



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV MECHANIKY TĚLES, MECHATRONIKY A
BIOMECHANIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF SOLID MECHANICS, MECHATRONICS AND
BIOMECHANICS

MOŽNOSTI MONITOROVÁNÍ HAZARDNÍHO PROSTŘEDÍ

POSSIBILITY OF HAZARDOUS ENVIRONMENT MONITORING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

STANISLAV NOVOTNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR BLECHA, Ph.D.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Stanislav Novotný

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

obor: **Mechatronika (3906R001)**

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:

Možnosti monitorování hazardního prostředí

v anglickém jazyce:

Possibility of hazardous environment monitoring

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je koncipována na řešení v oblasti monitoringu vybraných fyzikálních veličin v neradioaktivním prostředí jaderné elektrárny Temelín.

Řešení možností monitorování vybraných fyzikálních veličin.

Řešení možností překonávání překážek ve známém prostředí (podvozky mobilních robotů).

Návrh koncepce mobilního monitorovacího zařízení pro vybraná nebezpečí ve známém hazardním neradioaktivním prostředí.

Cíle bakalářské práce:

Řešení možností monitorování vybraných fyzikálních veličin.

Řešení mobilních průmyslových robotů a manipulátorů.

Řešení možností překonávání překážek ve známém prostředí

Návrh koncepce mobilního monitorovacího zařízení.

Seznam odborné literatury:

KNOFLÍČEK, R.: Mobilní roboty pro průmyslové využití, ISBN 80-7204-387-0, (2005)

www.infozdroje.cz

[www stránky výrobců senzorů](#)

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 25.11.2009

L.S.

prof. Ing. Jindřich Petruška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Tato práce se zabývá problematikou měření vybraných fyzikálních veličin pomocí dálkově ovládaného mobilního monitorovacího zařízení. Jsou zde uvedené informace o vybraných čidlech použitelných pro tuto problematiku. Cílem je zpracovat možné způsoby realizace takového zařízení včetně možností lokomočních ústrojí a bezdrátového přenosu senzorických dat

Klíčová slova

Senzory, hazardní prostředí, lokomoční ústrojí,

Abstract

This bachelor's thesis deals with issue of measurement of chosen physical quantities using a remote controlled mobile monitoring device. It provides information on selected sensors usable for this application. Aim is to analyze possible ways of realization of such device including options of locomotion system and wireless transfer of sensory data.

Keywords

Sensors, hazardous environment, locomotion system

Bibliografická citace

NOVOTNÝ, S. *Možnosti monitorování hazardního prostředí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 34 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

Prohlášení autora o původnosti práce

Já, Stanislav Novotný, prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma možnosti monitorování hazardního prostředí vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu.

V Brně dne: 28.5.2010

.....

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval každému, kdo mi pomáhal s tvorbou této bakalářské práce. Především bych rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Petru Blehovi, Ph.D. Dále děkuji své rodině, že mi byly oporou po celou dobu mého studia.

1. Úvod	10
2. Prostředí	11
3. Možné poruchy.....	12
4. Fyzikální veličiny	12
4.1. Teplota.....	12
4.2. Vzdušná vlhkost	13
4.3. Hluk.....	13
4.4. Ionizující záření a radioaktivita.....	13
5. Senzory.....	14
5.1. Teplota, tlak a vlhkost.....	14
5.1.1. Greisinger electronic GmbH GMH 3330.....	14
5.1.2. Sonda vlhkosti a teploty TFS 0100E	15
5.1.3. Sonda rychlosti proudění STS 020	16
5.1.4. Tlaková sonda GMSD 2BA	17
5.2. Měření radiace.....	17
5.3. Kamerový systém.....	19
5.4. Bezkontaktní měření teploty	21
5.4.1. Pyrometry.....	21
5.4.2. Infrakamery.....	22
5.4.3. ULIRvision Thermal Imaging Core TC 384.....	23
5.5. Měření vibrací	24
5.6. Měření hluku	24
6. Druhy podvozků – lokomoční ustrojí	26
6.1. Kolové soustavy	27
6.1.1. pojezdový systém Spider	27
6.2. Pásové soustavy.....	29
6.3. Měření polohy robota – navigace.....	29
7. Přenos dat.....	30
8. Závěr	31
9. Seznam použitých zdrojů:.....	32
10. Seznam zkratk.....	33

1. Úvod

Tato bakalářská práce má za cíl zjistit možnosti měření fyzikálních veličin dálkově ovládaným mobilním monitorovacím zařízením, které bude operovat ve známém prostředí neradioaktivních částí jaderné elektrárny. Zařízení musí být schopno operovat v prostředí ohrožujícím zdraví a životy lidí nejen při běžném provozu, ale i za mimořádných okolností. Mělo by být schopno lokalizovat poruchy a anomálie, které se mohou vyskytnout na zařízení elektrárny během provozu.

Hlavním úkolem je utvořit přehled snímačů schopných měřit vybrané fyzikální veličiny v hazardním prostředí. Vybrat vhodné senzory pro umístění na mobilním monitorovacím zařízení. Rozhodujícími kritérii pro výběr senzorů byla energetická náročnost, odolnost vůči vlivům provozního prostředí a vhodné rozměry pro umístění na zařízení. Z těchto hledisek jsem posuzoval použitelnost senzorů pro případ vyhledávání poruch na zařízení, které by mohly způsobit vážnější nehodu.

Dále jsem posuzoval možnosti zajištění mobility robota v daném prostředí a srovnával technické možnosti lokomočních ústrojí z hlediska schopnosti překonávání překážek operativního řízení a určování polohy v prostoru. To vše také s ohledem na možnost přenosu dat ze snímačů operátorovi a dálkového ovládání všech jeho funkcí.

2. Prostředí

Prostředím ve kterém bude robot operovat je neradioaktivní část jaderné elektrárny, která je velmi rozlehlá a obsahuje četné překážky jako například schodiště, výstupky, rošty a rampy. Podlaha je tvořena různými typy povrchů. Za normálního provozu je hala dobře osvětlena, ale v mezních situacích, které mohou nastat, tomu tak být nemusí. Například může dojít k zhoršené viditelnosti a ohrožení personálu zejména při úniku páry, požáru a kontaminaci prostředí radioaktivitou.



Obr. 1: Turbogenerátor v jaderné elektrárně Temelín. Foto: archiv JE Temelín [5]

V prostředí sekundárního bloku elektrárny se nachází především turbogenerátor, který se skládá z parní turbíny, elektrického generátoru, budiče a pomocného budiče. Do Turbogenerátoru je přiváděna pára vzniklá v parogenerátoru, která má tlak 6,3 MPa a teplotu 278,5 °C. Pára je poté odvedena do kondenzátoru kde se mění zpět na vodu.

Robot musí neustále monitorovat celý prostor a v ideálním případě zjistit možnou příčinu poruchy ještě před tím než k poruše dojde, případně odhalit drobné závady dříve než napáchají větší škody

3. Možné poruchy

V jaderné elektrárně může dojít k mnoha událostem, které mají vliv na bezpečnost uvnitř i vně zařízení. Tyto události jsou klasifikovány s ohledem na mezinárodní stupnici INES, která byla vytvořena tak aby byla pochopitelná pro laickou veřejnost a zároveň byla dostatečně odborná. Tato stupnice je sedmistupňová

INES 0 – odchylka (nemá bezpečnostní význam)

INES 1 – anomálie (bezpečnostní souvislost, dostatečná zásoba bezpečnosti)

INES 2 – nehoda (významné selhání bezp. opatření, bezp. ochrana stále dostatečná)

INES 3 – vážná nehoda s nevýznamným únikem radioaktivity mimo JZ (JE Vandellos, Španělsko 1989, JE Paks, Maďarsko 2003)

INES 4 – havárie bez vážnějšího rizika vně zařízení (ozáření stále v povolených mezích)

INES 5 – havárie s rizikem vně zařízení (JE Three Mile Island, USA 1979)

INES 6 – těžká havárie

INES 7 – velmi těžká havárie (JE Černobyl, Ukrajina 1985) [5]

Události označené stupněm 0 až 2 nemají vliv na okolí zařízení a mohou nastat v jakékoliv oblasti provozu elektrárny. Odchylky stupně 0 se stávají poměrně často na všech jaderných zařízeních po celém světě a patří mezi ně jednoduché náhodné poruchy v redundantním systému odhalené v průběhu periodických zkoušek nebo kontrol, rychlé odstavení reaktoru, které probíhá normálně, neúmyslná aktivace bezpečnostních systémů, bez významných následků, úniky v rámci limitů a podmínek provozu. Události stupně 1 jsou anomálie, které mají dostatečnou bezpečnostní rezervu, tyto události mohou být způsobeny závadou zařízení, nedostatkem postupů nebo lidskou chybou. Patří mezi ně *porušení technických podmínek nebo přepravních předpisů, nehody bez přímých důsledků, které odhalí nedostatky v organizačním systému nebo kultuře bezpečnosti, defekty v potrubí, menší než předpokládá kontrolní program.*

Stupeň 2 zahrnuje události, kde by skutečné události byly klasifikovány stupněm 1, ale odhalují významné dodatečné organizační nedostatky nebo nedostatky v kultuře bezpečnosti. Patří sem například událost, která vyústila v dávku pracovníkovi, překračující povolený roční limit a/nebo událost, která vede k přítomnosti významných množství radioaktivity uvnitř zařízení v prostorách, kde to projekt nepředpokládal, a která vyžadují nápravná opatření.[5]

4. Fyzikální veličiny

4.1. Teplota

Teplota je základní fyzikální veličinou soustavy SI s jednotkou kelvin (K) a vedlejší jednotkou stupeň Celsia (°C). Nejnižší možnou teplotou je teplota absolutní nuly (0 K; -273,15 °C), ke které se lze libovolně přiblížit, avšak nelze jí dosáhnout. Udává stav hmoty představující průměrnou kinetickou energii jednotlivých částic hmoty.

Teplotu lze měřit několika způsoby jak kontaktními (přenos vnitřní energie přímým kontaktem) tak bezkontaktními (přenos na základě emisí elektromagnetického záření).

Změna teploty je průvodním dějem prakticky všech fyzikálních dějů. Při každé činnosti dochází ke ztrátám, které mohou být způsobeny mechanickým třením, deformací materiálu nebo elektrickým odporem. Tyto ztráty se nejčastěji projevují jako nárůst kinetické energie částic nebo uvolněním elektromagnetického záření. Pokud dojde k jakémukoliv poruše zařízení, jde jí odhalit jako nárůst teploty v místě poruchy.

4.2. Vzdušná vlhkost

Vlhkost vzduchu je fyzikální veličina, která udává, jaké množství vody v plynném stavu (vodní páry) obsahuje dané množství vzduchu.

Relativní vlhkost udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení. Udává se v procentech (%). Relativní vlhkost se též někdy označuje jako poměrná vlhkost.

Měrná vlhkost vzduchu udává hmotnost vodní páry na kilogram suchého vzduchu.

Rosný bod je teplota, při které dochází ke kondenzaci vodních par ve vzduchu (relativní vlhkost vzduchu dosáhne 100 %).

Vzdušná vlhkost je pro většinu elektronických zařízení velmi nebezpečná jelikož kondenzující pára může způsobit zkrat obvodů. Může také působit korozi některých materiálů

4.3. Hluk

Hluk určuje vlastnosti zvuku definované intenzitou zvuku, hladinou akustického tlaku a vlnovou délkou. Pro určování hladiny hluku se používá decibel [dB]. Jedná se o poměrnou logaritmickou jednotku kde nárůst o jeden bel odpovídá nárůstu intenzity o jeden řád. V akustice se pro stanovení hluku používá tzv. Weberův-Fechnerův zákon, podle něž lidské tělo vnímá podněty přímo úměrně logaritmu intenzity. Jako výchozí hodnota byl stanoven průměrný práh slyšitelnosti tzn. 0 dB odpovídá akustickému tlaku $2 \cdot 10^{-5}$ Pa. Kontrolou hladiny hluku můžeme zjistit nežádoucí děje v mechanismech (vibrace, tření, mechanické vlastnosti).

Prvotním jevem poruch může být i zvýšení hladiny zvuku v určitých frekvencích. Typický zvukový projev provází únik z parovodního potrubí při jeho poškození. Další změny hladiny hluku mohou provázet mechanické opotřebení částí v turbogenerátoru. Průvodním jevem je nárůst hlučnosti vlivem zvýšeného tření a vibrací zařízení. Mikrofon měřící hlučnost může měřením hlučnosti odhalit takovou závadu.

4.4. Ionizující záření a radioaktivita

Ionizující záření je souhrnné označení pro záření, jehož kvanta mají energii postačující k ionizaci atomů nebo molekul ozařené látky. Za energetickou hranici ionizujícího záření se obvykle považuje energie 5 keV.

Druhy ionizujícího záření:

Záření alfa – proud α -částic, tj. jader helia

Záření beta – záření urychlených elektronů nebo pozitronů

Záření gama – energetické fotony, tj. druh elektromagnetického záření
neutronové záření

Radioaktivita je děj probíhající uvnitř atomových jader kdy dochází k přeměně na jiný druh jader při němž se uvolňuje ionizující záření

Zvýšená radioaktivita v neradioaktivní části elektrárny znamená vždy velice závažný bezpečnostní problém, jelikož v tomto okamžiku je ohroženo zdraví osob a může dojít k dlouhodobému poškození životního prostředí. Únik radiace vždy ukazuje na závažnou závadu v primárním okruhu. V krajní situaci může záření znemožnit přístup osob do zamořené zóny a zároveň poškodit elektroniku.

5. Senzory

„Senzor – je prvek, na který působí snímaná veličina a který získanou informaci převádí obvykle na elektrický signál. Je to tedy fyzikální převodník jednoho druhu energie na jiný (popř. stejný).“ [1]

5.1. Teplota, tlak a vlhkost

Pro funkci ostatních systémů měření je nutné znát vlastnosti prostředí, ve kterém se robot nachází. Jde především o teplotu, tlak a vlhkost vzduchu. Na trhu je celá škála snímačů teploty, při měření teploty okolního vzduchu není zapotřebí velkého rozsahu teplot. K měření tak postačí teploměr, který je součástí každého snímače relativní vlhkosti. Z naměřené teploty a relativní vlhkosti lze dopočítat teplotu rosného bodu, absolutní vlhkost vzduchu, měrnou vlhkost vzduchu, směšovací poměr a specifickou (výparnou) entalpii.

5.1.1. Greisinger electronic GmbH GMH 3330

Pro měření vzdušné teploty tlaku a vlhkosti na mobilním monitorovacím zařízení doporučuji použít systém GMH 3330 od společnosti Greisinger electronic GmbH, který umožňuje připojení sondy relativní vlhkosti a teploty TFS 0100E a snímače proudění vzduchu STS 020. Také umožňuje připojení k počítači pomocí konektoru RS 232 nebo USB. Napájení je možné 9V baterií, Rozměry 142 x 71 x 26mm Hmotnost 145g bez baterie.

Pro tento systém jsem se rozhodl z důvodu jeho kompaktní velikosti s nízkou energetickou náročností a zejména možnosti připojení sondy vlhkosti a sondy proudění vzduchu.



Obr. 5.1.: Greisinger GMH 3330 [6]

Základní vlastnosti:

měření třech veličin v jednom přístroji
paměť: MIN a MAX hodnoty
funkce Data Hold, Auto Off,
rozhraní RS 232, USB (OPT)
zobrazení napětí napájecí baterie
výpočet rosného bodu
výpočet odstupů rosných bodů
výpočet entalpie
povrchová teplota - snímač NiCr "K"

Tab. 5.1 Vlastnosti systému GMH 3330 [6]

5.1.2. Sonda vlhkosti a teploty TFS 0100E



Obr. 5.2 Sonda vlhkosti a teploty TFS 0100 [7]

Jedná se o kalibrovaný plně zaměnitelný snímač pro přístroj GMH 3330. Obsahuje kapacitní polymerový senzor vlhkosti a teplotní senzor Pt1000, 1/3 DIN. Deska s obvodem pro zpracování měřených hodnot je zabudována v rukojeti snímače.

Měřicí rozsah	0,55 – 20,00 m/s
Přesnost	± 1 % z kon. hodnoty ± 3 % z měř. Hodnoty
Směrová závislost	$\pm 20^\circ$ bez přídavné chyby měření
Pracovní teplota	0 – 70 °C
Pracovní relativní vlhkost	0 až 100 % r.v. (nekondenzující)
Rozměry: hlavice $\varnothing$ 11 x 15 mm, trubka $\varnothing$ 15 mm celková délka 165, minimální otvor pro vsunutí snímače $\varnothing$ 16 mm	
Hmotnost: 75g	

Tab 5.2: Parametry vlhkostní a teplotní sondy TFS 0100E[6]

Základní předností uvedené sondy je její malá kompaktní konstrukce o váze 90g včetně 1m připojovacího kabelu.

5.1.3. Sonda rychlosti proudění STS 020



obr. 5.3: Sonda rychlosti proudění STS 020 [6]

Snímač proudění s výměnou hlavici pro GMH 3330, kalibrovaný a plně zaměnitelný. V hlavici je anemometr s oběžným kolem. Rovněž tato sonda se vyznačuje velice malou kompaktní konstrukcí.

měřicí rozsah:	0 až +2000 mbar
hystereze a linearita:	$\pm 0,2$ %FS
vliv teploty:	$\pm 0,4$ %FS
přetížení:	max 4 bar
rozlišení:	1 mbar
provozní teplota:	0 až 50 °C
připojení:	vnitřní průměr hadice 4 mm
Senzor:	piezodporový tlakový senzor
Tlakové připojení	: 2 připojovací nátrubky z nylonu pro hadice 6 x 1 mm (vnější $\varnothing$ 6mm a vnitřní $\varnothing$ 4mm)
Elektronika:	deska se zesilovačem a pamětí s informacemi o rozsahu a kalibraci senzoru, umístěná v pouzdru snímače
Pracovní teplota:	0 ... +50 °C
Relativní vlhkost:	0 ... +95 % r.v. (nekondenzující)
Skladovací teplota:	-40 ... +85 °C
Pouzdro:	z materiálu ABS, závěsné oko,
Rozměry:	bez nátrubků: 68 x 32,5 x 15 mm (d x š x h), s nátrubky: 68 x 32,5 x 27,5 mm.
Připojení k přístroji:	stíněný kabel z PVC, 1m dlouhý, zakončený 6 pólovým konektorem Mini-DIN
Hmotnost: ~ 75 g	

Tab 5.3: vlastnosti sondy proudění vzduhu STS 020 [6]

Pomocí sondy proudění je možné rychle odhalit i ty nejslabší úniky plynů, což může být prvotní jev vzniklých závad potrubních systému generátoru nebo netěsností parních rozvodů. Pokud by konstrukce robotu obsahovala pohyblivý manipulátor, bylo by z hlediska funkčnosti kontrolního systému velice vhodné umístit tuto sondu na pohyblivé rameno manipulátoru. Při zpracování signálu z proudové sondy je nutné vzít na vědomí pohyb celé soustavy, který způsobí odezvu na výstupu úměrnou rychlosti pohybu. Je tedy nutné sledovat pouze případné jednorázové změny.

5.1.4. Tlaková sonda GMSD 2BA

Pro měření tlaku jsem zvolil tlakovou sondu od stejného výrobce jako předchozí snímače. Jedná se o snímač absolutního tlaku vzduchu nebo nekorozivního a neionizujícího plynu. Využívající piezodoporový tlakový senzor

měřicí rozsah:	0 až +2000 mbar
hystereze linearita:	a +/-0,2 %FS
vliv teploty:	+/- 0,4 %FS
přetížení:	max 4 bar
rozlišení:	1 mbar
provozní teplota:	0 až 50 °C
připojení:	vnitřní průměr hadice 4 mm
Senzor:	piezodoporový tlakový senzor
Tlakové připojení	: 2 připojovací nátrubky z nylonu pro hadice 6 x 1 mm (vnější Ø 6mm a vnitřní Ø 4mm)
Elektronika:	deska se zesilovačem a pamětí s informacemi o rozsahu a kalibraci senzoru, umístěná v pouzdru snímače
Pracovní teplota:	0 ... +50 °C
Relativní vlhkost:	0 ... +95 % r.v. (nekondenzující)
Skladovací teplota:	-40 ... +85 °C
Pouzdro:	z materiálu ABS, závěsné oko,
Rozměry:	bez nátrubků: 68 x 32,5 x 15 mm (d x š x h), s nátrubky: 68 x 32,5 x 27,5 mm.
Připojení přístroji:	k stíněný kabel z PVC, 1m dlouhý, zakončený 6 pólovým konektorem Mini-DIN
Hmotnost:	~ 75 g

Tab. 5.4: vlastnosti tlakové sondy GMSD 2BA [6]

5.2. Měření radiace

Ionizující záření lze měřit několika způsoby. Nejjednodušší snímače měří pouze počet impulzů bez možnosti zjistit druh záření. Jsou to termoluminiscenční dozimetry, ionizační komory a Geigerův-Müllerův čítač. Další jsou spektrometry ionizujícího záření. Jako spektrometr mohou pracovat především scintilační a polovodičové detektory. Pro požadovanou aplikaci by měl stačit Geigerův-Müllerův čítač, neboť dokáže snadno zjistit nárůst intenzity záření.

Geiger-Müllerův čítač je komora naplněná plynem o nízkém tlaku. Povrch komory tvoří katodu a uprostřed je drát, který tvoří anodu. Na elektrody je přivedeno vysoké napětí. Při průchodu částice ionizujícího záření vnitřkem komory dochází k ionizaci plynu. Ionty vzniklé podél

trajektorie částice jsou přitahované k elektrodám, čímž ionizují další atomy plynu (lavinovitá ionizace). Tím vzniká v obvodu proudový impuls, který je registrován čítačem.

Rados RDS-200

Jedná se o univerzální měřič radiace, který dokáže zaznamenaná data přenášet po sériovém datovém rozhraní. Měřič obsahuje integrovanou GMT trubici, a zároveň umožňuje připojení externí sondy pro měření zamoření.



Obr. 5.4: Dosimetr Rados RDS-200 [7]

Detekované záření:	gama a X-záření, 50keV - 3 MeV, beta záření s externími detektory
Detektory:	2 halogenové samozhášecí energeticky kompenzované GM trubice.
Měřicí rozsah:	dávkový příkon 0,01 $\mu\text{Sv/h}$ - 10 Sv/h dávka 0,01 μSv – 10 Sv
Rozlišení:	tři platné číslice nebo 0,01 $\mu\text{Sv/h}$ pro dávkový příkon a 0,01 μSv pro dávku
Přesnost kalibrace:	$< \pm 5\%$ údaje při expozici Cs137 při $+20^\circ\text{C}$ v kalibračním poli a v kalibračním směru
Linearita dávkového příkonu:	$< \pm 15\%$ $\pm$ nejnižší platná číslice v rozsahu 0,05 $\mu\text{Sv/h}$ - 10 Sv/h
Směrová závislost:	$\pm 25\%$ v rozmezí 45° od kalibračního směru při testovací energii 65 keV v rozsahu 0,05 $\mu\text{Sv/h}$ až 10 mSv/h $\pm 35\%$ v rozmezí 45° od kalibračního směru při testovací energii 83 keV v rozsahu 10 mSv/h až 10 Sv/h
Energetický rozsah:	50 keV až 3 MeV v rozsahu 0,05 $\mu\text{Sv/h}$ až 10 mSv/h 80 keV až 3 MeV v rozsahu 10 mSv/h až 10 Sv/h Pokud je překročen limit měřicího rozsahu 10 mSv/h jsou na energetických úrovních mezi 50 až 80 keV vyvolána hlášení o přetečení.
Energetická závislost:	-20% až +30% v rozsahu 0,05 $\mu\text{Sv/h}$ až 10 mSv/h $\pm 15\%$ v rozsahu 10 mSv/h až 10 Sv/h
Ukládání dat:	Interval záznamu dat měřiče může být nastaven od 1 min do 90 min a měřič si ukládá do své vnitřní paměti posledních 864 výsledků měření
Napájení:	3 alkalické články (IEC LR6), externí bateriový adaptér +12Vss (option) nebo síťový adaptér (option)

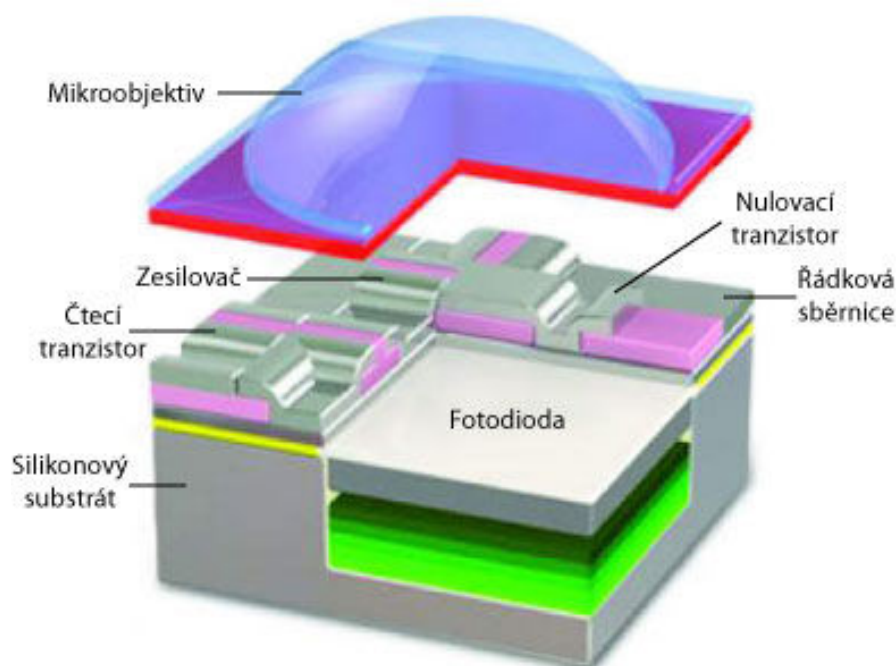
Diagnostika chyb:	nepřetržitá kontrola funkce elektroniky a GM-trubic (10 chybových hlášení)
Kryt přístroje:	odolný nárazu, hliníkový kryt s ABS plastickými krytkami na koncích, krytí IP 67 (IEC 529), stíněný proti rušení RF a NEMP.
Rozměry:	92 x 199 x 44 mm
Hmotnost:	610 g bez baterií, 700g s bateriemi
Teplotní rozsah:	- 30°C až +55°C pracovní; - 40°C až +55°C pracovní s omezenou funkcí displeje - 40°C až +70°C skladovací

Tab. 5.5: parametry dosimetru Rados RDS-200 [7]

5.3. Kamerový systém

Kamerový systém robota musí sloužit k rychlému a kvalitnímu sledování vnějšího prostředí. Kvalita obrazu musí být dostatečná nejen k autonomnímu navigování robota, ale zároveň musí být obraz v odpovídající kvalitě pro obsluhu operátora. Základním snímacím prvkem kamery je snímač typu CMOS nebo CCD. Více než samotný snímač má rozhodující vliv na kvalitu a velikost sledované oblasti optická část kamery. Pro bezpečnou orientaci robota v prostoru je vhodnější širokoúhlý objektiv, který dává ucelený přehled o stavu prostředí, v kterém se bude robot pohybovat. Kamerový systém musí umožňovat kontinuální záznam obrazu z důvodu zpětného vyhodnocování kritických situací. Rovněž musí umožnit pořízení detailních záběrů pro průběžné zpracování operátorem v dostatečné kvalitě.

Digitální snímače (ať už CCD nebo CMOS) fungují na základě fotoelektrického jevu. To je fyzikální jev, kdy elektromagnetické záření dopadající na atom některého z na světlo citlivých prvků dokáže uvolnit jeho elektrony. Z polovodiče je možné takto uvolněný elektron odvést pomocí elektrod čímž se generuje elektrický proud u fotodiody. V obrazovém bodu snímače je nejprve po určitou dobu náboj hromaděn, než je odveden a zpracován. Takto je možné řídit citlivost snímače. Mezi nejdůležitější parametry snímače patří jeho rozlišení, což je počet obrazových bodů. Dalšími důležitými parametry je frekvence snímání obrazu a rozsah citlivosti.



Obr. 5.5: schéma jedné buňky CMOS snímače [14]

V současné době jsou na trhu dva systémy výstupního signálu a to analogový nebo plně digitální. Z hlediska přenosu signálu můžeme použít bezdrátový nebo kabelový přenos dat. Pro naši aplikaci by bylo možné použít analogovou kameru připojenou na digitalizační kartu. Toto řešení je sice cenově výhodné, ale při přenosu dat může docházet k ztrátě kvality vlivem rušivých signálů elektrických zařízení. Z tohoto důvodu se přikláním k použití plně digitálního výstupu z kamery po kabelu přímo do centrálního řídicího systému robota.

Z hlediska kvality obrazu se jeví jako nejvhodnější kamera s minimálním rozlišením 5 Megapixelů. Obraz z těchto kamer splňuje veškeré požadavky na dostatek detailů v přenášeném obraze. Společně s vysoce kvalitním ZOOM objektivem by bylo zaručeno sledování nejen celkového prostředí pohybu robota, ale i možnost přenášet detailního obrazu z kritických míst.

Kamerovému systému robota je potřeba věnovat zvýšenou pozornost zejména z hlediska spolehlivosti a funkčnosti, jelikož v kritických situacích se může robot stát jediným zdrojem okamžitých informací o stavu okolního prostředí.

Megapixel IP kamera Arecont Vision AV5105



Obr. 5.6: digitální IP kamera Arecont Vision AV5105 [8]

Tato kamera vyniká malými rozměry a nízkou hmotností a současně schopností pořizovat záběry o vysokém rozlišení. Výhodou je také digitální výstup ve formátu H.264 který je nejmodernějším standardem pro kompresi videa a umožňuje snadno přenášet a ukládat natočené záběry. Při plném rozlišení dokáže snímat rychlostí 9 Hz, lze ji však nastavit různé obnovovací frekvence a to až po hodnotu 32 Hz při rozlišení 1280x1024. Také umožňuje vysílat celkový pohled a zároveň několik oblastí zájmu v režimu digitálního zoomu. K této kameře je možné zvolit optiku, která bude nejvhodnější pro tuto zadanou úlohu.

Maximální rozlišení	2592x1944 5 Mp
Minimální osvětlení	0.3Lux při F1.4
Dynamický rozsah	60 dB
Provozní teplota	0°C – 50 °C
Konektory	Opticky vázaný vstup a výstup, UTP, DC
Výstup	Digitální ve formátu H.264 (MPEG4)
Napájení	12V nebo PoE (standard IEEE 802.3af)
Rozměry	76 mm x 63.5 mm x 57mm 243 g

Tab. 5.6: parametry digitální kamery Arecont Vision AV5105 [8]

5.4. Bezkontaktní měření teploty

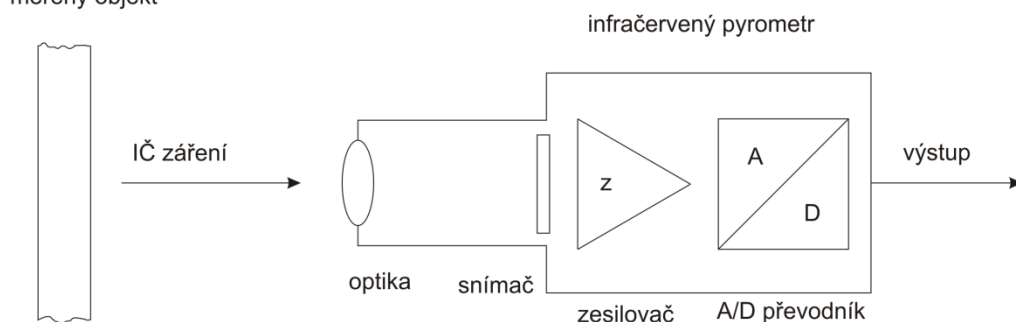
Pro bezkontaktní měření teploty se používají pyrometry a termovize. Oba přístroje využívají k měření skutečnost, že veškerá hmota o teplotě vyšší než absolutní nula vyzařuje elektromagnetické záření o intenzitě závislé na teplotě. Pyrometry měří průměrnou hodnotu teploty ve snímané oblasti, zatímco termovize zobrazí celkové rozložení teploty po povrchu sledovaného objektu. Velikost měřené oblasti u infračerveného pyrometru závisí na použité optice a vzdálenosti od měřeného povrchu. Přesnost naměřené teploty do značné míry závisí na emisivitě měřeného povrchu a absorpci atmosféry. Obě tyto hodnoty je nutno přesně znát.

5.4.1. Pyrometry

V průmyslu se hojně využívají k měření teploty Infračervené pyrometry. Díky vysoké rychlosti odezvy (dokážou reagovat rychleji než 1ms) jich lze využít k měření teploty pohyblivých částí strojů. Skládají se z optického systému a infračerveného snímače. Optická soustava určuje jak velká je na danou vzdálenost snímaná plocha. Snímače se nejčastěji používají polovodičové na bázi termočlánekových polí (thermocouple array) ve formě kompaktních čipů.

infratermočlánek lze zvolit s analogovým, nebo digitálním výstupem pro snadné připojení k regulátoru nebo počítači. Vyrábějí se v různých rozsazích snímaných teplot v rozsahu -40 až 2500°C

měřený objekt



obr. 5.7: schéma pyrometru

Za nejvhodnější pyrometr považují pyrometr z řady Série OS136. U této řady je možné zvolit dva různé rozsahy teplot. Použitá optika má záběr 6:1. K tomuto snímači lze dokoupit laserové zaměrování měřené oblasti a vodní nebo vzduchové chlazení

Omega OS136



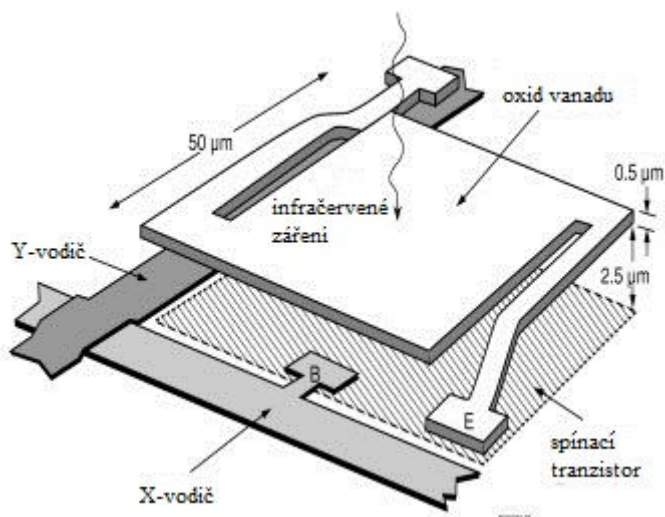
Obr. 5.8: pyrometr Omega OS136 [9]

Rozsah teplot	OS136-1: -18 to 202°C OS136-2: 149 to 538°C
Čas odezvy	150 ms (0 až 63 % konečné hodnoty)
Přesnost	3%
Emisivita	fixní 0.95
Operační teplota	-0 to 70°C
Vlnová délka	5 až 14 mikronů
Tolerance vlhkosti	Relativní vlhkost vzduchu ve které může snímač pracovat
Analogový výstup	4-20 mA
Napájecí napětí	12 to 24 Vdc @ 50 mA
Rozměry a hmotnost	ø38 x 50.8 mm 181 g

Tab. 5.7: parametry pyrometru Omega OS136 [9]

5.4.2. Infrakamery

Infrakamery mají oproti pyrometrům velkou výhodu v schopnosti zobrazit rozložení teploty po sledovaném povrchu. Velkou výhodou při vizuálním vyhodnocování rozložení teploty je schopnost některých kamer zobrazit prolnutí infračerveného snímku se snímkem ve viditelném spektru. To umožní operátorovi ihned rozeznat přesný zdroj problému nebo nechat si zobrazit teplotu v požadovaném bodě. Rozsah měřených teplot závisí na použité optice a snímači. Velký vliv na kvalitu pořízených záběrů má použitá optika, která musí být opticky propustná pro infračervené spektrum. Jako snímače se dnes nejčastěji používají mikrobolometrycká pole. Každý pixel snímače je tvořen destičkou z materiálu absorbujícího infračervené záření, která je co nejlépe tepelně izolovaná od okolí a jediné vodivé spojení tvoří nožičky, které tvoří přívodní kontakty. Dopadající infračervené záření ohřívá absorpční vrstvu a tím mění její elektrický odpor.



Obr. 5.9: Mikrobolometr [2]

„K vzájemnému propojení jednotlivých mikrobolometrů slouží propojovací síť obvykle hliníkových vodičů. Dále je zde pod každou ploškou implementovaný spínací tranzistor (Monolithic Bipolar Transistor), který umožňuje adresovat jednotlivé mikrobolometry řídicí logikou a tak z každého postupně přechíst změnu velikosti odporu, resp. změnu úbytku napětí, způsobeného ohřevem z dopadajícího infračerveného záření.“ [2]

Snímače se vyrábějí nejčastěji v rozlišeních 160x120, 320x240 a 640x480 obrazových bodů. (Cena termovizních kamer závisí z větší části na použité optice)

5.4.3. ULIRvision Thermal Imaging Core TC 384

Jako ideální infrakameru pro tuto aplikaci jsem hledal kameru o co nejmenších rozměrech bez nutnosti vysokého rozlišení s co nejmenším příkonem. Nalezl jsem Thermal Imaging Core TC 384 od čínského výrobce Zhejiang ULIRvision Technology Co., LTD. Která je svými rozměry 67x67x63 jednou z nejmenších infrakamer na trhu. Rozlišení 384 na 288 pixelů patří dnes ke standardu



Obr. 5.10: ULIRvision Thermal Imaging Core TC 384 [10]

Rozlišení	384x288
NETD	< 100 mK
Spektrální rozsah	8 ~ 14 μm
Obnovovací frekvence	50/60 Hz
Prostorové rozlišení	1mrad/f = 25 mm
Provozní teplota	-20 °C – 60 °C
Napájení	7 – 10 V
Analogový výstup	PAL/NTSC
Digitální výstup	16 bit přes porty RS485, RS232 nebo USB
Rozměry a hmotnost	67x67x63 269g

Tab. 5.8: parametry infrazamery TC 384 [10]

5.5. Měření vibrací

Kontaktní měření vibrací je možné pomocí akcelerometru. Nejlepší vlastnosti má piezoelektrický. Pro bezkontaktní měření vibrací lze použít různé optické prostředky. Například Projekci nebo interferometrii. Interferometrii rozlišujeme na holografickou, dopplerovskou interferometrii a Speklinterferometrii. Bezkontaktní měření vibrací je komplikovaná problematika, která není řešitelná jednoduchým snímačem. Proto je pro měření vibrací optimální řešení rozmístění piezoelektrických akcelerometrů přímo na kritická místa zařízení. Není vhodné řešit tuto problematiku na mobilním monitorovacím zařízení

5.6. Měření hluku

K měření zvuku se používají mikrofony, které měří akustický tlak. Převádějí vzduchové vibrace na elektrický signál. V dnešní době se používají převážně dva typy mikrofonů a to kondenzátorový a dynamický. Dynamický mikrofón využívá pro svou funkci elektromagnetické indukce, kdy zvuk rozkmitá membránu spojenou s cívkou, která se pohybuje v magnetickém poli permanentního magnetu, čímž se v cívkce indukuje elektrický proud. Dynamický mikrofón je méně citlivý než kondenzátorový, ale na rozdíl od něj nevyžaduje napájení

U kondenzátorového mikrofónu membrána tvoří jednu z elektrod kondenzátoru. Akustické vlny rozechvívají membránu a tím mění kapacitu kondenzátoru, tato změna se převádí na změnu elektrického proudu. Signál, je velmi slabý proto je nutné ji zesílit v blízkosti mikrofónu předzesilovačem s velkou vstupní impedancí. Tento předzesilovač bývá umístěn v těle mikrofónu. Kondenzátorové mikrofony jsou považovány za nejkvalitnější, jsou však také náročné na výrobu, což se také odráží v jejich ceně

Elektretový mikrofón je určitým typem kondenzátorového mikrofónu, který pro svou funkci vyžaduje elektrické pole. K tvorbě elektrického pole se využívá speciálního dielektrického materiálu tzv. elektretu, který zůstává trvale elektricky polarizovaný. Výstupní signál musí být zesílen zabudovaným FET tranzistorovým předzesilovačem, proto potřebuje napájení. Vzhledem k nízkým nákladům a velmi malým rozměrům se používají ve veškeré elektronice, telefonech, a podobně. Přes svoje nízké náklady mají dobrou citlivost a vyrovnanou frekvenční charakteristiku.

Udává poměrné zesílení signálu při různých frekvencích zvuku. Ideální mikrofón by měl převádět akustický vstup na elektrický signál o odpovídající síle při jakékoliv frekvenci

Směrové charakteristiky

V závislosti na velikosti a konstrukci pouzdra mikrofonu může tento přijímat zvuk z různých směrů v různé intenzitě. Konstrukteři mikrofony záměrně navrhují s různými charakteristikami v závislosti na předpokládaném použití. Směrová charakteristika je frekvenčně závislá – projevuje se zpravidla u vysokých tónů, zatímco hluboké zůstávají nepoznamenány

Mikrofon typu 4942 od společnosti Brüel & Kjaer



Obr. 5.12: mikrofon Brüel & Kjaer 4942 [11]

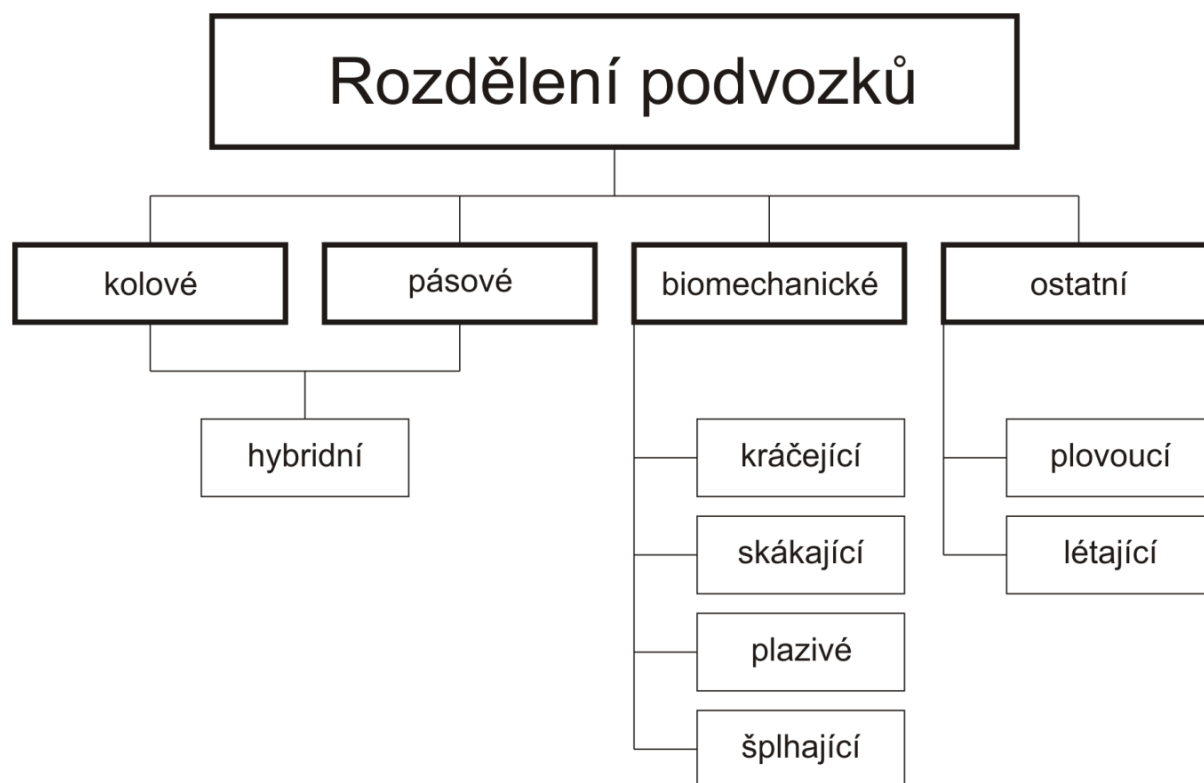
standard	K
Jmenovitá citlivost v otevřeném okruhu	50 mV/Pa
Optimalizovaný frekvenční rozsah	6,3 – 16000 Hz
Dynamický rozsah	15,2 – 146 dB
Vnitřní šum	14,6 dB
Kapacitance	13 pF
Spodní limitní frekvence (-3 dB)	2 – 4 Hz
Provozní teplota	40 – 150 °C
Teplotní koeficient	-0,001 dB/°C
Tlakový koeficient	-0,01 dB/kPa
Obsahuje předzesilovač	NE
Průměr	0,5 in (1,27 cm)

Tab. 5.9: Parametry mikrofonu Brüel & Kjaer 4942 [11]

Jedná se o kondenzátorový mikrofon určený pro difuzní zvuk, který se nachází v uzavřených objektech. Pro tento typ mikrofonu je nutné zvolit předzesilovač od stejné značky. Volbou Předzesilovače lze ovlivnit, jaké bude požadované napájení a jaký bude druh výstupu. Takovým předzesilovačem je Typ 2695. Jde o půl palcový Předzesilovač s vysokou vstupní impedancí která nezatěžuje mikrofon a nízkou výstupní impedancí která umožňuje použití dlouhých kabelů. Tento typ mikrofonu a zesilovače byl primárně vyvinut pro měření vibrací.

6. Druhy podvozků – lokomoční ustrojí

Podvozky mobilních zařízení lze dělit z hlediska vzoru vzniku na biologické a umělé. Biologické soustavy vycházejí ze snahy pozorovat a napodobovat přírodu. Umělé soustavy vycházejí z technického vývoje od objevení principu páky a kola.



Obr. 6.1: Schéma rozdělení podvozků.

Nejčastěji využívanou soustavou je kolová, která má oproti ostatním nejlepší účinnost. Je také nejsnadnější na řízení, má však horší prostupnost terénem. Pro použití v složitějším terénu lze využít pásového podvozku. Teoreticky nejlepší prostupnost terénem mají kráčející soustavy. Jsou však náročné na konstrukci a tím může být ovlivněna jejich spolehlivost. Také je u kráčejících podvozků nutné složité řízení kroku, které je nevhodné pro dálkově ovládanou platformu.

Největší výhodou létající soustavy je její možnost nahlížet na celé prostředí i z nadhledu a tím odhalit poruchy které robot s jiným systémem pohybu může přehlédnout. Zásadním problémem je však nutnost velkého výkonu motoru při současném požadavku nejnížší možné hmotnosti což klade extrémní nároky na baterii. Další nevýhodou je obtížnost řízení a fakt že jakékoliv selhání řízení může vést k destrukci celého robota.

Zbylé soustavy jsou pro účely měření fyzikálních veličin v prostředí jaderné elektrárny nepoužitelné, a proto se jimi nebudu dále zabývat.

6.1. Kolové soustavy

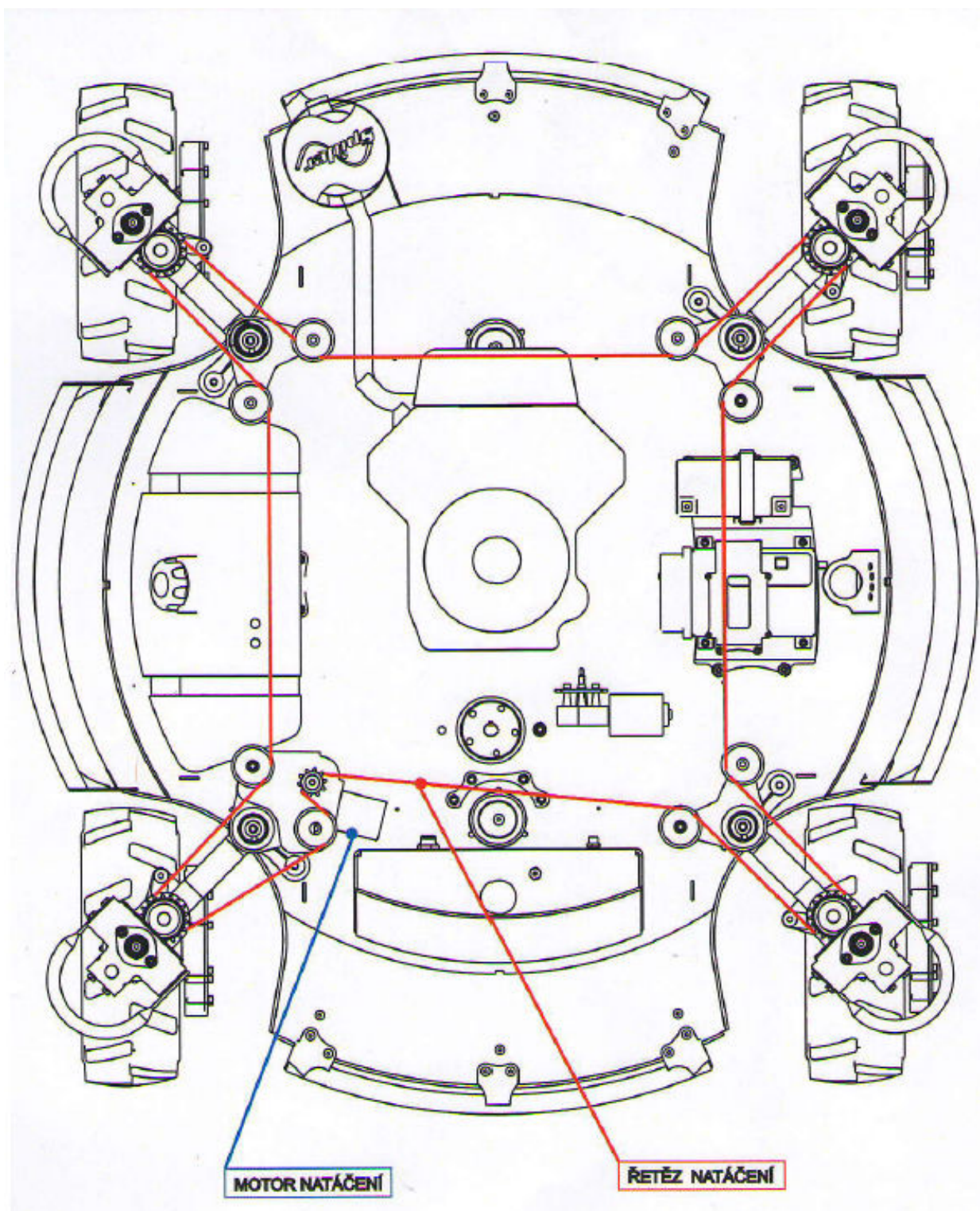
Kolové soustavy jsou v průmyslu nejpoužívanějším způsobem řešení podvozků mobilních robotů. Existuje značná variabilita konstrukčních řešení, které se od sebe liší počtem kol, druhem použitých kol a způsobem řízení. „*U kolových mobilních robotů je prvním problémem navrhnout koncepci vlastního kolového podvozku, dále počet a uspořádání kol hnacích, hnáných (volně točných či opěrných) a směrových.*“ [1]

Kolové roboty můžeme dále dělit, podle uspořádání kol a jejich os na holomické a neholomické. Holonomický robot má ovladatelný stejný počet stupňů volnosti jako je souřadnic nutných k určení polohy robota. Typickým příkladem neholonomického robota je automobil, který má tři stupně volnosti (dvě osy určující polohu a směrové natočení), ale má pouze dva řiditelné stupně volnosti (jízda vpřed a vzad a natočení předních kol). Holonomický robot se může libovolně pohybovat ve kterémkoliv směru stejně tak jako otáčet. Může to být například robot vybavený všesměrovými koly, nebo koly otočnými o 360°.

Podle velikosti překážek bude nutné uvažovat o typu použitých kol a o jejich zavěšení. Existuje celá řada vyzkoušených řešení pro překonávání překážek větších, než jaké by bylo kolo samostatně schopno přejít, jako je například Weinsteinovo kolo.

6.1.1. pojezdový systém Spider

Speciální patentovaný systém pojezdu použitý u dálkově ovládaných svahových sekaček SPIDER používá čtyři kola otočná o 360° která jsou otáčena všechna ve stejném směru pomocí řetězu. Jako pohon slouží dva motory, každý z motorů pohání pomocí řemenu dvě kola. Různou rychlostí na každém motoru lze dosáhnout otáčení smykem podobně jako u pásů, zde je však možnost pohybovat robotem do strany, aniž by bylo nutné otáčet tělem robota. Jedná se tedy o holonomický systém pohonu, čehož lze výhodně využít při monitorování některého zařízení, protože je možné plynule měnit směr jízdy při zachování směru pohledu kamery. Pokud by se kamera a směrově závislé snímače umístili na otočnou věž, nebylo by smykové řízení nutné a všechny kola by mohly být poháněna jedním motorem.



Obr. 6.2. Schéma řízení kol svahové sekačky spider. [13]

Tato svahová sekačka využívá hydrostatický pohon kol, který je poháněn spalovacím motorem. Celý systém pojezdu je chráněn evropským i českým patentem

Česky patent dle 34 odst.3 zákona č. 527/1990 Sb. patent číslo 292880

Evropsky patent: EP 1 538 889 (03 783 909.9-2313)

6.2. Pásové soustavy

Pásové soustavy se dokážou pohybovat po členitém povrchu, proto se nejčastěji používají v těžko dostupném prostředí, jako jsou zříceniny budov, různá potrubí a stoky. Často se také používají do městské zástavby, kde je nezbytné, aby se robot dokázal pohybovat po schodech a přejíždět obrubníky a podobně a kde je důležitá vysoká obratnost. Výhodou je také vysoká nosnost pásového pohonu, proto se využívají jako platformy pro mobilní manipulátory (například pro zneškodnění výbušnin, odstranění překážek nebo odběr vzorků).

Pásová lokomoční ústrojí jsou řízena smykem, takže je obtížné určování polohy na základě informací o otočení motoru. Proto je nepřesné řízení autonomním systémem a jsou tak nejčastěji řízena teleoperátorem. Tento problém lze vyřešit použitím hybridního systému kombinujícího pásový a kolový podvozek.

Obvykle jsou pásové sestavy tvořeny dvěma hlavními pásy, které mohou být doplněny bočními pomocnými pásy pro usnadnění překonávání některých překážek. Některé pásové roboty mají proměnnou geometrii pásu, čímž se dokážou lépe vypořádat s některými překážkami, například snáze najíždět a sjíždět ze schodů. To snižuje nárazy, které se v takovýchto situacích vyskytují a mohou mít špatný vliv na vezené zařízení.



Obr. 6.3.: Pásový podvozek a) se dvěma pásy b) s Pomocnými pásy u robota „URBIE“ [12]

6.3. Měření polohy robota – navigace

Základní metodou lokalizace je lokalizace na základě měření vnitřních stavů robota (tzv. dead reckoning). Nejčastěji je určení polohy dosaženo měřením otočení kol robota. Takovýto způsob určování lokace robota je však zatížen kumulativní chybou, která sčítá všechny nepřesnosti v senzorických datech. Tato chyba způsobí, že po určité době je informace o poloze příliš nepřesná. Tento nedostatek lze odstranit zapojením zpětné vazby ujeté vzdálenosti. Zpětné vazby lze dosáhnout například použitím optických snímačů použitých v počítačových myších.

Další možnou metodou lokalizace je využití aktivních majáků, které vysílají světelné nebo ultrazvukové signály. Tato metoda předpokládá vybavení prostoru nejméně třemi stacionárními vysílacími nebo přijímacími a dvěma odpovídajícími protistanicemi na robota. *„Dosažitelná četnost měření závisí na vzdálenosti a tím je omezena dosažitelná rychlost pohybu a velikost sledovaného prostoru. Při ověřování byla vyvinuta metoda relativního odměřování vzdálenosti na základě fázového posunu zvukové vlny. Využívá se přitom programově realizovaného fázového závěsu a lze tak dosáhnout řádově vyšší přesnosti měření vzdálenosti oproti běžně užívaným ultrazvukovým měřením.“* [5]

7. Přenos dat.

Nástrojů pro bezdrátový přenos dat je k dispozici celá řada, většina z nich využívá k přenosu frekvenční pásma ISM (Industry, Scientific and Medical Band) což je pásmo kde není potřeba licence. Rozsahy frekvencí v pásmu ISM jsou 902–928MHz, 2.4–2.4835GHz a 5.725–5.850GHz. Jednotlivé bezdrátové systémy se od sebe liší přenosovou rychlostí, dosahem, možností tvoření sítí, spotřebou energie a cenou. Možnost dálkově řídit veškeré systémy na robotu klade velké nároky na objem přenášených dat.

Za nejvhodnější technologii pro tuto aplikaci považuji WiFi (Wireless Fidelity) pro její vysokou přenosovou rychlost a velké množství dostupných modulů. Takto lze připojit všechny snímače k jednomu WiFi modulu přes sériové porty a vytvoření virtuální porty v řídicím počítači. Zároveň umožňuje snadné připojení ip kamery.

Název WiFi označuje lokální bezdrátovou síť (Wireless Local Area Network – WLAN). V porovnání s ostatními metodami je její největší výhodou velká přenosová rychlost. Naopak její největší nevýhodou je nebezpečí vzájemného ovlivňování, proto nemůže ve stejném prostoru pracovat příliš mnoho nezávislých sítí tohoto typu. Toto je nejnebezpečnější v hustě obydlených oblastech, kde je velký výskyt komunitních sítí. WiFi síť pracuje na vysílací frekvenci 2,4 GHz v o šířce pásma 40 MHz v rámci normy IEEE 802.11. Tato norma obsahuje několik variant, z nichž nejnovější je norma IEEE 802.11n která umožňuje teoretické maximum přenesených surových dat až na 600 Mbit/s. Reálná rychlost dnešních sítí dosahuje 300 Mbit/s a s každým novým zařízením roste. Dosah je do 100 metrů lze jej však prodloužit použitím směrové antény. Nový standard také přináší posílenou bezpečnost díky nejnovějšímu zabezpečení přístupu Protected Access version 2 (WPA2) a šifrování AES.

8. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zpracovat možnosti monitorování prostředí v neradioaktivní části jaderné elektrárny pomocí mobilního monitorovacího zařízení. Provést výběr vhodných senzorů a navrhnout bezdrátový přenos snímaných dat. Rovněž bylo úkolem posoudit vlastnosti pohybových ústrojí vhodných pro pohyb ve známém prostředí a navrhnout koncepci takového zařízení. Při zpracovávání této bakalářské práce jsem vycházel z veřejně dostupných informací o monitorovaném prostředí, v kterém by se mělo zařízení pohybovat a katalogových listů výrobců senzorů.

Z hlediska mechanické konstrukce a lokomočního ústrojí by se mělo jednat o zařízení s kolovým podvozkem pohaněné samostatným elektromotory. Za nejvhodnější způsob pohybu bych považoval podvozek na způsob podvozku používaného ve svahové sekačce spider. Charakteru překážek by bylo nutné podřídít velikost kol. Pokud by nebylo obtížnější překážky (například schody), pak lze použít pásový podvozek s pomocnými pásy. Pro potřeby orientace v prostoru by měla být použita kamera s širokoúhlým objektivem. Zařízení by bylo osazeno vybranými senzory včetně doporučených sond. Sonden by měli být osazeny na základní konstrukci, případně by mohli být umístěny na manipulátoru, pokud by jím bylo zařízení opatřeno. Přenos snímaných veličin a přenos obrazu by byl zajištěn doporučeným WIFI modulem.

Tato koncepce a navržené snímače včetně příslušenství se mi jevily jako nejvhodnější jak z hlediska funkčnosti, tak z hlediska konstrukční jednoduchosti a tím i snížení poruchovosti celého systému mobilního monitorovacího zařízení.

9. Seznam použitých zdrojů:

- [1] KNOFLÍČEK, R.: Mobilní roboty pro průmyslové využití, ISBN 80-7204-387-0, (2005)
- [2] VOJÁČEK, A.: Co jsou bolometry a mikrobolometry? 16. 11. 2005 [online]
<http://automatizace.hw.cz>
- [3] KABEŠ, K.: Infračervené pyrometry – přehled trhu. Automatizace, ročník 48, číslo 9, září 2005 [online]
<http://www.automatizace.cz>
- [4] Lacko, B.: Mobilní robot se třemi všesměrovými OMR II. Automatizace ročník 49, číslo 1, strana 30 [online]
<http://www.automatizace.cz>
- [5] www stránky Jaderné elektrárny temelín ČEZ <http://www.cez.cz/>
- [6] Katalogové listy GREISINGER electronic GmbH <http://www.greisinger.de>
- [7] Katalogové listy Rados <http://www.rdsys.cz>
- [8] Katalogové listy Arecont Vision <http://www.arecontvision.cz>
- [9] Katalogové listy OMEGA Engineering <http://www.omega.com>
- [10] Katalogové listy ULIRvision <http://www.ulirvision.com>
- [11] Katalogové listy Brüel & Kjær <http://www.bksv.com>
- [12] KÁRNÍK, L. Modelování a analýza servisních robotů, Elektronická skripta [online]
http://robot2.vsb.cz/elekskripta/servisni_roboty/index.htm
- [13] Dvořák Lubomír, Dvořák-svahové sekačky s.r.o. www.spider-cz.com
- [14] Pihan, R: Obrazové problémy digitální fotografie I.- Senzor, fotografovani.cz
11.03.2009 <http://www.fotografovani.cz>
- [15] Wikipedia.org (2010-05) www.en.wikipedia.org

10. Seznam zkratek

AES – Advanced Encryption Standard, česky pokročilý šifrovací standard

CCD – Charge-coupled device, česky zařízení s vázanými náboji

CMOS – Complementary Metal–Oxide–Semiconductor, česky komplementární kov-oxid-polovodič

GMT – Geiger-Mueller tube, česky Geiger-Muellerova trubice

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers, česky Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství

INES – The International Nuclear Event Scale, česky mezinárodní stupnice jaderných událostí

ISM – Industry, Scientific and Medical Band, česky Průmyslové, vědecké a lékařské pásmo

NETD – Noise equivalent temperature difference, česky hodnota teplotního rozdílu ekvivalentní šumu

UTP – Unshielded Twisted Pair, česky nestíněná kroucená dvojlinka

WiFi – Wireless Fidelity, česky bezdrátová věrnost

WLAN – Wireless Local Area Network, česky bezdrátová místní síť

WPA2 – WiFi Protected Access version 2, česky Wi-Fi chráněný přístup verze 2