření teploty na rotační peci	40
5. Závěr	43
Seznam použité literatury	44
Přílohy	47

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

U	napětí
R	odpor
I	proud
R_t	změna odporu kovu
t	teplota na celsiově stupnici
R_0	referenční odpor
α	odporový teplotní koeficient
A, B	konstanty získané měřením odporu při 0 °C a 100 °C
C	konstanta pro pod nulové teploty
dE	změna napětí
s	Seebeckovo napětí
$(T)dt$	změna teploty

1 ÚVOD

V současnosti je měření teploty běžnou praxí v různých odvětvích, ale ne vždy jej lze provádět klasickými metodami. Problém nastává při různých pohyblivých a rotujících mechanismech. Měření jako takové zde není problém, ale sběr dat a naměřené veličiny je velice obtížné přenést do řídicího systému. Tímto problémem se technici zabývají již desítky let. Pro sběr dat se používají nejrůznější speciální sběrací zařízení, jako jsou například sběrací troleje. Často se od samotného měření ustupuje úplně a to hlavně z důvodu nespolehlivosti sběracích mechanismů. V současnosti se na trhu začaly objevovat nové bezdrátové převodníky s úplně novým komunikačním standardem WirelessHART, které by tento problém mohly velice snadno a efektivně vyřešit. Použitím těchto přístrojů by provozovatelé například rotačních pecí mohli získat nový přehled o procesech probíhajících uvnitř samotné pece a zkvalitnit jak provoz pece, tak bezpečnost a finanční náročnost. V této práci se budu zabývat konkrétně měřením na kalcinační peci pro výrobu titanové běloby, ale principy a závěry jsou aplikovatelné na veškeré rotační pece, jako jsou například i pece cementářské.

2 PRŮMYSLOVÉ MĚŘENÍ TEPLoty

Teplota je jednou z nejvýznamnějších měřených veličin. Její hodnota přímo ukazuje kvantitativní informaci o energetice procesů a stavů, a je tedy přímo spojena s výrobou, distribucí a spotřebou energie. Je také významnou veličinou vstupující do řízení technologických procesů (metalurgie, chemický průmysl, strojírenství, energetika atp.) [3].

Počátky měření teploty sahají už do období antiky, kdy staří Řekové považovali teplo a chlad za separátní vlastnosti hmoty. V 17 století zdokonalil K. Schoft vzduchový termoskop, který popsal a již používal alexandrijský Heron. Schoft použil uzavřený systém se dvěma baňkami na koncích spojovací trubice ve tvaru U, ve kterých byla indikační kapalina.



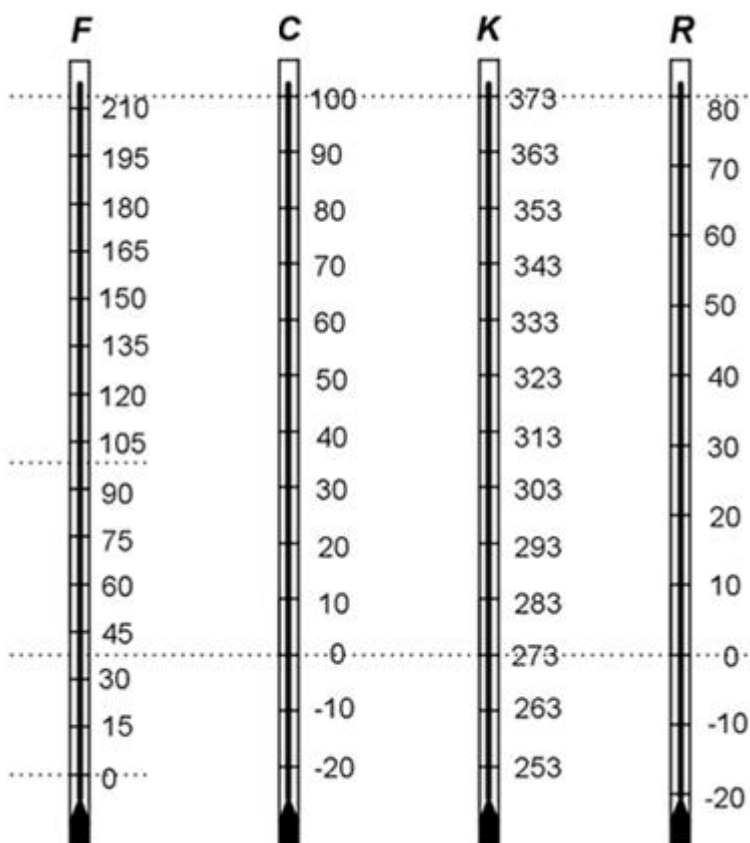
Obr. 1 Termoskop tvaru U [5]

Florentínska akademie používala teploměry se spirálovitě stočenou trubičkou na meteorologické účely. Tyto teploměry měly trubičku rozdělenou na 300 až 400 stejných dílků a byly velice citlivé. Za pomoci těchto teploměrů zjistili, že teplota tajícího ledu je velice stabilní. Tuto teplotu začal používat v roce 1664 R. Boyle za základní.

Všeobecnou teplotní stupnici jako první stanovil Fahrenheit. Byla založena na třech teplotách za pomoci lihem naplněného teploměru. Základní nejznámější teploty této stupnice jsou $32\text{ }^{\circ}\text{F}$ – teplota tání ledu, $96\text{ }^{\circ}\text{F}$ – teplota zdravého lidského těla a $212\text{ }^{\circ}\text{F}$ – teplota bodu varu vody. Fahrenheitova stupnice se rychle rozšířila a dodnes se používá v řadě zemí, hlavně v USA a v Anglii.

V Evropě se delší dobu používala Réaumurova stupnice, na které $0\text{ }^{\circ}\text{R}$ byla teplota tání ledu a $80\text{ }^{\circ}\text{R}$ byla teplota varu vody (původně bod varu lihu). Až v roce 1742 vnesl do měření teploty desítkovou soustavu švédský matematik a geodet Anders Celsius, který označil bod tání ledu jako $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a bod varu vody $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Toto později do dnešní podoby upravil profesor Martin Strömer, který označil bod tání ledu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a bod varu vody $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

V roce 1852 popsal lord Kelvin termodynamickou teplotní stupnici (značka K). Podle II. termodynamické věty jednájící o proměně tepla na práci, je možné definovat teplotu nezávisle na jakékoliv látce.



Obr. 2 Různé teplotní stupnice [6]

Pokrok v termodynamice vedl k nutnému stanovení pevného bodu a stanovení jeho teploty. 13. Generální konference pro míry a váhy tedy v roce 1967 stanovila, že jeden kelvin bude roven $1/273,16$ K termodynamické teploty trojného bodu vody [3].

V současnosti platí teplotní stupnice ITS-90 s dodatkem pro nízké teploty PLTS-2000.

Tab. 1 Definované pevné body podle ITS-90 [7]

Popis	K	°C
Bod tlaku par Héliu	3 až 5	-270.15 až -268.15
Rovnovážný stav Vodíku v trojném bodě	13.8033	259.3467
Rovnovážný stav Vodíku v bodě tlaku par	= 17	= -256.15
Rovnovážný stav Vodíku v bodě tlaku par	= 20.3	= -252.85
Neon v trojném bodě	24.5561	248.5939
Kyslík v trojném bodě	54.3584	218.7916
Argon v trojném bodě	83.8058	189.3442
Rtuť v trojném bodě	234.3156	38.8344
Voda v trojném bodě	273.16	0.01
Bod tání Galia	302.9146	29.7646
Bod tuhnutí India	429.7485	156.5985
Bod tuhnutí Cínu	505.078	231.928
Bod tuhnutí Zinku	692.677	419.527
Bod tuhnutí Hliníku	933.473	660.323
Bod tuhnutí Stříbra	1234.93	961.78
Bod tuhnutí Zlata	1337.33	1064.18
Bod tuhnutí Mědi	1357.77	1084.62

2.1 Princip a rozdělení teploměrů

Teplota je fyzikální veličina, kterou jako jednu z mála nelze měřit přímou metodou. Měření se provádí za pomoci jiných fyzikálních veličin a toto měření je tedy nepřímé. Důležité je si uvědomit, že teploměr měří teplotu vlastního čidla.

Teploměry lze rozdělit na:

- a) Teploměry převádějící elektrickou veličinu – odporové, termočlánky, termistory a jiné
- b) Teploměry převádějící neelektrickou veličinu - termokamery, tlakové, kapalinové a jiné

2.2 Teploměry převádějící elektrickou veličinu

- *Odporové teploměry* – kovy mají výbornou vlastnost, a to, že jsou vodivé. Toto je způsobeno tím, že všechny elektrony v atomových mřížkách jsou vázány a můžou se volně pohybovat. Připojíme-li na daný kov elektrický proud, pohyb volných elektronů se změní z neuspořádaného na uspořádaný. V ideálním stavu elektronům nic nebrání v pohybu a odpor R vodiče je tedy nulový. Ve skutečnosti je ale odpor závislý na těchto dvou faktorech:

- teplota

- defekty a nečistoty krystalové mřížky

U odporových teploměrů je hlavní měřenou veličinou odpor R . Vycházíme ze známého Ohmova zákona $U = R \cdot I$. Změna odporu kovů s teplotou R_t se zapisuje na Celsiově teplotní stupnici (t), kde referenční odpor R_0 je při teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t) \quad (1)$$

kde α je odporový teplotní koeficient rovnající se přibližně $1/273,15 = 3,66 \times 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

V dnešní době se v průmyslovém odvětví nejčastěji používají platinové odporové teploměry Pt100. Hlavním materiálem používaným na jejich výrobu je platina, která má relativně stálé chování. Toto popsal v roce 1886 Callendar rovnicí

$$R_t = R_0 \cdot (1 + At + Bt^2) \quad (2)$$

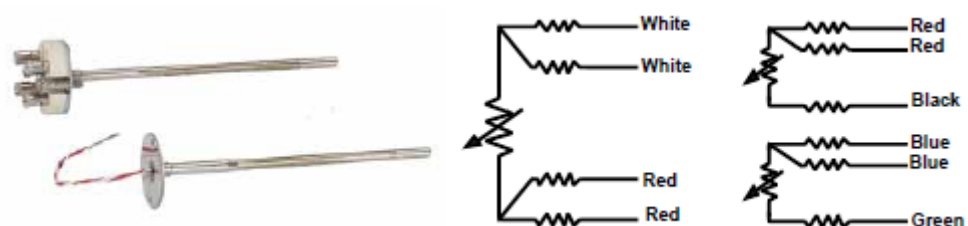
kde A a B jsou konstanty získané měřením odporu při $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rovnice je platná v rozsahu teplot $0 - 800\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Rovnice byla ještě upravena van Dusenem pro pod-nulové teploty, a to do tvaru:

$$R_t = R_0 \cdot (1 + At + Bt^2 + C \cdot (t - 100)t^3) \quad (3)$$

kde koeficient C je roven nule pro teploty vyšší než $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3].

V praxi se odporová čidla nejčastěji používají s 2, 3 a 4 vodičovým zapojením a můžou být jak jednoduché tak i duální. Platinové odporové teploměry jsou teplotně stálé a dobře odolávají vibracím. Lze je použít v rozsahu teplot $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $800\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nejistoty těchto teploměrů se pohybují v rozmezí $2 - 200\text{ mK}$ s nominální hodnotou odporu při $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Rightarrow 10 - 10000\text{ }\Omega$. Čidla s nominálním odporem $100\text{ }\Omega$ jsou nejčastěji používanými čidly v průmyslu. Toleranční třídy jsou popsány normou IEC-751.



Obr. 3 Příklad čidel Pt100 – jednoduché a duální provedení [8]

- *Termistory typu NTC* – Negative Temperature Coefficient. U termistorů je závislost odporu na teplotě opačná, jako je tomu u odporových teplotních čidel Pt100. S rostoucí teplotou elektrický odpor klesá.

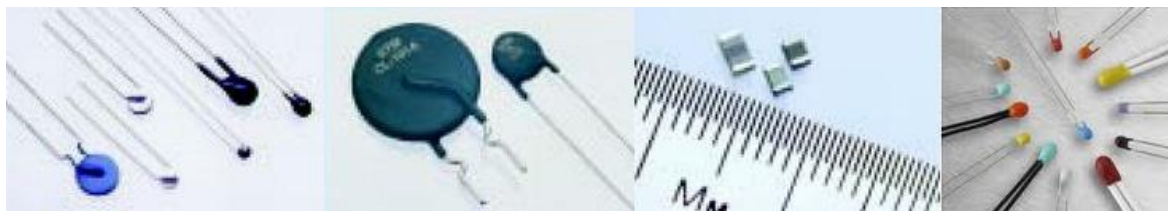
Termistory se vyrábí pomocí spékání oxidů Fe_3O_3 , TiO_2 a jiných. Teplotní rozsah je standardně $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, vyrábí se však i varianty pro velmi nízké a velmi vysoké teploty.

Velikou nevýhodou termistorů je jejich silně nelineární závislost odporu na teplotě. Tu lze vyjádřit vztahem

$$R = Ae^{\frac{B}{T}} \quad (4)$$

kde $R\text{ (}\Omega\text{)}$ je odpor termistoru, $T\text{ (K)}$ je teplota, $B\text{ (K)}$ je teplotní konstanta, úměrná na použitém materiálu a aktivační energii, $A\text{ (}\Omega\text{)}$ je konstanta závislá na geometrickém tvaru a materiálu senzoru.

Termistory mají široké rozmezí hodnot odporu (od $0,1\text{ }\Omega$ až po několik $\text{M}\Omega$). Oproti platinovým odporovým teploměrům mají mnohem větší odpor a lepší citlivost. Výhodné jsou i pro jejich malou hmotnost a rozměry. Hlavní výhodou termistorů je, že jimi lze měřit i velmi rychlé změny teploty a mají nízkou pořizovací cenu. Nevýhodou je horší stabilita a časová nestálost.



Obr. 4 Ukázka různých termistorů [9]

- *Termoelektrické články (termočlánky)* – jsou druhá nejčastěji rozšířená čidla teploty v průmyslové praxi. Jejich výroba je jednoduchá a ekonomicky nenáročná. Termočlánky mají dobrou dobu odezvy, avšak horší nejistotu měření.

Základním principem je termoelektrický jev a to hlavně Seebeckův jev. K termoelektrickému jevu dochází, spojíme-li dva vodiče z různých materiálů a vytvoříme tak elektrický obvod. V něm potom proudí elektrický proud, který je úměrný rozdílu teplot konců. Tyto konce vodičů nazýváme měřicí a srovnávací konec.

Termočlánky, na rozdíl od jiných teplotních čidel, měří teplotní gradient. Změna napětí dE je přímo úměrná Seebeckovu napětí s a změně teploty.

$$dE = s(T)dt \quad (5)$$

Nejdůležitějším faktorem při výběru materiálu termočlánku je, aby závislost termoelektrického napětí na teplotě byla, pokud možno, nejvíce lineární. Termočlánky se v průmyslu používají hlavně na měření vyšších teplot. Jako ochranu proti měřenému médiu se používají různé ochranné jímky z různých kovových i nekovových materiálů v závislosti na procesu.

Tab. 2 Rozdělení termočlánků podle IEC 584-1[10]

Označení termočlánku dle IEC 584	Původní označení	Měřicí rozsah [°C]
T	Cu-CuNi, Cu-ko	- 200 až 350
J	Fe-CuNi	- 200 až 750
E	NiCr-CuNi, ch-ko	- 100 až 900
K	Ni-Cr-Ni, ch-a	- 200 až 1200
N	NiCrSi-NiSi	- 200 až 1200
S	PtRh10-Pt	0 až 1600
R	PtRh13-Pt	0 až 1600
B	PtRh30-PtRh6	300 až 1700
Označení termočlánku dle DIN 43710	Původní označení	Měřicí rozsah [°C]
L	Fe-CuNi, Fe-ko	- 200 až 900
U	Cu-Ni, Cu-ko	- 200 až 600

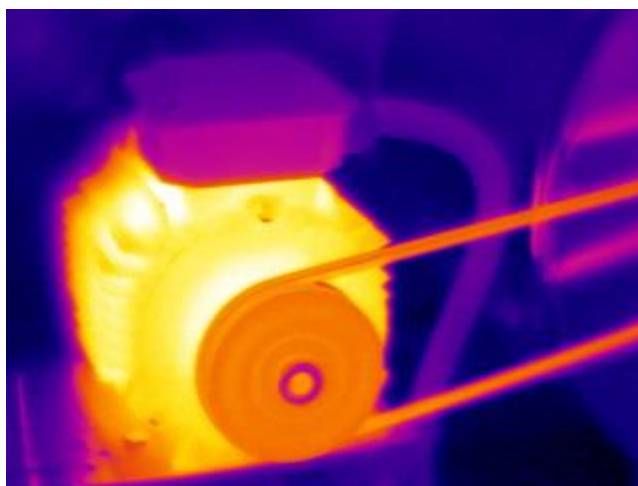


Obr. 5 Termočlánky řady 1075 s metalickou a keramickou ochrannou trubicí [11]

2.3 Teploměry převádějící neelektrickou veličinu

V této bakalářské práci se nebudeme těmito typy teploměrů detailně zabývat. Uvádíme pouze stručný přehled teploměrů převádějících neelektrickou veličinu.

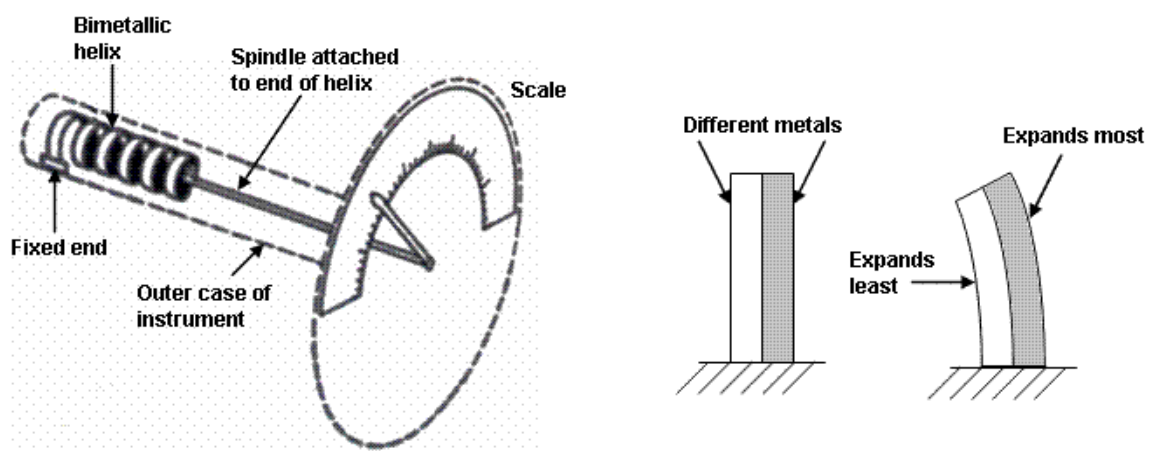
- Skleněné teploměry – základní princip měření teploty je založen na objemové roztažnosti teplotové kapaliny ve skle v závislosti na teplotě.
- Tyčové a dvojkové teploměry – využívají rozdílné délkové roztažnosti dvou materiálů v závislosti na teplotě.
- Tlakové kapalinové teploměry – využívají deformace tlakového zařízení při změně objemu teploměrové kapaliny v závislosti na teplotě.
- Tlakové plynové teploměry – stejný princip jako tlakové kapalinové teploměry, pouze teploměrové médium je plyn.
- Pyrometry – pracují se změnou vyzařování měřeného tělesa v závislosti na teplotě.
- Termografie – v závislosti na teplotě a emisivitě se z povrchu měřeného tělesa vyzařuje infračervené záření. Toto záření se dále zpracovává a získáváme údaj nebo grafický záznam rozložení teploty. (termovize a infračervené fotografie)
- další



Obr. 6 Snímek pořízený termovizní kamerou [12]



Obr. 7 Pyrometr řady AR [13]



Obr. 8 Princip bimetalového teploměru [14]

3 WirelessHART BEZDRÁTOVÉ PRŮMYSLOVÉ PŘÍSTROJE

WirelessHART je celosvětově uznávaným standardem IEC (62591), který implementuje technologii samoorganizovaných bezdrátových sítí. Tato dynamická technologie bezdrátových sítí umožňuje jednotlivým přístrojům a přijímacím branám vytvářet lepší komunikaci v případech, kdy není zaručena přímá viditelnost těchto zařízení a v přenosu brání fyzické nebo radiové překážky. Tato architektura a technologie samoorganizovaných bezdrátových sítí šetří náklady za potřebnou kabeláž a další podpůrnou infrastrukturu. Spolehlivost přenosu dat je větší než 99% a je podložena provedenými testy v různých typech aplikací. Bezdrátové přístroje s WirelessHART lze tedy použít jak na monitorování, tak i na řízení technologických procesů a hlavně tam, kde doposud z finančních a technických důvodů nebylo možné použití kabelových přístrojů [4].

Podobnost standardu WirelessHART se standardem HART ulehčuje práci servisním organizacím. Tento standard přináší nové možnosti v oblasti údržby, bezpečnosti provozů, ochrany životního prostředí a spolehlivosti.



Obr. 9 Označení standardu WirelessHART [4]

3.1 Definice pojmů používaných v bezdrátových sítích

Gateway (komunikační brána, přijímač) – umožňuje komunikaci mezi bezdrátovými přístroji (převodníky, snímači) a hostitelskými aplikacemi, které lze připojit pomocí ethernetu, sériové linky, nebo stávajících komunikačních sítí. Gateway také obsahuje správu bezdrátové sítě a správu bezpečnosti sítě. Konceptuálně, Gateway je bezdrátová verze ranžirovacích skříní a sdružovacích skříní.



Obr. 10 WirelessHART Gateway 1420 od firmy Emerson Process Management [15]

Hostitelský systém – systém používaný pro řízení technologie (PLC, DCS...)

Join Key (přístupový klíč) – pod pojmem přístupový kód se rozumí 4 bytový číselný údaj v hexadecimálním formátu. Tento klíč může být vygenerován náhodně, případně si jej může uživatel navolit sám. Slouží pro zabezpečení komunikace bezdrátové sítě mezi přístroji (vysílači) a Gateway (přijímačem).

Network ID (identifikační číslo sítě) – je celé číslo v rozsahu mezi 0 až 36863, které popisuje WirelessHART bezdrátovou síť. Každá Gateway a její asociovaná síť musí mít unikátní identifikační číslo. Toto číslo je součástí zabezpečení komunikace bezdrátové sítě.

Scan rate (rychlost skenování) – je časový interval, ve kterém bezdrátový přístroj snímá měřené hodnoty. Interval lze uživatelsky nakonfigurovat. Závisí na něm hlavně životnost napájecího modulu (baterie). Obecně platí, že čím je interval skenování častější, tím je životnost baterie kratší. Přístroje pracující v jedné bezdrátové síti mohou mít rozdílné intervaly snímání. Toto nemá vliv na vlastní přenášení naměřených hodnot do gateway, jelikož všechny vysílací elektroniky v jedné síti se ze-synchronizují a přenášejí mezi sebou naměřená data i v případě, kdy zrovna nesnímají měřenou veličinu. V tomto případě se probouzí pouze elektronika přístroje, nikoliv měřící čidlo.

Wireless adapter (bezdrátový adaptér) – umožňuje vybavit stávající nebo nové zařízení, které má výstup 4 – 20 mA a podporuje HART protokol, o paralelnou bezdrátovou komunikaci. Lze jej použít i jako retranslátor dat. Adaptér se používá hlavně u přístrojů, které měří více veličin a mají pouze jeden výstup.



Obr. 11 WirelessHART Adaptér Model 775 od firmy Emerson Process Management [17]

Wireless device (bezdrátový přístroj – snímač, převodník, vysílač) – v dnešní době je již na trhu mnoho bezdrátových převodníků a snímačů určených pro průmyslovou automatizaci. Od firmy Emerson Process Management jsou to například snímače tlaku 3051S, clonové průtokoměry řady 3051SFC, kompaktní průtokoměry Annubar 3051SFA, snímače hladiny 3051SxLD/LG, převodníky teploty 648, více-vstupové převodníky teploty 848TX, spínače řady 702, WirelessHART adaptér THUM 775. Toto nové odvětví se dynamicky rozvíjí a do budoucna jsou přichystané nové řady bezdrátových přístrojů. V dnešní době je pro tyto přístroje největší omezení životnost napájecího modulu.



Obr. 12 WirelessHART převodníky firmy Emerson Process Management [18]

3.2 Možnosti použití WirelessHART

Standard WirelessHART pracuje na průmyslové, vědecké a medicínské radiové frekvenci 2,4 GHz (ISM = Industrial, Scientific and Medical), která typicky pracuje

v rozsahu 2,400 – 2,500 GHz. V některých světových zemích může mít tato frekvence jisté omezení. Například v USA se WirelessHART provozuje na 900 MHz. Radiové pásmo ISM je volně přístupné. Výrobce si pouze musí vyžádat certifikát/schválení na užívání svých přístrojů v tomto pásmu od lokální vládní organizace.

WirelessHART využívá více technik pro existenci s jinými bezdrátovými přístroji.

- *Segmentování sítě* – umožňuje stovkám přístrojů fungovat v jedné oblasti, kde každá bezdrátová síť má vlastní identifikační číslo, tzv. Network ID.
- *Izolace spektra* – bezdrátové přístroje operující v různých částech spektra se navzájem „nevidí“, takže se nemůžou navzájem ovlivňovat.
- *Malý výkon* – přístroje s WirelessHART mají malý výkon v porovnání s ručními komunikátory, Wi-Fi a RFID. Toto chrání WirelessHART v rušení před vysoce výkonnými přístroji.
- *Prostorové „přeskakování“* – samo-organizované sítě mohou v případě rušení radiové frekvence „přeskočit“ na jinou komunikační trasu. V případě, že je radiová frekvence rušena v určitém bodě sítě, je tato samo-organizovaná síť schopna najít a změnit nejvhodnější trasu komunikace.
- *Přepínání kanálů* – WirelessHART přístroje používají 15 komunikačních kanálů ze spektra 2,4 GHz. Přepínání těchto kanálů zlepšuje spolehlivost přenášení dat.
- *DSSS kódování* – umožňuje modulaci vysílání pomocí unikátního kódování za účelem šifrování a filtrování. DSSS kódování rozšiřuje citlivost radiového přijímače pomocí digitálního zpracování.
- *Časově synchronizovaný síťový protokol (TSMP)* – umožňuje mnohonásobné opětovné přenášení dat v specifickém časovém úseku, pro různé síťové cesty a v různých frekvencích.

3.3 Instalace Gateway a bezdrátových přístrojů

Efektivní vzdálenost mezi jednotlivými přístroji je velice závislá na místě instalace. Průmyslové prostředí s velkou koncentrací kovových prvků (trubky, nádrže, konstrukce) má veliký vliv na přenos radiového signálu. Ten se odráží od kovových prvků v nepředvídatelných směrech a tak i přístroje, které jsou relativně blízko sebe, nemusí navzájem komunikovat. Efektivní vzdálenost mezi dvěma přístroji, v případě, že jsou instalovány 2 m nad úroveň země a v komunikační trase se nenachází žádná překážka, je 229 m [4]. V případě použití extendované antény je tato vzdálenost až 800 m.

Před samotným zakoupením a instalací bezdrátových přístrojů se doporučuje přístroje v místě instalace vyzkoušet. Dnes již firmy nabízejí k zapůjčení testovací sady bezdrátových přístrojů k účelům testování.

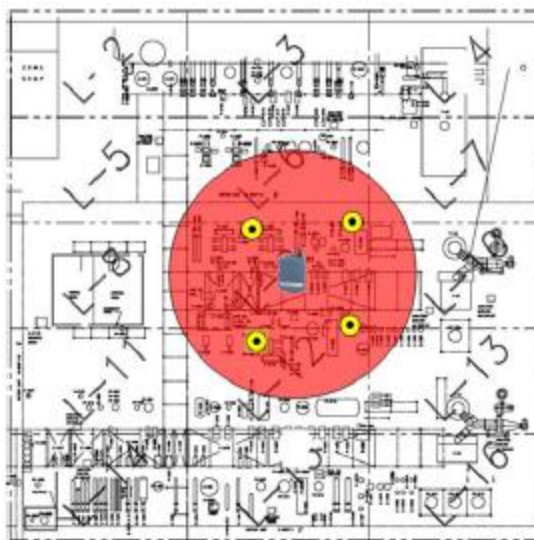
Pro identifikaci průmyslového prostředí byly definovány tyto 4 typy překážek:

Typ překážky	Efektivní vzdálenost	Popis
Těžké překážky	30 m	Typické průmyslové prostředí s velkým počtem trubek a jiných kovových prvků. Tímto prostorem není možné projet autem [4]
		
[18]		

Typ překážky	Efektivní vzdálenost	Popis
Střední překážky	76 m	Prostředí lehkého průmyslu s malým počtem překážek [4]
 [18]		
Lehké překážky	152 m	Typické je skladiště ropných produktů. I přes to, že samotné nádrže jsou těžkými překážkami, v tomto prostředí lze velice dobře přenášet radiový signál [4]
 [19]		
Žádné překážky	229 m	Přístroje mají přímou viditelnost na sousední přístroje a jsou instalovány 2m na úrovni země [4]
 [20]		

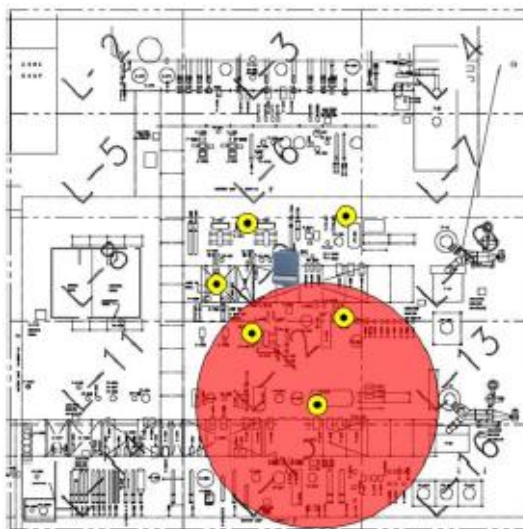
V případě projektování nové WirelessHART sítě se doporučuje použití internetových stránek s mapami, kde si projektant může přímo měřit interaktivně efektivní vzdálenosti mezi navrhovanými místy instalace bezdrátových přístrojů a Gateway. Podle mapy je možné také zkontrolovat, zda jsou dodrženy tyto tři doporučená pravidla pro rozmístění bezdrátových přístrojů a Gateway.

1. *Pravidlo minimálně pěti* – každá WirelessHART síť by měla mít minimálně pět přístrojů v efektivní vzdálenosti od Gateway.



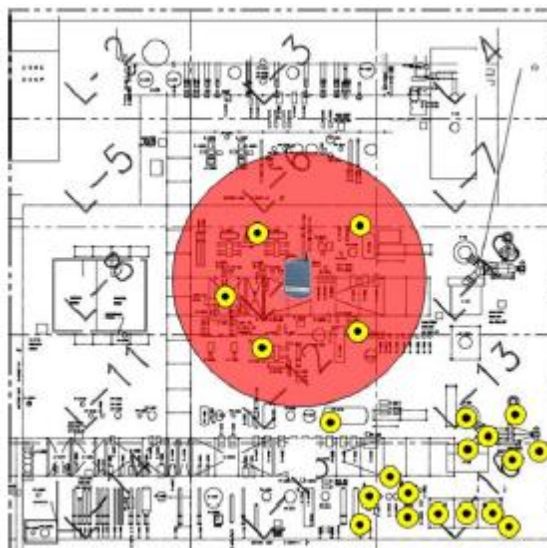
Obr. 13 Porušení pravidla minimálně pěti.[4]

2. *Pravidlo „tři“* – každý WirelessHART přístroj by měl mít alespoň tři sousední přístroje v efektivní vzdálenosti, aby bylo dosaženo co možná nejefektivnější komunikace.



Obr. 14 Porušení pravidla „tři“ [4]

3. *Pravidlo 25 %* - každá bezdrátová WirelessHART síť s větším počtem použitých přístrojů než pět, by měla mít 25 % bezdrátových přístrojů v efektivní vzdálenosti od Gateway. Toto pravidlo se používá pro zabezpečení správné šířky pásma. Síť bude pracovat i v případě, že v efektivní vzdálenosti Gateway je pouze 10 % přístrojů, ale testy a praxe ukázaly, že nejvhodnější je 25 %.



Obr. 15 Porušení pravidla 25 % [4]

Instalace Gateway (přenosové brány) – vždy je potřeba dodržovat zásad uvedených v manuálech výrobce pro instalaci a zprovoznění.

V zásadě platí, že by Gateway měla být:

- správně uzemněna
 - vybavena ochranou proti bleskům
 - připojena také k záložnímu zdroji (UPS). Výpadek napájení je nejčastější porucha činnosti Gateway.
 - redundantní, v případě kritických měření
 - redundantně připojena do řídicího systému, hlavně při použití redundantních sítí.
- Toto zahrnuje fyzické připojení, přepínače a zdroj napájení.

Maximální počet bezdrátově připojitelných přístrojů k jedné Gateway je v současnosti 100.

3.4 Zprovoznění a oživení bezdrátové sítě s protokolem WirelessHART

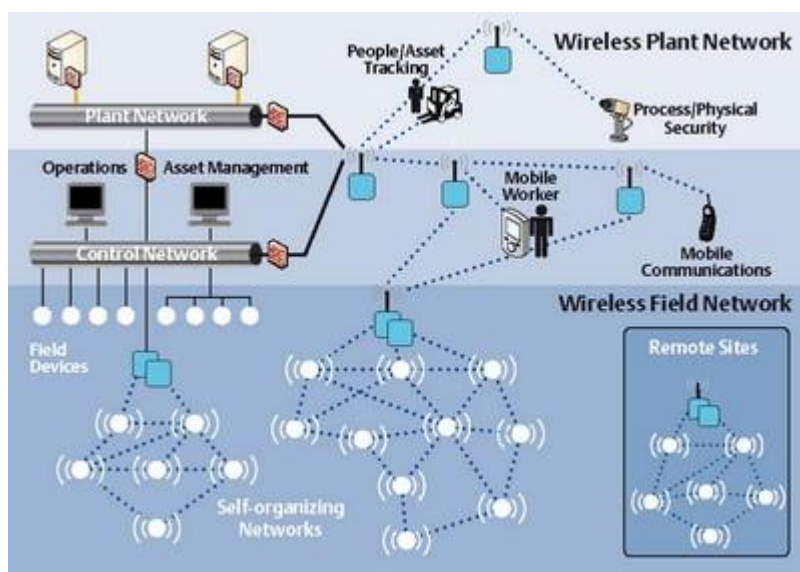
Před instalací přístrojů na místo určení, by se měla prověřit jejich konektivita s Gateway. Dále je potřeba zkontrolovat funkčnost displeje, pokud je jím přístroj vybaven a vyzkoušet HART komunikaci pomocí ručního HART komunikátoru, případně jiného zařízení určeného ke konfiguraci přístrojů podporujících HART komunikaci (například PC s příslušným software). V případě, že se bezdrátový přístroj při zkoušení konektivity do sítě nepřipojí, je potřeba zkontrolovat stav jeho baterie, zda je v přístroji správně nastaveno identifikační číslo sítě a přihlašovací klíč.

Při instalaci se doporučují tyto zásady:

- a) Před první testem konektivity instalovaných přístrojů počkat minimálně jednu hodinu od připojení napájecího modulu. Toto je čas, který bezdrátové přístroje potřebují pro vytvoření samo-organizované sítě a pro otestování a vytvoření nejlepší komunikační trasy.
- b) Provéřít, zda mají přístroje správnou šířku pásma. Gateway v sobě obsahuje indikaci této informace.
- c) Zkontrolovat, zda má každý přístroj minimálně dva „sousední“ přístroje, se kterými může navázat komunikaci. Gateway obsahuje indikaci této informace.
- d) Provéřít spolehlivost komunikace. Ta by měla být minimálně 99 %. Tato statistika se doporučuje vícekrát resetovat, aby do celkového výsledku nevstupovaly nízké hodnoty spolehlivosti při nainstalování celé sítě. Gateway v sobě obsahuje indikaci této informace.
- e) Provéřít správnost nastavení a konfigurace přístrojů (nastavené rozsahy, jednotky atp.).
- f) Provést případné nulování přístrojů.
- g) Provéřít, že minimálně 15 % přístrojů v bezdrátové síti může komunikovat s Gateway přímou cestou. Optimální hodnota je 25 %, ale síť bude funkční i v případě pouze 10 % [4].

V případě, že se čidlo při testu konektivity do sítě nepřipojí, doporučuje se:

- Počkat 24 hodin od prvního testu konektivity, aby měla Gateway dostatek času na optimalizaci bezdrátové sítě a komunikačních tras.
- U nevyhovujících přístrojů zkontrolovat komunikační trasu a RSSI (RSSI = absolutní hodnota z kvality signálu v dB). Stabilita komunikační trasy by měla být větší než -75dBm.
- Prověřit místo instalace nevyhovujícího přístroje, případně vyzkoušet použití retranslátoru pro vylepšení komunikační trasy a případné vyhnutí se překážce, která narušuje komunikaci.
- Prověřit stav baterie a funkčnost přístroje.
- Prověřit, zda obnovovací/skenovací frekvence není rychlejší než nejvyšší dovolená skenovací frekvence Gateway.



Obr. 16 Topologie průmyslové bezdrátové sítě [21]

4 MĚŘENÍ TEPLOTY NA ROTAČNÍCH PECÍCH

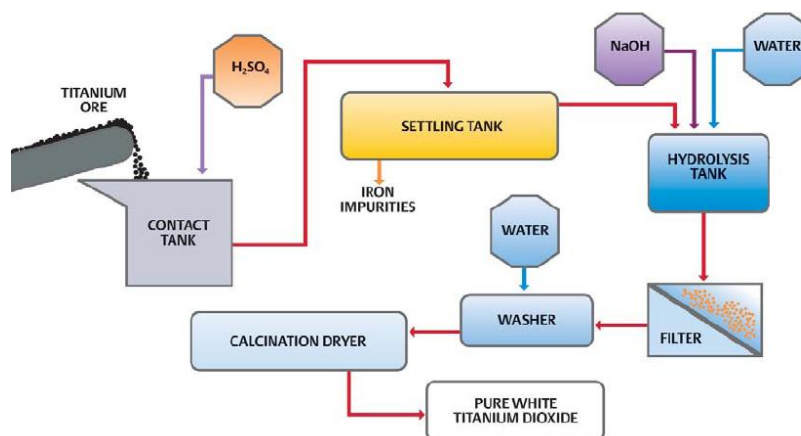
4.1 Výroba titanové běloby

Společnost PRECHEZA a.s. Přerov je jediným českým výrobcem titanové běloby a také jedním z mála výrobců celosvětově, který se zaměřuje také na výrobu speciálních druhů této látky. Výroba TiO_2 je náročný a složitý fyzikálně-chemický technologický proces. Základní surovinou pro výrobu titanové běloby je ilmenit (FeTiO_3), minerál černé barvy, který dostal svůj název podle místa nálezů – Ilmenské hory v Jižním Uralu. Tento materiál se složitě zpracovává (skladování, sušení, mletí, rozklad a redukce titanového roztoku atd.). V této bakalářské práci se budeme podrobněji zabývat technologickým úsekem kalcinace.

Kalcinace je technologická část procesu, při které se vyrábí pigment titanová běloba TiO_2 . Tento proces je řízen především teplotou a časem a je prvním provozním souborem, po několika předchozích, při kterém se poprvé hodnotí pigmentové vlastnosti titanové běloby. Základním úkolem kalcinačního procesu je připravit krystaly titanové běloby v optimální velikosti částic s co nejnižší distribucí jejich velikosti. Zjednodušeně lze říct, že při kalcinaci v kalcinační peci probíhají zhruba tři děje:

- Dochází k vysušení pasty, která je řízeně, spojitě dávkována do pece.
- Vyhřátí pasty na spodní kalcinační teplotu a uvolnění oxidů síry.
- Vlastní kalcinace, včetně rutilizace.

Titanová běloba má velice široký záběr použití. Pro její výrazný jas a vysoký index lomu ($n = 2,7$) se používá do barev, plastů, papírů, potravin, kosmetiky a léčiv. TiO_2 je netoxická a má výbornou odolnost vůči UV záření, které pohlcuje. V potravinářství se používá jako bílé barvivo E171. Látka je schopna také přímé oxidace organických látek, proto se používá do cementů, glazur, okenních skel a jiných materiálů, které mají poté dezinfekční a samočisticí schopnosti.



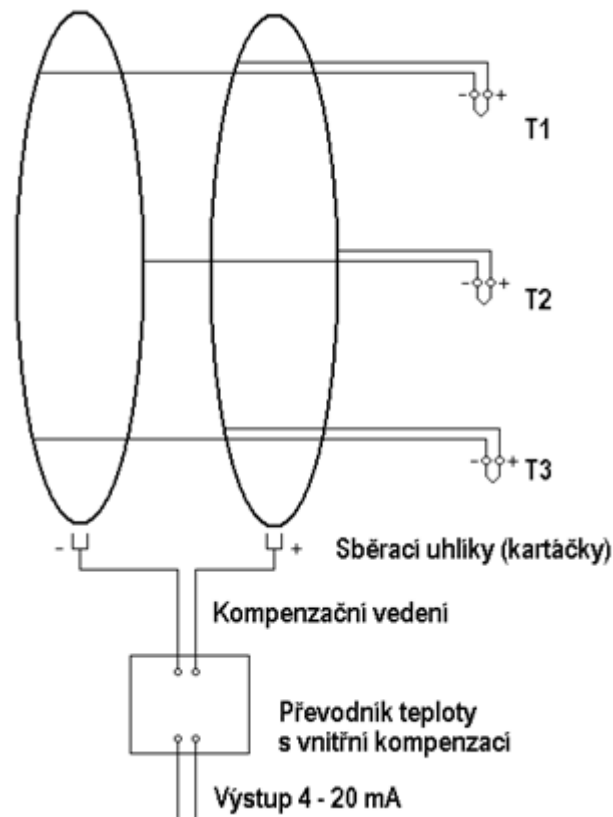
Obr. 17 Jeden ze způsobů výroby TiO_2 [22]

4.2 Stávající měření teploty

Proces kalcinace probíhá ve velikých rotačních kalcinačních pecích, obdobných jako pece cementářské, samotný proces je však jiný a složitější než při výrobě cementu. Tuto pec si lze představit jako rotující válec s vnitřní vyzdívkou, který je dlouhý desítky metrů a má průměr několik metrů. Kalcinační pec slouží jako protiproudý výměník tepla, kde teplo se přenáší ze spalín do vyzdívky a z vyzdívky do materiálu – kalcinátu.

Na peci se měří řada veličin a pravidelně se odebírají vzorky materiálu pro analýzy. Celý tento proces je řízený řídicím systémem v reálném čase.

Mezi nejvýznamnější veličiny měřené na peci patří měření teploty, které slouží hlavně k regulaci teploty uvnitř pece. Měření teploty se provádí jak na stabilních částech pece, tak na rotujících. V současné době se měření realizuje pomocí termoelektrických teploměrů typu K od českého výrobce JSP s.r.o., s modelovým označením T1512-6. Tyto termočlánky mají ochrannou ocelovou trubku z materiálu 17255, která odolává teplotám až +1100 °C. Rozsah termočlánku typu K je -40 až 1200 °C. Teploměry jsou instalovány do n-tic po obvodu pece v pravidelném rozestupu a jsou zasunuty do ochranných jímek, které prochází pláštěm a vyzdívkou pece a vyčnívají do vnitřního prostoru pece. Termočlánky z jedné sady jsou vždy připojeny paralelně na takzvané troleje (jsou to vlastně obruče po obvodu pece ze speciální slitiny), které se otáčejí společně s pecí. Napětí z těchto trolejí se snímá pomocí sběracích uhlíků, které jsou společně s čistícími uhlíky umístěny na speciálním mechanismu. Napětí se dále přenáší pomocí kompenzačního vedení k převodníkům teploty typu P5201, také od českého výrobce JSP s.r.o.. Převodníky jsou instalovány na lištách v rozvaděčích. Proudové výstupy převodníků jsou přivedeny na vstupy řídicího systému pomocí signálů 4 – 20 mA.



Obr. 18 Ukázka zapojení tří termočlánků na páté troleji

Systém trolejí je považován za slabé místo při snímání a přenosu milivoltových napětí z termočlánků. Celá pec a tedy i měření teploty je umístěno v hale, ve které často dochází k prášení, které způsobuje zaprášení trolejí a zhoršuje tak kvalitu přenosu napětí z trolejí na sběrače. I přes trvalou pozornost mechaniků měření a regulace, která je celému zařízení věnována a také použití čistících uhlíků na sběracích trolejích je občas při pravidelném a pečlivém ručním čištění trolejí zjištěn rozdíl v měřených hodnotách před a po čištění trolejí.

Dalším důležitým problémem je skutečnost, že trolejové systémy jsou původní, zakoupené s pecemi před desítkami let. Zahraniční výrobce a dodavatel trolejí již neexistuje, náhradní díly jsou prakticky nedosažitelné a se zajištěním vhodných uhlíků bývají také problémy.



Obr. 19 Skutečné provedení trolejí a sběracích mechanismů

4.3 Testování WirelessHART přístrojů

Vzhledem k výše uvedeným důvodům se pracovníci společnosti PRECHEZA a.s. zabývají zajištěním plnohodnotné náhrady za používaný trolejový systém. Za vhodnou náhradu je považován bezdrátový přenos naměřených hodnot teploty do řídicího systému.

V listopadu roku 2011 tedy byla společnosti PRECHEZA a.s. zapůjčena testovací WirelessHART sada od společnosti Emerson Process Management s.r.o. skládající se z několika WirelessHART převodníků tlaku a teploty, Gateway pro přenos dat z bezdrátových převodníků do řídicího systému a notebook pro diagnostické účely a vyhodnocení zkoušených přístrojů.

Předmětem zkoušek nebylo konkrétní měření teploty, ale ověření životaschopnosti a spolehlivosti bezdrátových přístrojů v náročných průmyslových podmínkách a hlavně, zda tyto přístroje budou schopny vysílat a přijímat bezdrátový signál.

Výrobní hala ve které jsou pece umístěné, je několik set metrů dlouhá, jsou zde provozovány stovky elektronických pohonů, řady s frekvenčními měniči, používají se i velké jeřáby na dálkové bezdrátové ovládání, takže je zde veliký předpoklad vyššího rušení.

Problémem může být i teplota pláště rotační pece, která může dosahovat teploty vyšší než je teplota doporučená výrobcem pro spolehlivý provoz bezdrátových zařízení a bezdrátový přenos měřené veličiny.

Pro účely testování a zkoušek byl WirelessHART převodník teploty řady 648 instalován na rotační peci na distanční tyči a byl opatřen ochranným štítem proti sálání tepla z pece, který sestával z kovové desky a skelné vaty.



Obr. 20 Instalace WirelessHART převodníku na peci

Vzhledem k technologickému procesu má kalcinační protiproudá pec tzv. horký konec, kde je umístěn hořák a vypadáva zde žhavý materiál a tzv. studený konec, kde se dávkuje do rotující pece pasta a odcházejí spaliny. Podmínkám v peci odpovídá i postupně se snižující teplota pláště.

Bezdrátový teploměr byl instalován na studeném konci pece, takže se teplota v okolí testovaného přístroje i vnitřní teplota převodníku pohybovaly během zkoušek ve vyhovujícím rozsahu. Teplota čidla byla 34,265 °C a teplota elektroniky v průběhu testu nepřesáhla teplotu 35 °C. Maximální povolená teplota elektroniky udávaná výrobcem je 80 °C při použití LCD displeje a 85 °C při variantě bez LCD displeje.

Device name

TEPLOT1

Variable	Assignment	Value	Units	Status	Last update
SENSOR	PV	34.265	DegC	Good, Not limited	12/01/10 10:23:13
TERMINAL_TEMPERATURE	SV	NaN	DegC	Manual/fixed, Constant	12/01/10 10:23:13
DEVICE_TEMPERATURE	TV	35.000	DegC	Good, Not limited	12/01/10 10:23:13
SUPPLY_VOLTAGE	QV	7.229	V	Good, Not limited	12/01/10 10:23:13
PERCENT_RANGE	PERCENT_RANGE	34.265	%	Good, Not limited	12/01/10 10:23:13
CURRENT	CURRENT	NaN	mA	Manual/fixed, Constant	12/01/10 10:23:13

Obr. 21 Jedna z diagnostických obrazovek, kterou lze zobrazit na WirelessHART Gateway řady 1420 od firmy Emerson Process Management s.r.o.

Většina měřených teplot na rotační části pece se nachází v oblasti horkého konce, odkud lze přivést signály k zařízení instalovanému na studeném konci pece pomocí kompenzačního vedení, vedeného v trase na plášti rotující pece.

Bezdrátové převodníky byly dlouhodobě testovány v těchto etapách:

I. Etapa: Demo sada WirelessHART přístrojů byla odzkoušena v kanceláři PRECHEZA a.s. a následně byla otestována konektivita při umisťování bezdrátových přístrojů v různých kancelářích (místnostech) v jedné budově. Komunikace byla testována do vzdálenosti zhruba 15 metrů. Tato zkouška měla prověřit bezdrátovou komunikaci přes pevné překážky v průmyslových budovách (rozvody elektrických sítí, vodovodní potrubí, odpady a jiné).

II. Etapa: Zkouška mezi dvěma objekty s přímou viditelností. Testovaná vzdálenost se pohybovala kolem 100m a přístroje spolehlivě fungovaly.

III. Etapa: Zkoušky přímo v provozních podmínkách. Prvním krokem této části testování bylo připojení Gateway do podnikové ethernetové sítě LAN PRECHEZA a.s.. Bylo změněno její síťové nastavení pro monitorování bezdrátové sítě za pomoci web

serveru. Dále byl nadefinován trend pro záznam sledovaných dat (teplota čidla – v testovaném případě teplota okolního vzduchu v místě instalace a vnitřní teplota elektroniky). Gateway byla fyzicky instalována do místnosti s rozvaděči na boční straně haly do sádkartonové místnosti. Ostatní nastavení zůstaly původní od výrobce. Dalším krokem byla instalace bezdrátového převodníku 648 na rotační pec s ochranným štítem. Tento převodník rotoval společně s pecí a byl vždy půl otáčky v přímé viditelnosti na Gateway a půl otáčky byl „schován“ na několik minut za pecí.

Pro vyhodnocení komunikací převodníků a Gateway zavedeme označení jednotlivých přístrojů:

Převodník instalován na peci: TEPLOTA1

Gateway: WIHARTGW

Vyhodnocení parametrů za použití jednoho bezdrátového převodníku a Gateway

TEPLOTA1:

- Stabilita komunikační trasy s WIHARTGW	71,9 %
- RSSI s WIHARTGW	-87 dB
- Zmeškaných aktualizací	1419
- Celkem aktualizací	63188
- Skenovací frekvence	8 sekund
- Zmeškané aktualizace v %	2,24 %

V dalším kroku byl do středu haly na vyvýšené místo přidán další WirelessHART převodník teploty, prostorově umístěn tak, že pokrýval většinu odvrácené strany pece z pohledu Gateway a zároveň nebyl „ukrytý“ za pecí. Použitím této topologie byly výpadky komunikace mnohem méně časté než při použití pouze jednoho převodníku.

Doplňný převodník má označení: TEPLOTA4

Vyhodnocení parametrů za použití dvou bezdrátových převodníků a Gateway

TEPLOTA1:

- Stabilita komunikační trasy s TEPLOTA4	99,1 %
- Stabilita komunikační trasy s WIHARTGW	66,7 %
- RSSI s TEPLOTA4	-51 dB
- RSSI s WIHARTGW	-89 dB
- Zmeškaných aktualizací	244
- Celkem aktualizací	95464
- Skenovací frekvence	8 sekund
- Zmeškané aktualizace v %	0,255 %

V posledním kroku byl do haly umístěn třetí bezdrátový převodník, který byl střídavě umisťován na různá místa, aby byla bezdrátová síť robustnější. I když se tento převodník k rotujícímu převodníku TEPLOTA1 nepřipojil, počet zmeškaných aktualizací klesl, protože pomohl vytvořit pomocnou komunikační trasu pro převodník TEPLOTA4.

Doplněný převodník má označení: WPT102WIHART

Vyhodnocení parametrů za použití dvou bezdrátových převodníků a Gateway

TEPLOTA1:

- Stabilita komunikační trasy s TEPLOTA4	99,1 %
- Stabilita komunikační trasy s WIHARTGW	66,7 %
- Stabilita komunikační trasy s WPT102WIHART	nepřipojen
- RSSI s TEPLOTA4	-56 dB
- RSSI s WIHARTGW	-88 dB
- RSSI s WPT102WIHART	nepřipojen
- Zmeškaných aktualizací	41
- Celkem aktualizací	68377
- Skenovací frekvence	8 sekund
- Zmeškané aktualizace v %	0,0599 %

Shrnutí nejdůležitějších výsledků

Fáze testování	Stabilita komunikační trasy	Počet zmeškaných aktualizací
1. Fáze	71,90%	2,240%
2. Fáze	99,10%	0,255%
3. Fáze	99,10%	0,059%

4.4 Návrh nového řešení měření teploty na rotační peci

Instalaci nového měření teploty na rotační peci bych doporučoval provést ve dvou krocích – v kroku testovacím a provozním.

1. Krok – testovací – v této fázi by byl na pátou trolej na studeném konci rotační pece instalován bezdrátový převodník řady 848T, který disponuje celkem čtyřmi vstupy pro připojení odporových teploměrů a termočlánků různých druhů. V případě provedení do prostředí bez nebezpečí výbuchu lze k tomuto převodníku připojit i proudový vstup 4 – 20 mA.

Na páté troleji by se také vyměnily všechny termočlánky typu K za duální typ termočlánek typu K a to z toho důvodu, aby bylo možné zachovat původní funkci trolejí a obručí. Napětí by se tedy i nadále snímalo pomocí trolejí. Druhé

páry termočlánku by se připojily na vstupy převodníku 848T a naměřené veličiny by se přenášely pomocí bezdrátové komunikace do Gateway 1420 k dalšímu zpracování a archivaci. Ta by byla nainstalována na stejném místě, jako v průběhu testování. Pro vytvoření robustní komunikační sítě bych doporučil osadit okolní převodníky, které disponují digitálním protokolem HART, bezdrátovými retranslatory řady 775 THUM, a také případnými dalšími bezdrátovými převodníky.

V současnosti jsou všechny termočlánky svedeny na jednu společnou trolej a v případě, že některý z nich neměří správně, je celé měření na této troleji negativně ovlivněno. Zapojením termočlánků na bezdrátový převodník řady 848T by společnost PRECHEZA a.s. získala obrovskou výhodu v možnosti sledování stavu jednotlivých termočlánků. V případě, že by některý z termočlánků neměřil správně, nebo byl vadný, by jej mohla okamžitě vyměnit, aby nedocházelo k ovlivňování celé společné troleje. Tímto způsobem by PRECHEZA a.s. přešla z diagnostiky preventivní na diagnostiku prediktivní a mohla tak ušetřit náklady způsobené nepřesným a ovlivněným měřením.

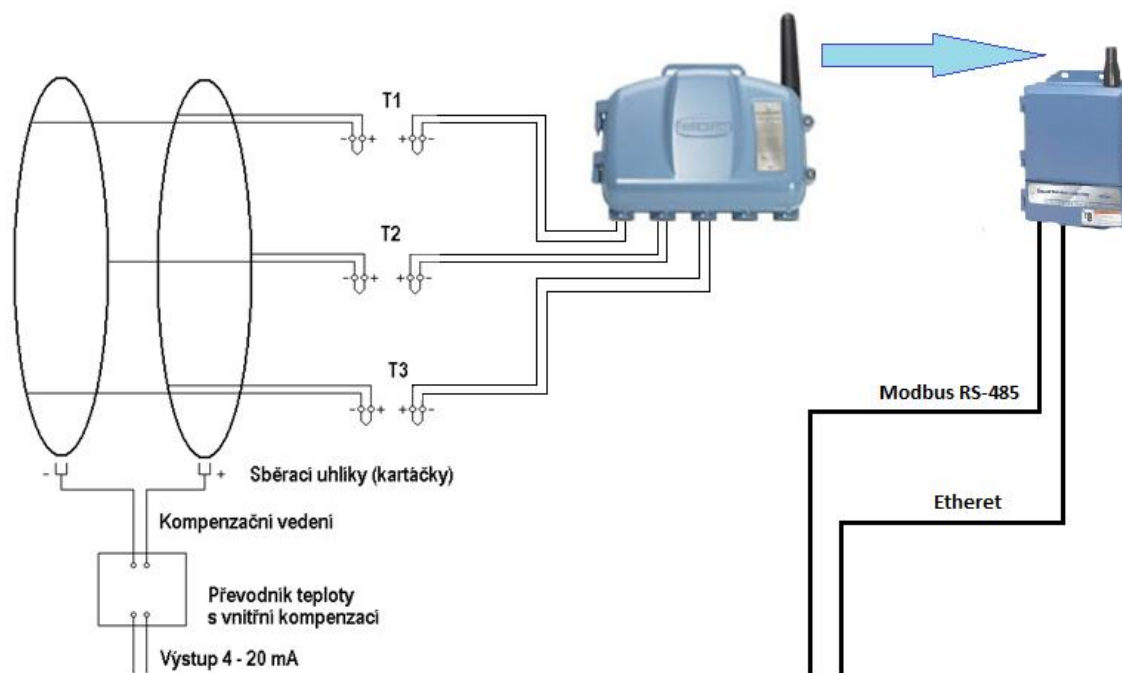
Dále by tímto způsobem bylo možné sledovat změny teploty na jednotlivých teploměrech v závislosti na měřeném médiu (topný plyn nebo kalcinát) a stanovit tak algoritmus průběhů teploty uvnitř materiálu v závislosti na teplotě topného plynu a monitorovat, zda tato trolej měří správně = zda není zaprášená a nevyžaduje případnou údržbu.

Společnost PRECHEZA a.s. by si takto dlouhodobě odzkoušela životaschopnost této technologie v těžkých průmyslových podmínkách, i když už z prvotního testování a i při nedodržení všech zásad uvedených v kapitole 2 vyplynulo, že tato technologie je provozuschopná v těchto velmi náročných podmínkách.

2. Krok – provozní – všechny troleje by byly osazeny bezdrátovými převodníky řady 848T. Velikou výhodou těchto převodníků je právě zmiňovaná možnost připojení až čtyř termočlánků do jednoho převodníku, tudíž odpadá pracná, časově zdloouvavá a finančně náročná instalace. Taktéž údržba těchto převodníků je velice jednoduchá, v podstatě jsou bezúdržbové – převodník v sobě obsahuje veškeré diagnostiky, tudíž lze stav převodníků sledovat přes Gateway on-line (odpadá nutnost demontáže) a v případě poruchy lze nastavit alarmy v řídicím systému a v Gateway lze přečíst příčinu poruchy.

V tomto kroku bych doporučil mít skladem minimálně dva náhradní převodníky, dvě baterie a jednu Gateway 1420 pro případ nutnosti rychlé výměny.

Životnost baterií při skenovací frekvenci 16 sekund je minimálně 5 let a do budoucna je vyvíjen nový typ, s minimálně dvojnásobnou životností.



Obr. 22 Návrh nového zapojení duálních termoelektrických článků typu K na pásé troleji
[15]

ZÁVĚR

Úkolem této bakalářské práce bylo prověření provozuschopnosti a funkčnosti nové bezdrátové technologie WirelessHART. Nasazením moderních bezdrátových převodníků by společnost PRECHEZA a.s. plně zmodernizovala způsob měření teploty a zkvalitnila tak celou technologii úseku kalcinace.

Využitím bezdrátových přístrojů by bylo možné sledovat jednotlivé termočlánky a tak provádět jejich následnou výměnu pouze v případě jejich porušení, čímž by se ušetřily náklady spojené s náhradními díly potřebnými na výměnu a čas potřebný na jejich výměnu by bylo možné využít ve prospěch výroby TiO_2 .

Zpřesněním měřením teploty by bylo možné zkvalitnit chemicko-technologický proces kalcinace a tím i vlastní kvalitu vyráběného produktu, ušetřit náklady potřebné na vyhřátí materiálu na požadovanou kalcinační teplotu a také ušetřit náklady za náročné zpracování spalin z pece.

Bezdrátová technologie WirelessHART se ukázala jako progresivní technologie s jednoduchou instalací a nízkými náklady na provoz a údržbu. Testováním bylo prokázáno, že by použitím bezdrátových přístrojů na kalcinační peci bylo možné plnohodnotně nahradit stávající velice zastaralý způsob měření teploty. Toto testování také ukázalo, že bezdrátová technologie WirelessHART je velice robustní a spolehlivá technologie a je možné ji využít i na jiných procesních jednotkách, kde standardní a klasické metody měření nejsou možné, a to jak z důvodu provozního (například rotující a jinak složitě se pohybující části), tak z důvodu finančního (nedostupnost kabelových tras, příliš vzdálené měřicí místo, překážka pro vytvoření kabelové trasy, jako například silnice, železnice a jiné).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CHUDÝ, V.; Palencár, R.; Kureková, E.; Halaj, M. Meranie technických veličín. 1. vydání: Bratislava: Vydavateľstvo STU, 1999. 688s. ISBN 80-227-1275-2.
- [2] KREIDL, M. Měření teploty – Senzory a měřicí obvody. 1. vydání: Praha: BEN – technická literatura, 2005. 240 s. ISBN 80-7300-145-4.
- [3] TESAŘ, J.; Strnad, R.; Vojtíšek, J.; Nemeček, P.; Bok, K.; Svoboda, J.; Smetana, J.; Kašpar, J.; Kulháněk, J.; Tůma, I.: Škola měření teploty. ČMI a ČMS, Srní, 2008.173 stran.
- [4] CARLSON, Daniel; SHAMSI, Moazzam; SCHNAARE, Ted; DAUGHERTY, Dan; POTTER, Jeff; NIXON, Mark: IEC 62591 WirelessHART®System Engineering Guide. Revision 2.2, EMERSON Process Management, 2010, 82 stran
Dostupné z: http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Central%20Web%20Documents/EMR_WirelessHART_SysEngGuide.pdf
- [5] Termoskop: [online]. [cit.20.2.2011] Dostupné z WWW: <http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Thermodynamics/Differential_Thermoscope/Differential_Thermoscope.html>
- [6] Teplotní stupnice: [online]. [cit.20.2.2011] Dostupné z WWW:<http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=4d6f6c656b756c6f76e12066797a696b61h&key=296>
- [7] Chapter 7 - Temperature Measurement: Reference Temperatures [online]. [cit.21.2.2011] Dostupné z WWW:<<http://www.globalspec.com/reference/10944/179909/chapter-7-temperature-measurement-reference-temperatures>>
- [8] Rosemount DIN-Style Temperature Sensors and Thermowells (Metric) [PDF dokument]. [cit.1.3.2011] Dostupné z WWW:<<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0200-2654.pdf>>
- [9] Měření teploty - polovodičové odporové senzory teploty: In hw.cz [online]. [cit.15.3.2011] Dostupné z WWW:<<http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART1141-Mereni-teploty---polovodicove-odporove-senzory-teploty.html>>
- [10] Termoelektrické jevy: In moon.felk.cvut.cz [online]. [cit.16.3.2011] Dostupné z WWW:<http://moon.felk.cvut.cz/~pjv/Jak/_phys/f577/start.html>

- [11] Rosemount 1075 and 1099 Series High Temperature Thermocouples [PDF dokument]. [cit.15.3.2011] Dostupné z WWW:<
<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0400-2654.pdf>>
- [12] Termovize a průmysl [online]. [cit.23.3.2011] Dostupné z WWW:<<http://www.termoviznimereni.cz/termovize-a-prumysl>>
- [13] Jirka & Spol. In www.prag-info.cz [online]. [cit.24.3.2011] Dostupné z WWW:<
http://www.prag-info.cz/_shop/index_.php?shop=MTQ5NA==&akce=detail&id=153167>
- [14] Bimetal temperature gauge [online]. [cit.24.3.2011] Dostupné z WWW:<
<http://hendristmt.files.wordpress.com/2008/10/bimetal-temperature-gauge2.gif>>
- [15] Wireless products, Emerson Process Management [online]. [cit.28.3.2011] Dostupné z WWW:<
<http://www2.emersonprocess.com/en-US/plantweb/wireless/products/Pages/SmartWirelessGateway.aspx>>
- [16] Wireless products, Smart wireless Gateway, Emerson Process Management [online]. [cit.28.3.2011] Dostupné z WWW:<
<http://www2.emersonprocess.com/en-US/plantweb/wireless/products/Pages/SmartWirelessGateway.aspx>>
- [17] Wireless products, Smart wireless thum, Emerson Process Management [online]. [cit.28.3.2011] Dostupné z WWW:<
<http://www2.emersonprocess.com/en-US/plantweb/wireless/products/Pages/SmartWirelessTHUMAdapter.aspx>>
- [18] The smart wireless field starter kit, Emerson Process Management [PDF dokument]. [cit.29.3.2011] Dostupné z WWW:<
http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Central%20Web%20Documents/FieldStarterKit_Brochure.pdf>
- [18] Prokop Engineering Brno, spol. s r.o. [online]. [cit.29.3.2011] Dostupné z WWW:<
<http://www.prokop-engineering.cz/>>
- [18] iDNES.cz, Bývalá štola u Příbrami zásobuje plynem polovinu Česka [online]. [cit.1.4.2011] Dostupné z WWW:<
http://ekonomika.idnes.cz/byvala-stola-u-pribrami-zasobuje-plynem-polovinu-ceska-pil-/ekonomika.aspx?c=A090108_211931_ekonomika_abr>
- [19] The infrastructurist, America under construction [online]. [cit.1.4.2011] Dostupné z WWW:<
<http://www.infrastructurist.com/2009/03/19/the-vocabulary-of-sprawl/>>

- [20] Engineerlive, Wireless communications mesh improves equipment monitoring [online]. [cit.1.4.2011] Dostupné z WWW:<http://www.engineerlive.com/Chemical-Engineer/Instrumentation/Wireless_communications_mesh_improves_equipment_monitoring/21220/>
- [21] Emerson launches in-plant Smart Wireless solutions for breakthrough performance in mainstream manufacturing [online]. [cit.20.4.2011] Dostupné z WWW:<http://www.emersonprocess.com/home/news/pr/610_smartwireless.html>
- [22] Application data sheet, Emerson Process Management [PDF dokument]. [cit.21.4.2011] Dostupné z WWW:<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Analytical%20Documents/Liq_ADS_3300-13.pdf>

PŘÍLOHY

- CD-R digitální nosič
- Text této bakalářské práce ve formátu PDF
- Podklady z III. Etapy testování