



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

AUTOMATIZACE JEŘÁBNICKÉ TECHNIKY

AUTOMATION OF CRANE TECHNIC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN ŠETKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. MARTIN KUBÍN

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Šetka

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Automatizace jeřábnické techniky

v anglickém jazyce:

Automation of crane technic

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešeršní studie se týká v současnosti používaných metod automatizace jeřábnické techniky.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je popis současného stavu vývoje v oblasti automatizace jeřábnické techniky v ČR a ve světě.

Seznam odborné literatury:

- [1] SAWODNY, O.; ASCHEMANN, H.; LAHRES, S. An automated gantry crane as a large workspace robot. *Control Engineering Practice*. 2002, c. 10, s. 1323-1338.
- [2] ROSENFELD, Y.; SHAPIRA, A. Automation of existing tower cranes: economic and technological feasibility. *Automation in Construction*. 1998, c. 7, s. 285-298.
- [3] CHANG, C. Y.; CHIANG, K. H. Intelligent fuzzy accelerated method for the nonlinear 3-D crane control. *Expert Systems with Applications*. 2009, c. 36, s. 5750-5752.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Kubín

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012. V Brně, dne 21.11.2011

L.S.

prof. Ing. Václav Píštek, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je vytvoření rešeršní studie týkající se automatizace jeřábnické techniky. Práce poukazuje na problémy, které v této oblasti automatizace vznikají, a poté předkládá některá možná řešení. Dále uvádí oblasti využití automatizovaných jeřábů a na závěr popisuje společnosti, mezinárodní i tuzemské, které se automatizací jeřábnické techniky zabývají.

Klíčová slova

automatizace, jeřábnická technika

Abstract

The aim of this bachelor thesis is create a research study about an automation of crane technic. The thesis points to problems, which in this area of automation arise and then outlines some possible solutions. It states the use of automated cranes and finally describes the companies, international and domestic, which deal with the automation of crane technic.

Keywords

automation, crane technic

Bibliografická citace

ŠETKA, M. *Automatizace jeřábnické techniky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 32 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Kubín.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce pana Ing. Martina Kubína a s použitím uvedené literatury.

V Brně dne 11. května 2012

.....
Martin Šetka

Poděkování

Tímto děkuji panu Ing. Martunovi Kubínovi za rady a připomínky při tvorbě této práce. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině a všem, kteří mě při studiu podporovali.

Obsah

1 Úvod	1
2 Základní informace o automatizaci	2
2.1 Regulátory	3
2.2 Senzory.....	3
3 Požadavky na automatizační systém jeřábnické techniky	5
4 Problémy v automatizaci jeřábnické techniky	8
4.1 Fuzzy řízení	8
4.2 Neuronová síť	10
4.3 Způsoby eliminace kyvu břemene	11
4.3.1 Způsoby eliminace kyvu břemene u jeřábů mostového typu.....	11
4.3.2 Způsoby eliminace kyvu břemene u jeřábů vykonávajících rotační pohyb	13
4.4 Vliv tuhosti nosného lana na systémy pro eliminaci kyvu břemene.....	14
5 Oblasti využití automatizace jeřábnické techniky	15
5.1 Automatizace jeřábnické techniky v přístavištích.....	15
5.2 Automatizace jeřábnické techniky na staveništích	16
5.2.1 Bezdrátové technologie	17
5.3 Automatizace jeřábnické techniky ve výrobních halách.....	17
5.2 Automatizace jeřábnické techniky v oblasti manipulace se sypkým materiálem	19
6 Zahraniční společnosti zabývající se automatizací jeřábnické techniky	20
6.1 Siemens AG.....	20
6.1.1 O společnosti	20
6.1.2 Společnost Siemens AG v oblasti automatizace jeřábnické techniky.....	20
6.2 ABB	22
6.2.1 O společnosti	22
6.2.2 Společnost ABB v oblasti automatizace jeřábnické techniky	22
6.3 GOTTWALD port technology	23
6.3.1 O společnosti	23
6.3.2 ASC od společnosti Gottwald port technology	23
6.4 Konecranes.....	24
6.4.1 O společnosti	24
6.4.2 Společnost Konecranes v oblasti automatizace jeřábnické techniky.....	24
7 České společnosti zabývající se automatizací jeřábnické techniky	26
7.1 SCS servis	26
7.1.1 O společnosti	26
7.1.2 Společnost SCS servis v oblasti automatizace jeřábnické techniky	26
7.2 Temex.....	27
7.2.1 O společnosti	27
7.2.2 Společnost Temex v oblasti automatizace jeřábnické techniky.....	27
8 Závěr	28
9 Seznam použitých zdrojů	29

1 Úvod

V průběhu vývoje společnosti se člověk nejprve podle svých schopností, možností a zájmů začal osvobozovat od namáhavé a opakující se fyzické práce (mechanizace). Později pak, s dalším rozvojem techniky a nárůstem nároků na řídicí činnost, přistoupil i k osvobozování od často již velmi náročné a rovněž namáhavé řídicí duševní práce (automatizace).

V dnešní době je všude v našem okolí vidět snaha o neustálé zvyšování produktivity práce. Úkolem inženýra v tomto procesu je hledat nové pracovní postupy s minimální spotřebou času a nákladů. Jednotlivé pracovní úkony musí být co nejkratší a nejjednodušší, aby vyžadovaly minimum lidských sil. K tomu všemu přispívá především automatizace výrobních procesů. [1]

Tato práce se zaměřuje na aplikování automatizačních technologií v oblasti jeřábnické techniky. V současné době jsou jeřáby jednou z nejdůležitějších technik pro zdvihání a manipulaci těžkých a rozměrných nákladů. Jsou důležitým prvkem pro fungování různých odvětví průmyslu a významnou složkou výrobních procesů v závodech, na stavbách, v přístavech a na řadě dalších míst. Nelze také opomenout fakt, že při manipulacích s břemeny jeřáby často vykonávají naprosto stejné opakující se pohyby po dlouhý časový úsek. Tato monotónní činnost může vést ke snížení bdělosti operátorů, což má v mnoha případech fatální následky.

Z výše uvedených důvodů vyplývá, že je pro uživatele a vlastníky jeřábnické techniky velice důležité, aby její používání bylo efektivní, ekonomické a v neposlední řadě bezpečné. Instalací moderních automatizačních systémů lze těchto požadavků docílit.

Oblast automatizace jeřábnické techniky je i přes své zjevné výhody nepříliš rozvinutým odvětvím. Důvodem jsou problémy, které jeřábnická technika skýtá. Tato práce se snaží popsat základní problémy v oblasti automatizace jeřábnické techniky a uvést některé způsoby jejich řešení. Dále uvádí oblasti využití automatizované jeřábnické techniky a představuje společnosti, které se touto oblastí automatizace zabývají.

2 Základní informace o automatizaci

Pojem automatizace znamená poměrně složitý proces, při němž je lidská řídicí činnost při výrobě i mimo výrobní proces nahrazována činností různých přístrojů a zařízení. Rozlišujeme řídicí systémy plně automatické (bez jakékoliv účasti člověka na řízení) a potom řídicí systémy více či méně automatizované, kde člověk do jinak automaticky řízeného procesu zasahuje způsobem, který je spíše závislý na charakteru řízeného procesu (např. volí nebo potvrzuje další uplatňovaný způsob řízení, modifikuje způsob řízení podle okamžitého průběhu řízeného procesu apod.).

Řízení je tedy neoddělitelným základem automatizace. Teoretickou disciplínou, která se zabývá řízením, je vědní obor zvaný *kybernetika*. Kybernetika se dělí na *teoretickou a aplikovanou kybernetiku*. Pro tuto práci je důležitá dílčí část teoretické kybernetiky a to *teorie řízení*, někdy také nazývána *teorií automatického řízení*, která se zabývá zkoumáním obecných vlastností a zákonitostí řízení. [1]

U automatického řízení rozlišujeme přímé řízení, u kterého řídicí proces probíhá bez přívodu energie (regulace výšky hladiny odvozená od síly plováku), a nepřímé řízení s přívodem energie, což je dnes běžné. Dalším důležitým hlediskem pro dělení řízení je, zda výsledek řízení je anebo není zpětně kontrolován – zda je či není zpětná vazba při řízení. Podle tohoto rozlišujeme:

- ovládání – řízení bez zpětné vazby,
- regulace – řízení se zpětnou vazbou,
- vyšší formy regulace (zahrnuje optimální řízení, adaptivní řízení, učící se systémy, umělou inteligenci). [1]

Automatické řízení lze technicky uskutečnit několika způsoby, které se podstatně liší principem působení řídicího systému na řízený systém. Z tohoto hlediska rozdělujeme automatické řízení na:

- logické (využívá dvouhodnotové veličiny, tzn. ventil je otevřen/zavřen),
- spojité (využíváno pro veličiny spojitě proměnné v čase),
- diskrétní (vytváří vztah mezi vstupy a výstupy jako vztah mezi posloupnostmi impulsů snímaných v časovém sledu),
- fuzzy (podrobněji vysvětleno v pozdější části práce). [1]

Pro veškeré výpočty, regulace, zpětné vazby, je zapotřebí specializovaný hardware, který představují především počítače, regulátory a senzory.

2.1 Regulátory

Regulátory jsou zařízení pro ovlivňování regulovaného systému k dosažení a udržení jeho požadovaného stavu. Typicky se používají v záporné zpětné vazbě systému. Vstupem regulátorů pak nebývá přímo sledovaná veličina jako výstup celého systému, ale jen odchylka od požadované hodnoty. Regulátory pak regulují systém s cílem buď úplné eliminace odchylky, nebo jeho regulační zásahy odchylku alespoň udržují v předepsaných mezích. Regulátory čtou stavy systémů, a to buď přímo, anebo, jsou-li nedosažitelné, si je rekonstruují vlastním modelem. Regulátory bývají na systémy připojeny přes vstupní a výstupní převodníky. Regulace je při čtení systému v čase buď spojitá, nebo diskrétně vzorkovaná. I zásahy do systému mohou být buď analogové, nebo digitální. [22]



Obr.1 Příklad univerzálního PID regulátoru [23]

2.2 Senzory

Jedná se o specializovaný zdroj informací pro řídicí systém, v užším slova smyslu technické zařízení, které měří určitou fyzikální veličinu a převádí ji na signál, který lze dálkově přenášet a dále využívat v měřicích a řídicích systémech. Hlavními parametry senzorů jsou citlivost, práh citlivosti, dynamický rozsah, reprodukovatelnost a chyby senzorů.

Jako příklad senzoru pro jeřábnickou techniku lze uvést např. magnetický lineární měřicí senzor (obr. 2). Lineární snímač snímá značky nanesené na plastovém pásku s ocelovým jádrem, který může být až 90 m dlouhý. Díky samolepicí vrstvě se jednoduše nalepí na stroj, resp. na dráhu pojezdu. Senzor je odolný vůči vlhkosti, roztokům, olejům, parám, šponám a třískám. Díky jednoduchému funkčnímu principu a stupni krytí je vhodný i pro velmi nepříznivá průmyslová prostředí s obsahem par a olejů. [2]



Obr. 2 Příklad magnetického lineárního měřicího senzoru od firmy Turck [24]

Dalším vhodným senzorem pro aplikace ve strojírenství může být laserový senzor (obr. 3), který pracuje na optickém triangulačním principu s viditelným laserovým světlem třídy 2 a má pracovní rozsah od 45 do 125 mm. Paprskem s úzkou optickou pásmovou propustí zajišťuje odolnost vůči okolnímu světlu, včetně odolnosti vůči průmyslovému prostředí. Senzor pracuje s rozlišením lepším než 25 mm a je vhodný pro přesné měření vzdálenosti. Pracovní snímací okno může být nastaveno v rozmezí 75 až 125 mm snímací vzdálenosti a jeho minimální velikost je 5 mm. [2]



Obr. 3 Příklad laserového senzoru [2]

3 Požadavky na automatizační systém jeřábnické techniky

Požadavky vedení společnosti

Aspekty ochrany zdraví a bezpečnosti práce se dostávají spolu s potřebou plnit zákonné povinnosti na první místo seznamu priorit pro většinu společností, a proto je třeba mít k dispozici řídicí systém jeřábů, který je schopen přesně ovládat pohyb zdvihacího systému, aniž by došlo k ohrožení života obsluhy jeřábu a dalších pracovníků. To znamená, že systém by měl být schopen zvládnout nevyžádané pohyby. Tedy bez ohledu na to, zda je hák prázdný, nebo nese plnou zátěž, musí být řídicí systém jeřábu schopen regulovat rychlost a kroutící moment tak, aby reagoval na maximální a minimální rychlostní omezení.

Požadavky oddělení elektro

Oddělení elektro se nachází na pomezí mezi dvěma stranami, kdy na jedné jsou očekávání obsluhy jeřábů a na straně druhé představy vedení společnosti. Toto oddělení se stará nejen o zdraví a bezpečnost ve výrobním závodě, ale i o maximalizaci produktivity. Pro pohon jeřábů musí být tedy vybrán pohon, který bude vyhovovat oběma stranám. [3]

Dříve byly u průmyslových jeřábových pohonů ve velkém měřítku využívány kroužkové motory. I když lze tyto motory použít pro náročné průmyslové aplikace, nemají přednosti modernějšího a v dnešní době nejvyužívanějšího standardního indukčního motoru s kotvou nakrátko, a to z hlediska kroutícího momentu a otáček. Standardní indukční motory s regulací otáček pomocí měničů frekvence dávají přesné a jemné řízení, které zabrání trhavým pohybům břemene.

Požadavky oddělení údržby

Dalším kritickým faktorem je omezení nákladů na údržbu a nalezení vysoce spolehlivých řešení. Jeřábový software podporuje mj. dálkové monitorování a diagnostiku pomocí ethernetového modulu, který poskytuje přístup k pohonu přes internet (blíže vysvětleno v kapitole 5.2.1). Nicméně největší výhodou řešení pohonu s regulací otáček je pro oddělení údržby snížení celkových nákladů na údržbu díky menšímu mechanickému opotřebení. Jsou-li na jeřábech nainstalovány tyto pohony, je mechanické opotřebení velmi malé především díky jemnému a plynulému rozjezdu a spouštění. [3]

Požadavky obsluhy

Automatizační systém pro jeřábnickou techniku nepředstavuje pouze software, ale také různé ovládací prvky, které musí být přívětivé z uživatelského hlediska. Pro obsluhu jeřábu má velký význam ergonomické uspořádání kabiny. Nezbytnost sedět na jednom místě, často po dlouhou dobu, vyžaduje nový konstrukční přístup. Ten sahá od pohodlných a ergonomicky správných sedadel pro obsluhu, snadno čistitelných oken, pneumatických nebo elektrických systémů stíračů/ostřikovačů až po regulaci teploty v kabině. Bezpečnost, ergonomie a pohodlí jsou podstatnými prvky při zajišťování optimální efektivity pro obsluhu jeřábu. Tyto parametry jsou tvořeny následujícími systémy:

- **Ovládací páka**

Rozhraní s ovládacím systémem jeřábu je tvořeno především ovládací pákou. Ta by měla pružně reagovat, být přesná a pohodlná při ovládní. Existují různé typy ovládacích pák, jako např. čtyřstupňová ovládací páka s potenciometrem a tlačítkem, s rádiovým systémem i nezávislým ovládním. Od okamžiku, kdy dojde k zapnutí systému, očekává obsluha okamžitou a rychlou odezvu systému. Obdrží-li tedy ovládací páka referenci otáček, měla by okamžitě iniciovat pohyb háku jeřábu. [3]

- **Brzdění**

Pracovník obsluhy musí mít též důvěru v pohyby jeřábu, které ovládá. Když se např. spouští zdvihací mechanismus, je brzdění nutností, a nikoliv volbou. K přidržení zátěže pevně na místě se používá mechanická brzda. Při spouštění břemene je nejprve třeba dát signál k uvolnění brzd. Uvolní-li se brzda příliš brzy, bude zátěž padat nekontrolovatelným způsobem. Je proto důležité dosáhnout maximálního kroutícího momentu při nulových otáčkách. [3]

- **Momentová paměť**

Funkce momentové paměti pomáhá zajišťovat bezpečné a spolehlivé řízení mechanických brzd. Tvoří součást systému, který zajišťuje, že v průběhu spouštění sekvence nedojde k propadu břemene. Mechanická brzda je uváděna do činnosti pružinou a uvolňuje se elektricky po spuštění pohonu a přenesení kroutícího momentu na hřídel motoru. Program může pracovat s různými metodami spouštění momentu a zahrnuje rovněž funkci monitorování brzd pro sledy spouštění, zastavení nebo chodu. Po spuštění motoru je k dispozici plný kroutící moment, který je třeba regulovat při nízkých otáčkách. Pro zajištění přesného pohybu zátěže je brzda postupně uvolňována, čímž dochází k postupnému zrychlování otáček po rampě.

Další funkce programu pro ovládní jeřábu zahrnují schopnost kontrolovat polohu (otevřeno/uzavřeno) mechanické brzd. Dojde-li např. k poruše napájení, popř. není-li napájení k dispozici nebo dojde-li k vyhození pojistek, musí brzda zaúčinkovat (zavřít). To znamená, že brzda musí účinně působit, dojde-li k výpadku napětí. [3]

- **Protikolizní systém**

Pro zabránění kolizím jsou jeřáby vybaveny protikolizním systémem s koncovými spínači na koncích dráhy. Prevence kolizí je řízena laserem. Přiblíží-li se pohon ke koncovým polohám, dochází ke snižování rychlosti, která v případě potřeby klesne na nulovou hodnotu. Horní a dolní koncové senzory v těchto koncových polohách zastaví motor. Zpomalovací bezpečnostní řídicí funkce omezuje rychlost na předem nastavenou úroveň v kritických zónách. V nouzových situacích je použita bezpečnostní řídicí funkce rychlého zastavení. Funkce monitorování rychlosti zajistí, že otáčky motoru jeřábu zůstanou v pásmu bezpečného vymezení. Funkce optimalizace otáček vykonává plynule porovnání referenční hodnoty otáček se skutečnými hodnotami otáček hřídele motoru a zjišťuje tak jejich rozdíly. Dojde-li k nějaké poruše, jedna z těchto funkcí okamžitě zastaví motor.

Instalace nového řídicího systému může někdy vést k psychologické hře mezi konstruktérem jeřábu a jeho obsluhou. V mnoha případech je pracovník obsluhy schopen sám přizpůsobit své postupy tak, aby bylo možné kompenzovat jakékoliv neefektivnosti v obsluze jeřábu s ohledem na nízkou přesnost a nevyhovující reakci. Zavedení nového a rychle i přesně reagujícího systému často vede k nespokojenosti obsluhy.

S tímto problémem je třeba se vypořádat dvěma možnými přístupy. První přístup je založen na výcviku obsluhy jeřábu. Druhý a lepší přístup spočívá v úplné změně kabiny. V podstatě platí, že nový řídicí systém mění cit obsluhy pro daný jeřáb, přičemž navozuje dojem práce s jiným, nebo dokonce „novým“ jeřábem. Je velmi pravděpodobné, že nový vzhled kabiny by urychlil proces přizpůsobení se obsluhy (jinak pracovníci obsluhy prohlásí, že jeřáb nefunguje dobře, i když ve skutečnosti funguje mnohem lépe). [3]

Požadavky ostatních pracovníků

U břemen o velkém průměru, která váží několik stovek tun a pohybují se zavěšená nad pracovním prostorem, je třeba, aby pracovníci měli jistotu, že zátěž ani nepadne, ani se prudce nezhoupne. Tato jistota je dána použitím regulovaných pohonů s měniči frekvence, které zajišťují přesné a spolehlivé řízení motoru.

Česká norma

Pro oblast automatizace jeřábnické techniky neexistuje v české legislativě souhrnná norma, což ovšem neznamená, že vlastníci a uživatelé automatizované jeřábnické techniky normy plnit nemusí. Automatizovaná jeřábnická technika obsahuje mnohá elektronická vybavení, pro která normy, v české legislativě, existují. Lze uvést např. normu ČSN 332550 *Jeřáby a zdvihadla - předpisy pro elektrická zařízení* a normu ČSN EN 13135-1+A1 (270136) *Jeřáby - Vybavení - Část 1: Elektrotechnické vybavení*.

4 Problémy v automatizaci jeřábnické techniky

Instalace automatizačních systémů v průmyslu je po všech stranách užitečná a u některé techniky (výrobní linky) ne příliš náročná. Ovšem pokud se podíváme na techniku jeřábnickou, objevují se problémy, které automatizaci dělají značně obtížnější. Většina jeřábů, používaných v průmyslu, jsou velké stroje, pod kterými se nachází pracovní plocha se zaměstnanci, proto by každá chyba v automatizačním systému čili selhání jeřábu mohlo znamenat jak ztrátu finanční, tak ztrátu na životech. Největším problémem v automatizaci jeřábnické techniky je ovšem to, že náklad je zavěšen na dlouhém laně, a tudíž při pohybu jeřábu dochází ke vzniku nežádoucího kmitání břemene. Může také nastat tzv. „šikmý tah“ břemene, který vznikne ve chvíli, kdy osa břemene a osa háku nejsou shodné. Při nadlehčení břemene pak následuje jeho rozkvy. V některých případech je tento problém přímo klíčový, jde-li o manipulaci s citlivým materiálem, nebo o přesné usazování břemene s přesností na milimetry. V obou případech je nepřítelem čas, kterým musí být vyvážena pomalá a přesná manipulace bez rozkvyu břemene, nebo který uplyne při čekání, než se břemeno ustálí. [25].

Mnohé společnosti a studie se v dnešní době věnují řešení těchto problémů. Častými pojmy, které se v řešeních objevují, jsou fuzzy řízení a neuronová síť. Pro lepší pochopení se následující oddíl věnuje vysvětlení těchto termínů.

4.1 Fuzzy řízení

V roce 1965 profesor elektrotechniky na kalifornské univerzitě v Berkley Lofti A. Zadeh (narozen 1921 v Baku) publikoval v časopise *Information & Control* článek s názvem „Fuzzy sets“, kterým položil základy nové teorie – teorie fuzzy množin a fuzzy logiky. Slovo „fuzzy“ (čte se fazi) znamená v češtině mlhavý, neurčitý, rozmazaný. [1]

Základní myšlenka teorie fuzzy množin spočívá ve vyřešení problému, zda určitý prvek patří či nepatří do dané množiny. Nikdo nebude na pochybách, že člověk o výšce 205 cm patří do množiny vysokých lidí a naopak nikdo nezapochybuje, že člověk o výšce 150 cm do této množiny nepatří. Do jaké množiny ale bude patřit člověk měřící 180 cm?

Nechť každému prvku x množiny V vysokých lidí přísluší určitá pravdivostní hodnota, že patří do dané množiny. Když tuto pravdivostní hodnotu označíme jako stupeň příslušnosti daného prvku k dané množině, pak člověk vysoký 205 cm patří do množiny V vysokých lidí se stupněm příslušnosti rovným hodnotě 1 a člověk o výšce 150 cm patří do této množiny se stupněm příslušnosti rovným hodnotě 0. Člověk o výšce 180 cm patří do dané množiny se stupněm příslušnosti rovným např. hodnotě 0,72. O hodnotě stupně příslušnosti samozřejmě nerozhoduje matematika, ale určení je úplně někde jinde.

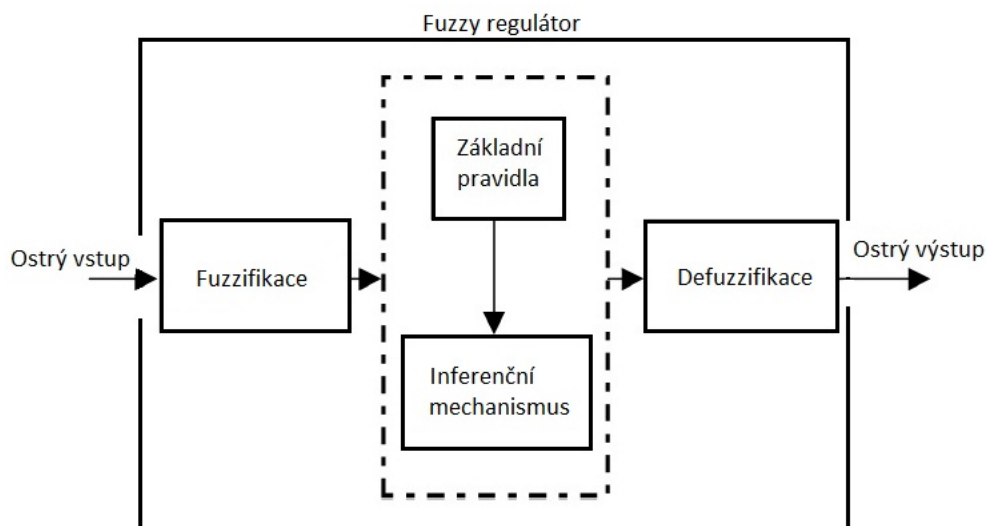
L. A. Zadeh poznal, že lidé jsou schopni rozhodovat a řídit i na základě neurčitých, mlhavých a nenumerních informací a přitom mohou dosahovat velmi dobrých výsledků. Zavedl pojem jazyková proměnná, jejíž hodnotou nejsou čísla, ale slova – velký, velmi velký,

střední, malý, ... Právě pomocí těchto jazykových proměnných lze popsat míru příslušnosti prvku do dané množiny. [1]

Fuzzy řízení se řadí do oblasti nelineárních systémů, což jsou systémy, v nichž se vyskytuje alespoň jeden nelineární prvek (je-li statická charakteristika prvku systému přímka procházející počátkem, jedná se o lineární prvek systému, není-li přímka, jedná se o nelineární prvek). [1]

V dnešní době dospěl obor fuzzy řízení do stádia, kdy může být rutinně využíván na úrovni standardních automatizačních prostředků. Překážkou mohou být pouze nedostatečné znalosti a chybějící metodika pro programátory a nedostatečný zájem investorů. [4]

Fuzzy teorie množin aplikovaná na jeřábnickou techniku dodává systematické výpočty k řešení neúplných vstupních informací a provádí numerické výpočty za použití programovacího jazyku určeného základní funkcí. Fuzzy logika vybírá programová pravidla IF-THEN, která tvoří klíčovou komponentu pro fuzzy odvozovací systém (FIS), který dokáže efektivně modelovat lidské zkušenosti v konkrétních aplikacích. Základním principem fuzzy řídicí logiky (FLC) je vyjádřit lidské poznávání v podobě IF-THEN funkcí. Každé pravidlo má dvě části, podmínkovou část, což je IF část pravidla a uzavírací část, což je THEN část pravidla. Souhrn těchto částí se potom nazývá základní pravidlo. Základní struktura FLC se skládá ze tří složek: koncepčních pravidel, které obsahují výběr fuzzy pravidel, databází, které stanovují základní funkce použité ve fuzzy pravidlech a zdůvodňující mechanismus, který určuje zakončení fuzzy pravidel a předkládá informace pro odvození závěru. Nakonec následuje tzv. defuzzifikace s ostrým výstupem. [8]



Obr. 4 Schematický náčrt FLC s ostrým výstupem [8]

Typický postup při rozvoji FLC zahrnuje následující kroky: specifikování problému a definování fuzzy řídicího systému (pro mostový jeřáb 85-ti jazykovými proměnnými), určení fuzzy množin, rozkódování fuzzy množin a fuzzy pravidel, postup k provedení FIS, vyhodnocení a optimalizaci ovladače. Výsledkem je poté FLC systém, který je schopen automatizování například mostových jeřábů. [8]

Pokud v oblasti řízení jeřábnické techniky srovnáme teorii fuzzy řízení s konvenčním způsobem řízení, pak obdržíme tři podstatné výhody ve prospěch fuzzy řízení. První

výhodou je, že regulátor využívající fuzzy logiku je schopen plně regulovat jeřáb, i když je obtížné změřit úhel odklonu nosného lana (což může být způsobeno např. špatnými okolními podmínkami). Za druhé, instalace fuzzy řízení je možná bez jakéhokoliv předchozího matematického modelování. Poslední a nejdůležitější výhodou je schopnost fuzzy regulátoru řešit nejrůznější typy nepředvídatelných situací a poruch bez potřeby jejich matematického modelování. [9]

4.2 Neuronová síť

Umělá neuronová síť (ANN, artificial neural network) se řadí, stejně jako fuzzy řízení, do oblasti nelineárního řízení. ANN je prostředkem pro zpracování komplexních dat, využívajícím ke své práci množství propojených procesorů a výpočetních cest. ANN jsou inspirovány architekturou lidského mozku, jsou schopny se učit a analyzovat rozsáhlé a komplexní množiny dat, které mnohem lineárnější algoritmy jen těžko zvládnou. [5]

První umělou neuronovou síť vymyslel v roce 1958 psycholog Frank Rosenblatt. Byla nazvána *Perceptron* a smyslem její existence mělo být modelování postupu, při kterém lidský mozek zpracovává vizuální data a učí se rozeznávat objekty. Jiní badatelé používají od té doby podobné ANN sítě ke studiu lidského poznávání.[5]

Posléze si někdo uvědomil, že kromě poskytování pohledů na fungování lidského mozku by mohly být ANN sítě užitečným nástrojem i samy o sobě. Jejich schopnost vytvářet vzorce a samy se jim učit umožňují postihnout mnoho problémů, které byly obtížné nebo zcela neřešitelné standardními výpočetními a statistickými metodami. Do konce 80. let začalo mnoho institucí v reálném světě používat ANN sítě pro rozličné účely. Ačkoliv jsou ANN sítě často nazývány prostě neuronovými sítěmi, je vhodné si uvědomit, že tento název mnohem spíše náleží biologickým mozkům, podle nichž byly původně modelovány.

Neuronová síť se skládá z formálních neuronů, které jsou vzájemně propojené tak, že výstup neuronu je vstupem obecně více neuronů podobně, jako terminály axonu biologického neuronu jsou přes synaptické vazby spojeny dendrity jiných neuronů. Počet neuronů a jejich vzájemné propojení v síti určuje tzv. *architekturu* neuronové sítě. Z hlediska využití rozlišujeme v síti *vstupní*, *pracovní* a *výstupní* neurony. Lze zjednodušeně říci, že v neurofyziologické analogii vstupní neurony odpovídají receptorům, výstupní neurony efektorům a propojené pracovní neurony mezi nimi vytváří příslušné dráhy, po kterých se šíří vlastní vzruchy. Šíření a zpracování informace na dráze v síti je umožněno změnou stavů neuronů ležících na této dráze. Stavů všech neuronů v síti určují tzv. *stav* neuronové sítě a synaptické váhy všech spojů představují tzv. *konfiguraci* neuronové sítě. [6]

Umělá neuronová síť funguje tak, že vytváří spojení mezi mnoha různými procesními prvky, z nichž každý je analogický se samostatným neuronem v biologickém mozku. Tyto neurony mohou být fyzicky konstruovány nebo simulovány digitálním počítačem. Každý neuron dostává mnoho vstupních signálů. Poté, na základě vnitřního vyvažovacího systému, produkuje jednotlivý výstupní signál, který je typicky zasílán jako vstup jinému neuronu. Neurony jsou těsně propojeny a organizovány do různých vrstev. Vstupní vrstva dostává

vstupní údaje, výstupní vrstva vytváří finální výstup. Mezi tyto dvě vrstvy je obvykle vložena jedna nebo více skrytých vrstev. [6]

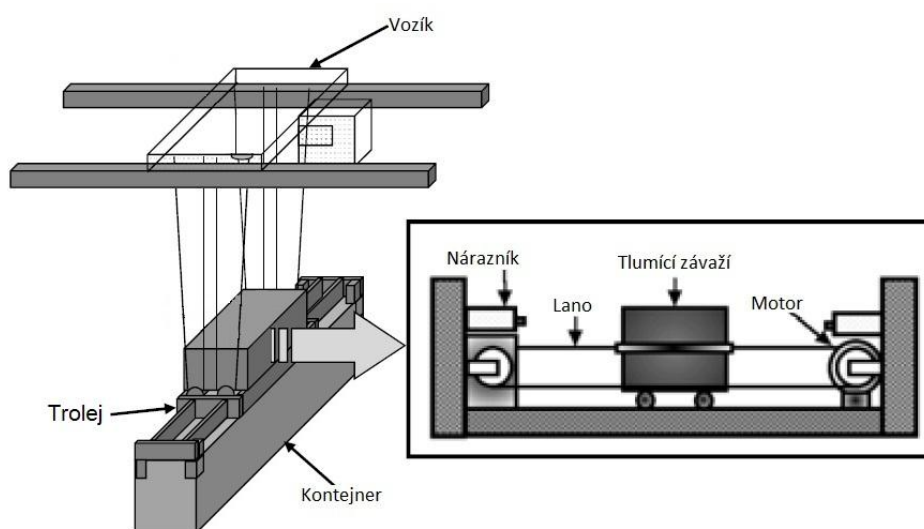
Umělé neuronové sítě typicky začínají s náhodnými váhami pro všechny své neurony. To znamená, že "nevědí" nic a musejí být školeny na řešení konkrétního problému, pro který byly zamýšleny. Při pohledu hodně ze široka lze říci, že existují dvě metody školení ANN v závislosti na problému, který musejí řešit. Samoorganizující se ANN (self-organizing ANN, často nazývaná podle svého tvůrce Kohonenova) je vystavována velkému množství dat a směřuje k odhalení zákonitostí a souvislostí v těchto datech. Naopak zpětně šířící ANN (back-propagation ANN) je lidmi školená na vykonávání speciálních úloh. Během školicího období učitel vyhodnocuje, zda je výstup ANN správný. Pokud je správný, neuronové váhy, které tento výstup vytvářejí, jsou posíleny, pokud je výstup nesprávný, zodpovědné váhy jsou oslabeny. Tento typ je nejčastěji využíván pro poznávací výzkum a pro aplikace na řešení problémů. [5]

Umělé neuronové sítě se ukázaly jako užitečné v rozmanitých aplikacích skutečného světa, v této práci bude uvedeno využití ANN v oblasti automatizace jeřábnické techniky.

4.3 Způsoby eliminace kyvu břemene

4.3.1 Způsoby eliminace kyvu břemene u jeřábů mostového typu

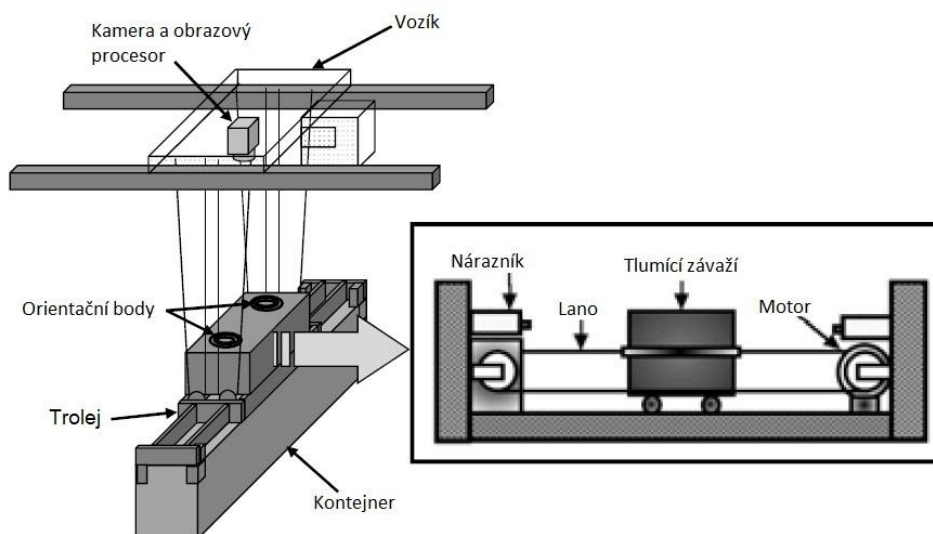
Základním systémem pro eliminaci kyvu břemene u jeřábů mostového typu je systém založený na tlumení kyvu pomocí závaží umístěného na troleji. Systém se skládá z tlumícího závaží, lana pro přenos síly a motoru. [10]



Obr. 5 Schéma systému pro eliminaci kyvu břemene [11]

Při manipulaci s břemenem začne motor na troleji pohybovat prostřednictvím lana tlumícím závažím a uvádět ho do polohy, která bude znamenat utlumení kmitů břemene. [11]

Tento systém nabízí vylepšení ve formě přidání měřícího zařízení, tzn. systému pro snímání obrazu (CCD kamera, obrazový procesor).



Obr. 6 Schéma systému pro eliminaci kyvu břemene s kamerou a obrazovým procesorem [11]

Na troleji jsou umístěny dva orientační body. Jejich vzájemná poloha a velikost jsou zaznamenávány CCD kamerou a zpracovávány obrazovým procesorem. Výstupem je potom informace, do kterého místa je zapotřebí posunout tlumící závaží, aby došlo k utlumení kyvu břemene.

Pokročilejší systémy se snaží eliminovat kývání břemene samotným řídicím systémem. Jedním z těchto způsobů je fuzzy regulátor pro eliminaci kyvu břemene a kontrolu polohy. Pro návrh tohoto fuzzy regulátoru byl použit SIRMův model (tzn. moduly s jedním vstupem propojené pomocí fuzzy odvozovacího modelu). Poloha vozíku, rychlost vozíku, úhel lana a úhlová rychlost představují vstupní položky, zrychlení vozíku pak položku výstupní. Každá vstupní položka má stupeň důležitosti z hlediska SIRMův modelu a z hlediska dynamiky. Dynamická proměnná každého dynamického stupně důležitosti používá absolutní hodnotu vstupní položky jako svou předcházející proměnnou. SIRMův model byl použit pro návrh fuzzy regulátoru s jednoduchou strukturou a nepotřebností znalosti cílové rychlosti. Analýza stability byla dána a fuzzy systém se ukázal být asymptoticky stabilní až do cílového místa. Fuzzy regulátor je odolný vůči změně délky lana a je schopen reagovat na různé počáteční pozice. Výsledky kontrolní simulace ukázaly, že pomocí navrženého fuzzy regulátoru jsou mostové jeřáby schopny docílit rychlého přemístění s malým úhlem výkyvu břemene. [12]

Dále lze uvést systém pro eliminaci kyvu břemene založený na fuzzy logice s redukovaným počtem pravidel. Systém obsahuje dvě základní pravidla: základní pravidlo pro kontrolu polohy obsahující dalších 25 pravidel a základní pravidlo pro kontrolu kyvu břemene obsahující pouze 5 pravidel. Vstupy pro kontrolu polohy jsou změna polohy a změna rychlosti vozíku, výstupem je síla. Úhlová rychlost břemene a změna polohy vozíku

jsou vstupy pro kontrolu kyvu břemene, výstupem je síla. Výhodou tohoto systému je jeho jednoduchost a snadná realizace. Během simulací rovněž prokázal schopnost poměrně výrazně eliminovat kývání břemene. [13]

V systémech pro eliminaci kyvu břemene jsou stále velice rozšířeny PID regulátory. U jeřábů, které mají mnoho dynamických charakteristik, se musí PID parametry v různých podmínkách rychle a složitě automaticky měnit. Pomocí může být řídicí systém využívající neuronové sítě. Tento systém se skládá ze tří částí: prediktivní neuronové sítě, PID regulátoru a automatického „ladiče“ využívajícího neuronové sítě. Pomocí prediktivní neuronové sítě lze odhadnout budoucí výstup, a to ze vstupní informace o aktuálním stavu zařízení. Automatický „ladič“ poté kompenzuje chyby vzniklé mezi předpovězeným a skutečným výstupem ze zařízení. Podle provedených testů dokáže řídicí systém využívající technologii neuronových sítí, oproti běžným řídicím způsobům využívajícím pouze PID regulátory, redukovat úhel výkyvu břemene až o 55 %. [14]

4.3.2 Způsoby eliminace kyvu břemene u jeřábů vykonávajících rotační pohyb

V dřívějších letech bylo uvedeno mnoho metod pro eliminaci kyvu břemene u jeřábů vykonávajících rotační pohyb. Příkladem může být způsob řízení, v němž kontrolní pravidla sledují trajektorii, která je z hlediska kývání břemene nejvýhodnější. Dále lze uvést teorii fuzzy regulátoru pro lineární systémy nebo řízení pomocí zpětné vazby pro nelineární systémy. Tyto metody mohou účinně stabilizovat houpání břemene v obvodovém směru, ale nedokážou ho potlačit ve směru radiálním.

Mezi řídicí systémy umožňující eliminaci kyvu břemene v obou směrech lze zařadit metodu založenou na dobrých zkušenostech operátora nebo metodu zpětnovazebních lineárních pravidel založenou na přepínání mezi radiálním a obvodovým směrem. Nicméně všechny tyto řídicí systémy vyžadují znalost složitých kontrolních teorií.

Regulátor využívající jednoduchou trojvrstvou neuronovou síť (dále NC) „trénovanou“ genetickým algoritmem, je základem moderního řídicího systému, který dokáže zmírňovat kývání břemene v radiálním i obvodovém směru a jeho realizace je jednodušší než realizace konvenčních řídicích systémů. [15]

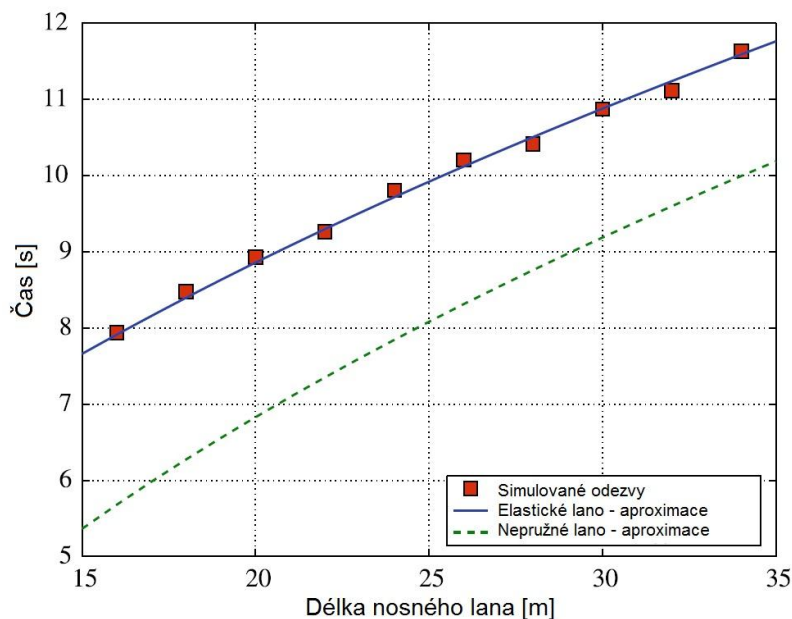
NC obdrží odchylky polohy a rychlosti nákladu jako vstupní hodnoty, výstupní hodnotou je úhel pootočení ramene. NC se skládá ze tří hierarchických vrstev se čtyřmi vstupními neurony, s pěti skrytými neurony a s jedním výstupním neuronem. Lineární funkce je použita pro vstupní a výstupní vrstvu, hyperbolická tangenciální funkce je použita pro vrstvu skrytou. Řídicí systém má za cíl potlačit nežádoucí kývání břemene při přesunu z libovolné počáteční pozice do referenční polohy, a to kontrolou úhlu pootočení ramene. Algoritmus evolučního procesu pro NC obsahuje pět kroků: náhodné vytvoření počáteční NC, výpočet chybové funkce, zvolení mateřské NC ruletovým výběrem, provedení křížové operace k získání nové NC a jako poslední krok obměnu nového NC za další generaci. Následuje iterování od druhého kroku, dokud evoluční proces nedosáhne 50 000 generací.

Kontrolní simulace prokázaly, že navržený řídicí systém dokáže úspěšně snižovat kývání břemene během jeho přesunu. [15]

4.4 Vliv tuhosti nosného lana na systémy pro eliminaci kyvu břemene

Frekvence příčného kmitání břemene je nejdůležitějším faktorem ve většině provedení současných systémů pro eliminaci kyvu břemene. Přesnost aproximace frekvence má veliký vliv na výkon a účinnost těchto kontrolních systémů. Chyby v aproximacích frekvence mohou mít za následek výrazné zhoršení vlastností řídicích systémů a v případě otevřeného regulačního obvodu mohou vést k úplnému selhání systému. [16]

Bylo dokázáno, že pro model neroztažitelného lana se skutečná frekvence kmitů břemene zásadně liší od frekvence aproximované. Odvozená analytická forma frekvence kmitání ukazuje významnou závislost na tuhosti nosného lana a na hmotnosti břemene. Z těchto dvou závislostí je ta na hmotnosti břemene méně významnou. V reálných podmínkách nepředstavuje problém a nevyžaduje připojení dalšího hardwaru pro řídicí systém. Ovšem závislost frekvence kmitání břemene na tuhosti nosného lana je dosti podstatná, a je tedy důležité dosáhnout co nejpřesnějších aproximací frekvence pomocí modelu elastického nosného lana. [16]



Obr.7 Porovnání aproximací frekvence kmitů pomocí elastického a neelastického modelu lana [16]

Bylo dokázáno, že přesná aproximace frekvence kmitání zvyšuje výkon kontrolních systémů, a to zejména u těch, které jsou v reálných provozech vystaveny mnohým neočekávaným podmínkám. Dále bylo prokázáno, že se pomocí přesnějších aproximací dosahuje zlepšení výkonu v oblasti zpětných vazeb regulátorů. [16]

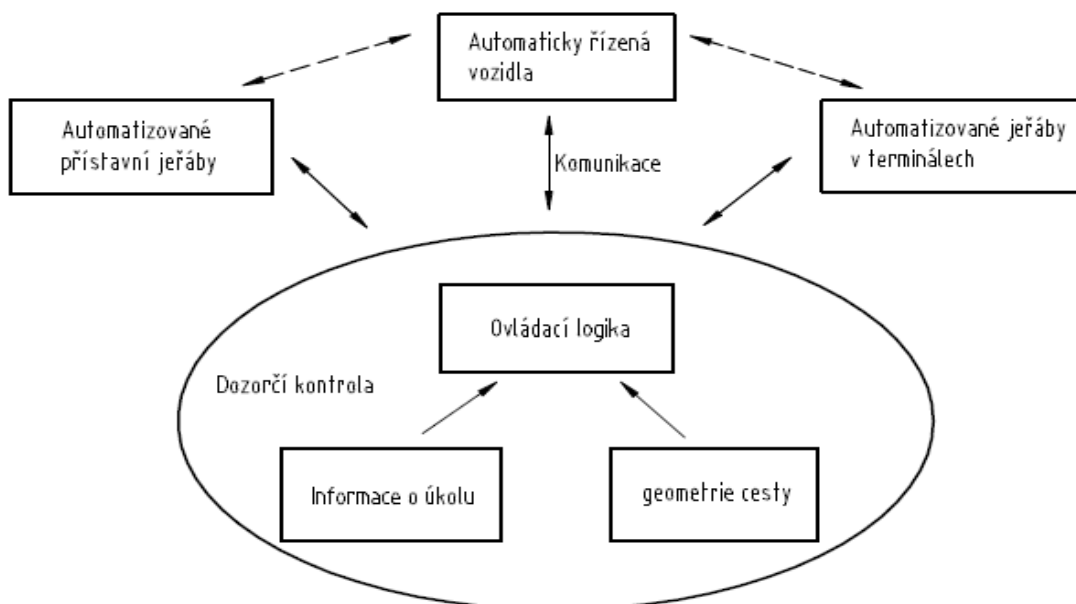
5 Oblasti využití automatizace jeřábnické techniky

5.1 Automatizace jeřábnické techniky v přístavištích

Přepravní kontejner, který byl představen veřejnosti v 60. letech 20. století znamenal revoluci v dopravě a provozu přístavů. V roce 2006 bylo v oběhu mezi světovými přístavišti okolo 300 milionů kontejnerů naplněných nejrozmanitějšími produkty. [17]

Do kontejnerů se uloží nejrůznější zboží a poté jsou naloženy na lodě, které je rozváží do cílových míst po celém světě. Po příplutí lodě do přístavu jsou kontejnery vyloženy a zpět na loď naloženy kontejnery s jiným obsahem a cílovým místem. Je velice důležité, aby tato operace proběhla rychle a bez problémů, neboť loď má naplánovaný čas a každý problém či zdržení tento harmonogram nabourá. Pro přístavy je každým rokem těžší splnit tyto požadavky na rychlý proces nakládky a vykládky kontejnerů, protože dopravní společnosti nadále zvětšují velikost loďstva a přepravní kapacitu lodí.

Problém tohoto nárůstu, který předpovídají přístavní orgány, je v tom, že by mohlo dojít k nedostatku plochy pro rozšíření provozních prostorů, protože okolní pozemky jsou často využívány místním obyvatelstvem. Proto je jediným zbývajícím řešením zkrácení času, po který musí loď zůstat v doku. Způsob, jak toho docílit, je zajistit, aby proces nakládky a vykládky proběhl tak rychle, jak je to jen možné. Automatizace přístavní techniky, což jsou především přístavní a stohovací jeřáby, dále nákladní vozidla, manipulační vozidla a jiné, toto může zajistit.



Obr. 8 Schéma systému transportu kontejnerů v přístavech [18]

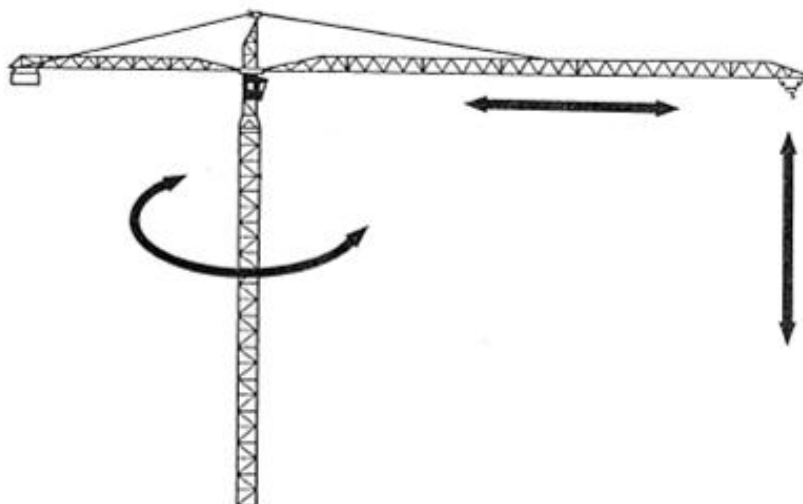
V závislosti na velikosti lodi je k jejímu vyložení/naložení zapotřebí až 6 přístavních jeřábů. Každý jeřáb má na starost několik řad kontejnerových úložišť podél lodi. V každé řadě musí přístavní jeřáb nejprve vyložit kontejnery určené pro tento přístav a následně naložit všechny kontejnery určené k opuštění přístavu. Transport mezi úložištěm a

terminálem je dále zajištěn pomocí automaticky řízených vozidel, nebo pomocí nákladních vozidel. V terminálech poté nastupují automatizované stohovací jeřáby, které jsou další nezbytnou složkou. [18]

5.2 Automatizace jeřábnické techniky na staveništích

V rámci stavebnictví je účinnost a efektivita práce zásadní věcí. Z tohoto důvodu je velice důležité, aby byl každý nežádoucí proces odstraněn a každý nezbytný proces co nejvíce zjednodušen. Je zřejmé, že těchto změn lze dosáhnout pomocí automatizace stavební techniky, a to zejména jeřábnické techniky, přesněji věžových jeřábů.

Geometrická konfigurace věžových jeřábů se vyznačuje velmi dobře definovatelnými klouby, které dnes mohou být vybaveny spolehlivými levnými počítačovými zařízeními pro kontrolu pohybu, a také třemi základními osami pohybu znázorněnými na následujícím obrázku.



Obr. 9 Tři základní osy pohybu věžových jeřábů [19]

Automatizace věžových jeřábů přináší efektivnější a bezpečnější provoz, umožňuje obsluhovat jeřáby jednoduše, rychle, přesně a bezpečně ze země pomocí PC, nikoliv stovky metrů ve vzduchu.

V dnešní době mnoho firem vybavuje své nové modely věžových jeřábů pokročilými automatizačními systémy, ale stále můžeme na staveništích pozorovat velké množství starších manuálně řízených věžových jeřábů, a to z důvodu jejich dlouhé životnosti. Proto společnosti vyvíjí rovněž automatizační systémy pro instalaci do starších, stávajících věžových jeřábů. [19]

Bez automatizačního systému v jeřábu je obvyklý způsob práce následující. Nejprve obsluha posoudí prostorové umístění cíle, poté tlačítky and/or na joysticku ovládá různé klouby, dokud se hák nepřiblíží na uspokojivou vzdálenost od cíle. Toto se dělá metodou pokus-omyl, založenou na zpětné vazbě, kterou získá jeřábník vlastním pohledem, navigací pomocí gest od pozemního ředitele z pracovní zóny, nebo radiovou komunikací se

spolupracovníky. V mnoha činnostech (např. vylévání betonové desky v pátém patře) je značné procento pracovního času stráveno na stále stejném a opakujícím se manévrování.

Při nainstalovaném systému, obvykle poloautomatickém, probíhá operace tak, že operátor „naučí“ jeřáb bezpečnou a efektivní cestu mezi pevně daným zdrojem a cílem (např. mezi mixem na beton a licím místem) a následné opakované cesty již poloautomatizovaný jeřáb vykonává sám. [19]

Jak bylo zmíněno ve výše položeném odstavci, automatizace věžových jeřábů přináší možnost obsluhovat jeřáby bezpečně ze země pomocí PC, nikoliv stovky metrů ve vzduchu. Toto je umožněno díky systému bezdrátových sítí, další část práce se tomuto pojmu věnuje blíže.

5.2.1 Bezdrátové technologie

Synonymem pro průmyslovou síť používanou v automatizaci se stalo slovo ethernet. Pod tímto pojmem si lze představit souhrnný název pro v současné době nejrozšířenější technologii pro budování počítačových sítí typu LAN (tj. domácí nebo firemní sítě). [7]

Používání Ethernetu v automatizaci se stále rozšiřuje. Typickými průmyslovými aplikacemi, kde je výhodné použít bezdrátovou komunikaci, jsou obecně automatizované systémy, v nichž je třeba pracovat se vstupními a výstupními signály a inteligentními stanicemi umístěnými na pohybujících se částech technologických zařízení, které jsou často umístěny ve velkých výškách. Časté je například nasazení bezdrátové technologie u automaticky řízených vozíků, věžových jeřábů apod. Právě u věžových jeřábů se využívá možnost připojení vzdálených částí technologie či těžko dostupných částí technologie prostřednictvím bezdrátového spojení s použitím směrových antén, a to včetně požadavku na redundantní provedení tohoto spojení, což umožňuje eliminovat náklady na kabeláž a její instalaci. Užívání mobilních terminálů opatřených rozhraním pro bezdrátovou komunikaci je poměrně rozšířeno například ve skladech, kde operátoři pracují s potřebnými daty. Další možností je využití těchto sítí pro přenos hlasu.

Použití bezdrátové technologie přináší nové možnosti pro automatizaci a jistě se bude dále rozšiřovat, proto společnosti kladou důraz na vývoj prvků pro realizaci bezdrátových komunikačních sítí. Je ovšem třeba, aby bezdrátová spojení byla spolehlivá, odolná proti vlivům průmyslového prostředí a chráněná proti neautorizovanému přístupu. [20]

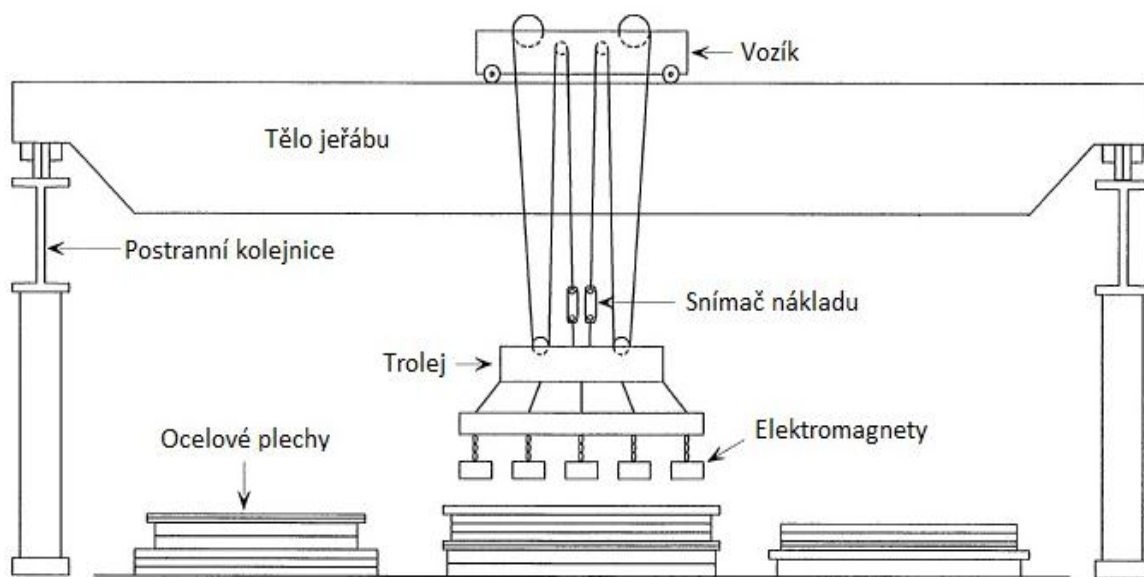
5.3 Automatizace jeřábnické techniky ve výrobních halách

Tato kapitola se věnuje automatizaci jeřábnické techniky ve výrobních halách, což je velice obsáhlé téma, neboť téměř každý výrobní nebo zpracovatelský proces vyžaduje zastřešený prostor čili výrobní halu vybavenou jeřábnickou technikou určenou pro daný typ podnikání.

Od začátku devadesátých let minulého století začala v českém průmyslu rozsáhlá obměna a modernizace strojního parku vybavení hal. Tento fenomén se projevil v daném

období zejména ve využití nových strojů a moderních technologií. Sofistikované stroje doslova zaplavily náš trh a jejich výrobci se předháněli v jejich výbavě. Tento trend ale mírně zaostával v oboru jeřábnické techniky. Ačkoliv byly aplikace pro jeřáby rovněž k dispozici – i když ne tak jako pro ostatní stroje – mezi uživateli o ně nebyl zájem. To bylo způsobeno zejména dvěma faktory. Jeden z nich byl neznalost a nezkušenost uživatelů s tímto druhem vybavení jeřábů, druhým jmenovatelem byla stále se zlepšující ekonomická situace, což vedlo často k mrhání pracovní silou. [26]

Dnes je situace poněkud odlišnější, a to v obou oblastech. Potenciální uživatelé měli již možnost alespoň slyšet o „inteligentních“ jeřábech, mnozí je přímo viděli v akci třeba u svých mateřských společností v zahraničí. Čas vzestupu ekonomiky je v dnešní době pryč a výrobci proto musejí často přemýšlet kam investovat své finanční prostředky. Je paradoxní, že právě jednorázový výdaj do systémové techniky, ať už se jedná o automatizovaný jeřáb či speciální protikolizní zařízení, může v brzké době začít vracet nemalé finanční prostředky a již během prvního roku může začít vydělávat. Úspory mohou být v takových případech evidentní. Rovněž pro využití některé z nabízených aplikací hovoří i ten fakt, že se nejedná o novinku právě se tlačící na trh, ale že jde o produkt léta vytvářený a modifikovaný, který je již vyladěný pro plné nasazení na trhu.



Obr. 10 Schematický obrázek mostového magnetického jeřábu [21]

Jako příklad lze uvést oblast hutnického průmyslu, kde se využívají automatizované magnetické jeřáby (obr. 10), které mají místo háku silný elektromagnet určený pro zdvihání hutnických výrobků. Pro společnosti znamenají tyto jeřáby veliké ulehčení a zefektivnění práce zejména při manipulaci s plechy, kdy magnetické jeřáby umožňují zvedat požadovaný počet kusů plechu a třídit je tak, jak je požadováno, a to vše s minimální účastí lidského faktoru. [21]

5.2 Automatizace jeřábnické techniky v oblasti manipulace se sypkým materiálem

Stejně jako ve všech jiných odvětvích průmyslu i v oblasti manipulace se sypkým materiálem znamená automatizace jeřábnické techniky zvýšení efektivity a bezpečnosti. Do této oblasti lze zařadit například různé lomy, pískovny, cementárny a jiné. Tato místa se vyznačují velice špatnými pracovními podmínkami, neboť při manipulaci se sypkým materiálem vznikají oblaka jemných částic, které mohou snižovat funkčnost senzorů.

Právě pro tato místa jsou navrhovány automatizované portálové jeřáby, které jsou schopny rozpoznat, kde je hromada sypkého materiálu nejvyšší, v kterém místě je materiálu nejméně, kam má být materiál v jímce uložen a z kterého místa odebrán. Tato činnost je prováděna pomocí laserových senzorů, které jsou schopny rozpoznat vzdálenost sypkého materiálu i přes jeho špatnou světelnou odrazivost, a to i za případných špatných povětrnostních podmínek. Shrnutím tedy může být, že tyto portálové jeřáby jsou schopny samy optimalizovat těžbu sypkého materiálu. [27]



Obr. 11 Ukázka automatizovaného portálového jeřábu v cementárně [28]

6 Zahraniční společnosti zabývající se automatizací jeřábnické techniky

6.1 Siemens AG

6.1.1 O společnosti

Siemens AG je globálním elektrotechnickým koncernem působícím v sektorech průmysl, energetika a zdravotní péče. Společnost byla založena pod názvem Siemens und Halske jako telegrafní výrobní podnik již v roce 1847. Siemens působí ve 190 zemích a zaměstnává více než 360 000 lidí po celém světě (z toho 116 000 v Německu). Na tržbách společnosti (v roce 2011) se podílela z 32 % Evropa (kromě Německa), Afrika a Blízký Východ, z 23 % Německo, z 23 % Amerika a z 22 % Asie a Austrálie. Akcie společnosti Siemens jsou obchodovány na veřejných trzích od roku 1899. V současné době se obchodují na všech německých burzách, burze londýnské, švýcarské a na NYSE. Společnost se zaměřuje na ekologické řešení nabízených služeb. V rámci ekologického portfolia nabízí technologie pro výrobu energií z obnovitelných zdrojů, ekologicky šetrnou distribuci el. energie, šetrné nakládání s vodou při výrobě, atd.

Do skupiny Siemens AG patří také Siemens Česká republika, která je největší českou elektrotechnickou firmou a s 12 500 zaměstnanci také jedním z největších českých zaměstnavatelů. [29]

6.1.2 Společnost Siemens AG v oblasti automatizace jeřábnické techniky

Automatizační systém pro jeřábnickou techniku, který vyvinula a používá společnost Siemens, se nazývá SIMATIC. Mezi spotřebiteli je velice známá řada SIMATIC S5, na kterou navazuje řada SIMATIC S7. Tak jak se mění požadavky řešených úloh, společnost Siemens AG se snaží neustále vyvíjet nové řídicí prvky tak, aby co nejlépe vyhovovaly potřebám technologie, splňovaly podmínky efektivního projektování a inženýringu a přitom respektovaly kontinuitu a pracovaly v souladu s již osvědčenými postupy a principy.

Průmyslový řídicí systém SIMATIC S7-300 (obr. 12) je nejprodávanějším řídicím systémem z nabídky firmy Siemens AG. Je určen pro realizaci rozmanitých automatizačních úloh středního rozsahu. Poskytuje univerzální automatizační platformu pro systémová řešení s hlavním důrazem na výrobní technologii. [29]

Systém SIMATIC S7-400 (obr. 13) je určen především pro náročnější automatizační úlohy velkého rozsahu. Jeho doménou jsou zejména velké výrobní celky navazující na celopodnikové řízení zdrojů a systémy pro sběr, archivaci a zpracování technologických dat, jež jsou typické např. pro energetiku, farmacii, chemii, potravinářský průmysl apod. Nižší řady PLC (S7-300; C7; S7-200) předčí svou modularitou a výkonností. [29]

IMATIC S7-400H (obr. 14) je programovatelný automat se dvěma H CPU stejného typu; v případě poruchy se provede přepnutí z masteru systému na záložní (standby) stanici.

Je vhodný pro procesy s požadavkem na vysokou dostupnost (procesy s časem přepnutí kratším než 100 ms). [29]

Simatic C7 (obr. 15) je řídicí systém a panel v jednom přístroji. Tato kategorie představuje z technického i cenového hlediska ideální spojení řídicího systému a jeho operátorského rozhraní. Jednotlivé typy CPU jsou doplněny textovými nebo grafickými displeji s dobrou zobrazovací schopností a dlouhou dobou života. Řídicí systém se ovládá prostřednictvím membránové klávesnice nebo dotykové obrazovky. Výkonnost jednotlivých typů je opět odstupňována tak, aby bylo možné snadno najít odpovídající typ. Tyto jednotky lze dále rozšířit o standardní v/v moduly řady S7-300, a to hned několika způsoby. Kompletní přístroje se vyznačují především malou montážní hloubkou. Nacházejí uplatnění všude tam, kde je nutné integrovat řídicí systém i ovládání do co nejmenšího prostoru. [29]



Obr. 12 PLC SIMATIC S7-300 [29]



Obr. 13 PLC SIMATIC S7-400 [30]



Obr. 14 PLC SIMATIC S7-400H [31]



Obr. 15 SIMATIC C7 [32]

6.2 ABB

6.2.1 O společnosti

Historie společnosti ABB sahá až do 19. století, kdy ovšem neexistovala pod současným názvem. Společnost ABB vznikla v roce 1988 v Curychu spojením už tehdy úspěšných společností ASEA a BBC. Nyní je ABB přední světovou firmou poskytující technologie pro energetiku a automatizaci, které umožňují energetickým a průmyslovým podnikům zvyšovat výkonnost při současném snížení dopadu jejich činnosti na životní prostředí. ABB má 124 000 zaměstnanců ve více než 100 zemích. Hlavní oblasti podnikání společnosti ABB jsou divize: výrobky pro energetiku, systémy pro energetiku, automatizace výroby a pohony, výrobky nízkého napětí a procesní automatizace.

V České republice působí ABB již od roku 1990 a v současné době má téměř 3 000 zaměstnanců. ABB v České republice má možnost využití mezinárodního know-how a nejnovějších výsledků výzkumu a vývoje globální společnosti. [33]

6.2.2 Společnost ABB v oblasti automatizace jeřábnické techniky

Firma ABB se zabývá vývojem automatizačních systémů především v oblastech těžkého průmyslu a přístavů. Hlavními dvěma systémy pro těžký průmysl vyvinutými společností ABB jsou ASTAT a MoCon Robust. V obou případech se jedná o systémy určené pro náročné průmyslové podmínky, kde musí odolat nepříznivým okolním vlivům. Společnost ABB o svých produktech tvrdí, že odolávají těžkým podmínkám, že je jejich instalace jednoduchá a že svým uživatelům šetří čas i peníze.



Obr. 16 ASTAT [34]



Obr. 17 MoCon Robust [35]

V oblasti přístavních jeřábů vyvíjí společnost ABB systém ACLAS, který řeší veškerý pohyb jeřábů počínaje vyložením kontejnerů z lodí a konče stohováním kontejnerů v terminálech. Samozřejmostí jsou zakomponované systémy pro kontrolu pohybu a pro eliminaci kyvu břemene. [33]

6.3 GOTTWALD port technology

6.3.1 O společnosti

Gottwald Port Technology, sídlem v německém Düsseldorfu, je dceřiná společnost Demag Cranes AG. Společnost Gottwald Port Technology byla založena před více než 100 lety a vyrábí zařízení pro efektivní manipulace s náklady v přístavech a terminálech.

V automatizaci přístavní logistiky je společnost Gottwald Port Technology na vysoké úrovni. Vyrábí plně a polo-automatizované stohovací jeřáby, vyvíjí systémy pro manipulaci s kontejnery v námořních a říčních přístavech a systémy pro optimalizaci jednotlivých terminálů a celých přístavů. [36]

6.3.2 ASC - automatizované stohovací jeřáby od společnosti Gottwald port technology

Společnost Gottwald se věnuje automatizaci stohovacích jeřábů v kombinaci s jejich vlastním řídicím systémem (ASC-MS). Touto kombinací jsou schopni dosáhnout plně automatizovaných kontejnerových terminálů.



Obr. 18 Automatizované stohovací jeřáby od společnosti Gottwald port technology [37]

Automatizované stohovací jeřáby od firmy Gottwald disponují vysokou produktivitou a stohovací hustotou. Průlomové technologické koncepce vynikají jak vizuálně, tak z hlediska inovativního přístupu, o čemž svědčí zejména tuhé svislé vodící rameno. Schopnosti jeřábů jsou osvědčené v každodenním provozu, neboť nové technologie byly nainstalovány a odzkoušeny na stávajících portálových jeřábech.

Každý zásobní modul využívá dva ACS, nebo jeden dvojitý ACS, obě varianty běží na jednom páru kolejnic. Tato konfigurace umožňuje provozovatelům terminálů ušetřit značné množství prostoru (až 18%) ve srovnání s jinými konfiguracemi. I při této konfiguraci je systém schopen poskytnout dostatek informací o celkovém stavu v zásobním modulu. Tato vlastnost je zákazníky vyžadována.

Společnost uvádí, že jejich výrobky dosahují výjimečně vysoké pracovní rychlosti ve všech třech osách (jeřáb, trolej, zdvihání). Vysoká rychlost společně s dostatkem informací a možností pracovat na relativně malém prostoru jsou znaky zvyšující výkon terminálu. [37]

6.4 Konecranes

6.4.1 O společnosti

Historie společnosti Konecranes sahá hluboko do 20. století, ovšem v podobě, kterou známe dnes, byla založena v roce 1994. Firma Konecranes zaměstnává 11 700 zaměstnanců na 609 místech v 47 zemích po celém světě. Zabývá se výrobou zdvihací techniky a poskytuje služby široké škále zákazníků včetně výrobních a zpracovatelských odvětví průmyslu, loděnic, přístavních terminálů. [38]

6.4.2 Společnost Konecranes v oblasti automatizace jeřábnické techniky

V oblasti automatizace a softwarových prvků se společnost Konecranes zabývá automatizací jeřábů v petrochemickém průmyslu a automatizací jeřábů WTE (waste to energy).

Jeřáby v petrochemickém průmyslu vybavené řídicím systémem od firmy Konecranes jsou schopné polo i plně automatizovaného provozu. Řídicí systém zajišťuje:

- řízení pohybů drapáku (systém ovládání dvojitého mechanismu drapáku DynAGrab),
- řízení pohybů vozíku,
- řízení pohybů mostu,
- řízení funkcí napájecího zdroje, jako je hlavní stykač, klimatizace apod.,
- řízení pohybu posuvné násypky,
- rozhraní HMI, jako alarmy, události, zpracování informací apod. [39]

Automatizované jeřáby WTE jsou rovněž schopné polo i plně automatizovaného provozu. Řídicí systém pomáhá při polohování nákladu a předcházení kolizím. Moderní projekty závodů počítají s centrálním řízením jeřábů ze speciálních prostor, proto jeřáby WTE poskytují monitorovací servis podle přání zákazníka. [39]

Jako doplňkové zařízení nabízí Konecranes uživatelsky příjemnou počítačovou aplikaci CMS (Crane Management System), která sbírá a analyzuje údaje o jeřábu. Je to výkonná, nezávislá počítačová aplikace, která obsahuje moderní nástroje určené pro jeřábové aplikace. Konecranes CMS zlepšuje spolehlivost a provozuschopnost na základě rozsáhlých měření reálného času a diagnostických údajů a dále poskytuje zprávy, které slouží pro analýzu využití a produktivitu jeřábu. [39]



Obr. 19 Automatizovaný jeřáb WTE od společnosti Konecranes [39]

7 České společnosti zabývající se automatizací jeřábnické techniky

7.1 SCS servis

7.1.1 O společnosti

Firma SCS servis s.r.o. vznikla v roce 1991. Zpočátku byla zaměřena pouze na servis elektroniky na jeřábech. Postupem času se působení firmy rozšířilo na aplikace průmyslové automatizace, vážních systémů, zařízení pro bezdrátový přenos dat, řízení strojů a často atypických úkolů v automatizaci strojních zařízení. Velkou pozornost věnuje vývoji speciálních snímačů, např. gravitačních snímačů úhlu, indikátorů přítomnosti vysokého napětí, přesných pozičních senzorů, speciálních tenzometrických snímačů na zakázku, aplikace OEM produktů a dalších. [40]

7.1.2 Společnost SCS servis v oblasti automatizace jeřábnické techniky

Společnost má zkušenosti s automatickými jeřáby v oboru skladů s ocelovými svitky, kabelovými cívkami, drcenou gumou, cementem nebo například ve skladech biopaliv s automatickým scanningem teploty paliva. Hlavní oblastí vývoje jsou ovšem tzv. poloautomatické systémy, jako je systém aktivní stabilizace břemen proti kývání nebo antikolizní systém.

Systém stabilizace kývání břemene od SCS servis u mostových jeřábů s označením iCM je zařízení aktivně sledující polohu břemene a jeho pohyby. Systém se skládá ze speciálního senzoru, který přesně snímá absolutní polohu břemene vůči zemi a z řídicí elektroniky, která sleduje vektor zrychlení, s následnou predikcí pohybu břemene, v obou možných osách jeho pohybu. Systém snímá každý pohyb břemene a ovládá pohyby mostu a kočky tak, že v krátké době zastaví kývání zavěšeného břemene. Není nutné sledování délky lan, na kterých visí hák. Při rozkývání břemene iCM rychle utlumí kývání na minimum. Při náznaku šikmého tahu iCM změní automaticky polohu kočky či mostu tak, aby hák a břemeno bylo přesně ve svislé ose, a to dříve, než dojde ke zdvihnutí břemene. Počítač ovládá pohyby jeřábu tak, aby eliminoval jakékoliv výchyly břemene. Pokud obsluha zatlačí na břemeno a vychýlí jej, jeřáb se pohybuje ve směru vychýlení. Obsluha tak může plynule manipulovat s břemeny a přemisťovat je bez nutnosti používat ovladač jeřábu. [41]

V praxi běžně nastává situace, kdy pracují dva jeřáby na stejné dráze (či sousedních drahách) a součet jejich nosností může být nebezpečný pro jeřábovou dráhu či statiku budovy. Pro tyto případy vyvinula společnost SCS servis antikolizní systém, při kterém jsou instalovány na oba jeřáby (nebo více jeřábů) PLC automaty vybavené snímáním polohy pro zjištění polohy jeřábů na dráze, tenzometrické snímače pro sledování velikosti zatížení jeřábů a bezdrátové modemy pro vzájemnou komunikaci. V rámci antikolizního systému se

jeřáby prostřednictvím radiomodemů navzájem informují o své poloze na jeřábové dráze, o velikosti zatížení a dalších parametrech. Antikolizní systém slouží i jako tzv. protisrážkové zařízení, tedy zabraňuje srážce jeřábů na společné dráze. V případě, že dojde k vzájemnému přiblížení jeřábů se zatížením a nosnost jeřábové dráhy může být překročena, automaticky a plynule jeden či druhý jeřáb snižuje svou nosnost tak, aby nebyla překročena celková nosnost jeřábové dráhy. [41]

7.2 Temex

7.2.1 O společnosti

Společnost Temex působí na trhu od roku 1991. Je ryze českou soukromou společností, která je tvořena čtyřmi pilíři, a to divizemi automatizace, vzduchotechnika, stroje a prodej. Firma zaměstnává více než 100 odborníků různých profesí a podařilo se jí proniknout na trhy v Evropě, ale i v Severní a Střední Americe, Africe i Asii. [42]

7.2.2 Společnost Temex v oblasti automatizace jeřábnické techniky

Při pojezdu jeřábů po pojezdových kolejích dochází k jejich nežádoucímu přičení. Právě tření způsobuje přídavná zatížení, především ve vodorovném směru, která působí zpětně na jeřábovou dráhu. Výsledkem je snížená životnost a efektivita jeřábnické techniky, z čehož vyplývají finanční ztráty.

Společnost Temex vyvinula systém na omezení přičení jeřábů, který lze aplikovat na nové i stávající jeřáby. Podle společnosti lze instalováním systému na nové jeřáby docílit následujících výhod:

- snížení hmotnosti konstrukce jeřábu až o 5-10%,
- snížení namáhání pojezdových pohonů o 15-20%,
- snížení spotřeby elektrické energie na pojezdových motorech o 5-10%,
- snížení nároků na přesnost jeřábových drah především ve vodorovné rovině,
- zmenšení rozvoru jeřábu a tím ušetření na prostoru pro manipulaci,
- snížení účinků od přičení a excentrického brzdění jeřábů na pojezdové koleje a jejich nosníky včetně jejich podpěr,
- snížení účinků od přičení a excentrického brzdění jeřábů umožní prodloužit životnost jeřábů i jeřábových drah a sníží nároky na jejich údržbu a rektifikaci pojezdových drah o cca 20-30%. [43]

Při instalování systému na stávající jeřáby lze docílit stejných výhod, kromě snížení hmotnosti konstrukce a zmenšení rozvoru jeřábu.

8 Závěr

V úvodní části jsou uvedeny základní informace o pojmu automatizace, které jsou nezbytné pro pochopení celé práce. Následuje začlenění automatizace do oblasti jeřábnické techniky, z čehož vyplývají další kapitoly.

Automatizace jeřábnické techniky skýtá problémy, které ji značně znesnadňují. Tyto problémy jsou způsobeny především skutečností, že břemeno je zavěšeno na nosném laně způsobujícím při pohybu jeřábu nežádoucí doprovodné jevy - kmitání břemene a šikmý tah. Z možných řešení těchto problémů práce uvádí následující: systém založený na tlumení kyvů pomocí tlumícího závaží, fuzzy regulátor pro tlumení kyvů břemene, systém založený na fuzzy logice s redukováným počtem pravidel, systém využívající prediktivní neuronovou síť, regulátor využívající jednoduchou trojvrstvou neuronovou síť a využití aproximace frekvence kmitů nosného lana pomocí modelu elastického nosného lana.

Další část pojednává o oblastech využití automatizované jeřábnické techniky. Výsledkem této pasáže je, že instalace automatizované jeřábnické techniky přináší ve všech oblastech průmyslu užitek, tím myšleno, že snižuje transportní časy, snižuje náklady, zvyšuje efektivitu a v neposlední řadě zvyšuje bezpečnost práce.

Vedoucími mezinárodními společnostmi v oblasti automatizace jeřábnické techniky jsou společnost Siemens AG a společnost ABB. Univerzální automatizační systém pro jeřábnickou techniku, který vyvinula a používá společnost Siemens, se nazývá SIMATIC. Hlavními dvěma systémy pro těžký průmysl vyvinutými společnostmi ABB jsou ASTAT a MoCon Robust. Dále společnost ABB vyvíjí systém ACLAS pro kompletní automatizaci přístavních terminálů. Společnost Gottwald port technology, se svými automatizovanými stohovacími jeřáby, je rovněž významnou mezinárodní firmou, stejně jako společnost Konecranes, která se věnuje vývoji automatizovaných jeřábů v petrochemickém průmyslu a vývoji automatizovaných jeřábů WTE.

V České republice se rovněž nacházejí společnosti zabývající se automatizací jeřábnické techniky, ovšem nevěnují se vývoji komplexních automatizačních systémů, ale vývoji systémů spadajících do oblasti poloautomatizace. Společnost SCS servis se může chlubit velice dobře propracovaným systémem pro eliminaci kyvů břemene (iCM) a také kvalitním antikolizním systémem. Další česká společnost Temex vyvinula systém pro omezení přičení jeřábu, který po instalaci poskytuje vlastníkům či uživatelům řadu podstatných výhod.

9 Seznam použitých zdrojů

- [1] ŠVARC, I.; ŠEDA, M.; VÍTEČKOVÁ, M. *AUTOMATICKÉ ŘÍZENÍ*. FINAL TISK s.r.o. Olomučany: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno, 2007. ISBN 978-80-214-3491-2.
- [2] DAVID, J. Senzory pro měření ve strojírenství. *Automatizace*. 2004, roč. 47, č. 9, s. 525
- [3] PAVELKOVÁ, N.; HOLMBERG, M. Jeřáby s mozkem. *Elektro*. 2008, č. 8-9, s. 14-15
- [4] ŠMEJKAL, L.; URBAN, L. Fuzzy logika (I). *Automatizace*. 2004, č. 3, s. 224-226
- [5] KAY A. Co jsou to umělé neuronové sítě. *Science WORLD*. 2001
- [6] ŠÍMA, J.; NERUDA, R. *Teoretické otázky neuronových sítí*. Praha: Matfyzpress, 1996. 390s. ISBN 80-85863-18-9
- [7] VOJANEC, J. Bezdrátová komunikace se Scalance W společnosti Siemens. *Automatizace*. 2007, roč. 50, č. 4, s. 288
- [8] HAYAJNEH, M. T.; RADAIDEH, S. M.; SMADI, I. A. Emerald Article: Fuzzy logic controller for overhead cranes. *Engineering Computations*. 2006, vol. 23, s. 84-98
- [9] BENHIDJEB, A.; GISSINGER, G. L. Fuzzy Control of an Overhead Crane Performance Comparison with Classisc Control. *Control Eng. Practice*. 1995, vol. 3, č. 12, s. 1687-1696
- [10] KIM, Y. B. A New Approach to Anti-Sway System Design Problem. *KSME International Journal*. 2004, č. 8, s. 1306-1311
- [11] KAWAI, H.; KIM, Y. B.; CHOI, Y. W. Anti-sway system with image sensor for container cranes. *Journal of Mechanical Science and Technology*. 2009, č. 23, s. 2757-2765
- [12] YI, J.; YUBAZAKI, N.; HIROTA, K. Anti-swing and positioning kontrol of overhead traveling crane. *Information Sciences*. 2003, č. 155, s. 19–42
- [13] MAHFOUF, M.; KEE, C. H.; ABBOD, M. F.; LINKENS, D. A. Fuzzy Logic-Based Anti-Sway Control Design for Overhead Cranes. *Neural Comput & Applic*. 2009, č. 9, s. 38-43

- [14] SUH, J. H.; LEE, J. W.; LEE, Y. J.; LEE, K. S. Anti-Sway Position Control of an Automated Transfer Crane Based on Neural Network Predictive PID Controller. *Journal of Mechanical Science and Technology*. 2005, č. 2, s. 505-519
- [15] NAKAZOMO, K.; OHNISHI, K.; KINJO, H.; YAMAMOTO, T. Vibration control of load for rotary crane system using neural network with GA-based training. *Artif Life Robotics*. 2008, č. 13, s. 98-101
- [16] MASOUD, Z. N. Effect of hoisting cable elasticity on anti-sway controllers of quay-side container cranes. *Nonlinear Dyn*. 2009, č. 58, s. 129-140
- [17] HONG, K. S.; NGO, Q. H. Port Automation: Modeling and Control of Container Cranes. *Control & Automation*. 2009, č. 20-22, s. 19-26
- [18] ZHANG, J.; IOANNOU, P. A. Automated Container Transport System Between Inland Port and Terminals. *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*. 2006, vol. 16, č. 2, s. 95-118
- [19] ROSENFELD, Y.; SHAPIRA, A. Automation of existing tower cranes: economic and technological feasibility. *Automation in Construction*. 1998, č. 7, s. 285-298.
- [20] LEE, K. U.; KANG, K. I.; KIM, G. H.; CHO, H. H. Improving Tower Crane Productivity Using Wireless Technology. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. 2006, č. 21, s. 594-604
- [21] PARK, S. Y.; LEE, J. S.; CHOI, J. Y.; PARK, B. H. Automatic current control of magnet cranes for steel plate yard automatik. *Control Engineering Practice*. 1998, č. 6, s. 1193-1208
- [22] Regulátor. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001. [cit. 2012-04-30]. Dostupné na: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Regulátor_\(automatizace\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Regulátor_(automatizace))>
- [23] ZPA Nová Paka, a.s., *Univerzální PID regulátor*. [online]. 2012 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://www.zpanp.cz/univerzalni-pid-regulator-42.html>>
- [24] TURCK s.r.o., *Lineární senzory*. [online]. [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://www.turck.cz/689.htm>>
- [25] Technika a trh. *Aktivní stabilizace břemene iCM*. [online]. 2009, srpen. [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://www.technikaatrh.cz/aktuality/aktivni-stabilizace-bremene-icm>>

- [26] Technika a trh. *Průmyslová automatizace*. [online]. 2009, září. [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://www.technikaatrh.cz/aktuality/prumyslova-automatizace>>
- [27] Elektroprof.cz. *Portálový jeřáb samostatně optimalizuje těžbu materiálu*. [online]. 2008 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://elektroprof.cz/?portalovy-jerab-samostatne-optimalizuje-tezbu-materialu,135>>
- [28] Demag Cranes & Components GmbH. *Sypký materiál*. [online]. 2012 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: http://www.demagcranes.cz/Produkte/Branchenloesungen/von_S_-_Z/Schuettgut/index.jsp
- [29] Siemens AG. [online]. 1996-2012 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://www.siemens.com/entry/cc/en/>>
- [30] Industrial Systems Group. *Siemens Components*. [online]. 2008 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://www.isgautomation.com/siemens-simatic-s7-400-plc-6es7.html>>
- [31] Indus Elec-Intro.com. *CPU 414-4H*. [online]. 2004-2009 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://www.elec-intro.com/CPU-414-4H>>
- [32] Classic Automation LLC. *Automation Products*. [online]. 2012 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://www.classicautomation.com/catalog/productdetail.aspx?partnum=6ES7626-2AG01-0AE3>>
- [33] ABB. [online]. 2012 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://www.abb.com/>>
- [34] Crane Motion Control. *ASTAT*. [online]. 2012 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <[http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/9b5ed59aafc24868c1256ebc00431eba/\\$file/catalogue%20astat.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/9b5ed59aafc24868c1256ebc00431eba/$file/catalogue%20astat.pdf)>
- [35] Drives for heavy duty cranes. *MoCon Robust*. [online]. 2012 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <[http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/5de17982a8ac61e0c12578b5006c17c6/\\$file/mocon%20robust%20catalog%20ast003458d0107%20rev-.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/5de17982a8ac61e0c12578b5006c17c6/$file/mocon%20robust%20catalog%20ast003458d0107%20rev-.pdf)>
- [36] *Gottwald Port Technology GmbH*. [online]. [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://www.gottwald.com/gottwald/site/gottwald/en/start/index.jsp>>
- [37] ASC Automated Stacking Cranes. *Significantly Increasing Productivity*. [online]. [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <http://pdf.nauticexpo.com/pdf/gottwald-port-technology/automated-stacking-cranes/30439-8679-_2.html>

- [38] Konecranes. *O nás*. [online]. 2011 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <http://www.konecranes.cz/portal/ces/o_n_s/>
- [39] Konecranes. *Automatizace & softwarové produkty*. [online]. 2011 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <http://www.konecranes.cz/portal/ces/za__zen_/procesn__je__by/automatizace__softwarov__produkty/>
- [40] SCS Servis s.r.o.; *Kdo jsme*. [online]. 2005 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://www.scs-servis.cz/kdo-jsme.php>>
- [41] SCS Servis s.r.o.; *Mostové jeřáby*. [online]. 2005 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://www.scs-servis.cz/mostove-jeraby.php>>
- [42] Temex. *O nás*. [online]. 2012 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://www.temex.cz/clanky/o-nas/slovo-reditele.html>>
- [43] Temex. *Zařízení na omezení přičení a příčivých účinků při excentrickém brzdění pojezdu jeřábu*. [online]. 2012 [cit. 11. Května 2012]. Dostupné na: <<http://www.temex.cz/katalog-obrazku/produkt-97/1028-omezeni-priceni-jerabu.pdf>>