

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKE V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

UČENÍ
TECHNICKE
V BRNĚ



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

ELEKTRONICKÉ SYSTÉMY POUŽÍVANÉ V JEŘÁBECH

ELECTRONIC SYSTEMS USED IN CRANES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUBOMÍR PRUŠA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. MARTIN KUBÍN

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Akademický rok: 2009/2010



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Lubomír Pruša

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

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

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:

Elektronické systémy používané v jeřábech

v anglickém jazyce:

Electronic systems use in cranes

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešeršní studie v současnosti používaných elektronických systému v jeřábech.

Cíle bakalářské práce:

Proveďte rešeršní studii v dnešní době používaných elektronických systému v jeřábech. Rozdělte tyto systémy podle několika hlavních vlastností.

Vypracujte:

- studii elektronických systémů jeřábu
- dále dle pokynu vedoucího BP

Seznam odborné literatury:

[1] MYNÁR, B., KAŠPÁREK, J.: Dopravní a manipulační zařízení, Brno, Skriptum pro bakalářské studium

[2] REMTA, F., KUPKA, L.: Jeřáby, I.-III. díl, SNTL, Praha 1961

- internetové zdroje



Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Kubín

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

V Brně, dne 20.11.2009

L.S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Práce vypracovaná v rámci bakalářského studia předkládá rešeršní studii v dnešní době používaných elektronických systémů v jeřábech. Rozděluje tyto systémy podle užití do několika hlavních skupin.

Klíčová slova

jeřáb, elektronický systém

Abstract

This work developed in terms of baccaluate study is presenting background research study at the present time used electronic system in the cranes. Divide these systems after used in several evens series.

Keywords

crane, electronic system

Bibliografická citace

PRUŠA, L. *Elektronické systémy používané v jeřábech*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 31 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Kubín.





VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma elektronické systémy používané v jeřábech vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Kubína s použitím odborné literatury, a uvedl jsem všechny zdroje a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Brně dne

.....

Lubomír Pruša



VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

Poděkování

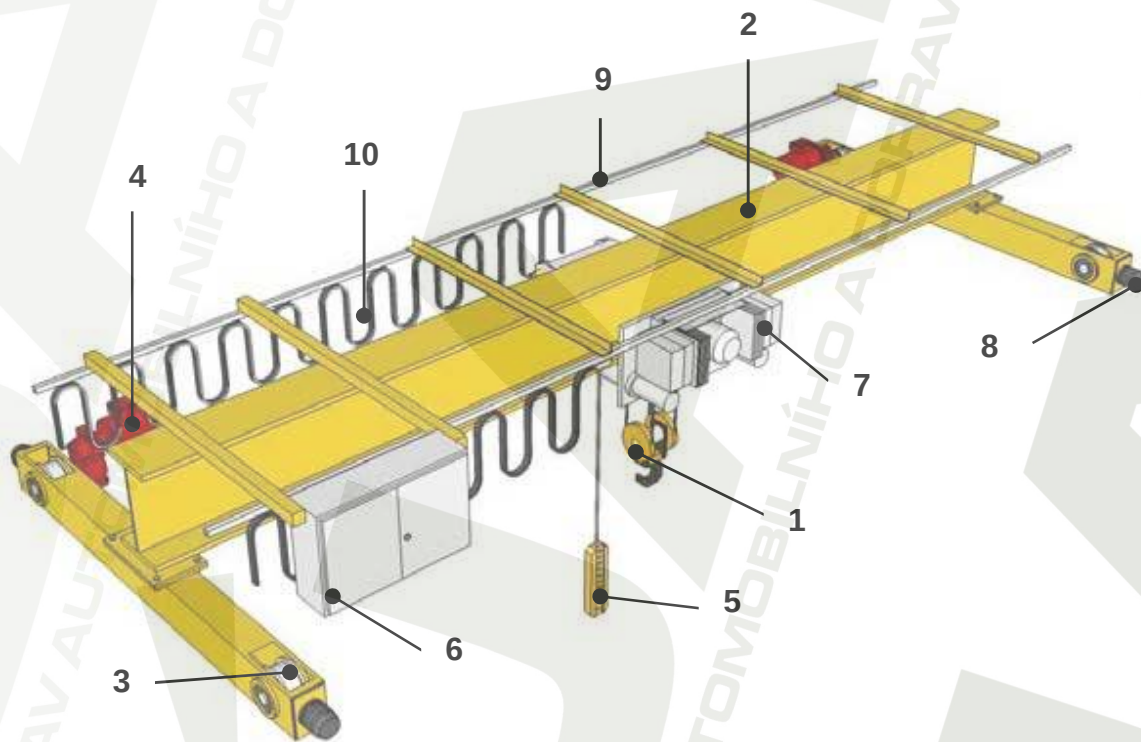
Za účinnou podporu a obětavou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování bakalářské práce tímto děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinu Kubínovi. Dále chci poděkovat své rodině a přítelkyni za podporu při studiu na vysoké škole.

Obsah

Obsah.....	8
Úvod.....	9
1 Vedení energie a dat.....	10
1.1 Kabelová vedení.....	10
1.1.1 Trolejová vedení.....	10
1.1.2 Energetické řetězy.....	11
1.1.3 Kabelové vozíky.....	11
1.1.4 Kabelové bubny.....	12
1.1.5 Kroužkové sběrače.....	13
1.2 Bezdrátové přenosy.....	14
2 Pohony.....	14
2.1 Pojezdový systém.....	14
2.2 Jeřábová kočka.....	15
2.3 Elektrohydraulický odbrzdovač.....	16
2.4 Frekvenční měniče.....	16
3 Ovládání jeřábů.....	17
3.1 Ovládání z kabiny.....	18
3.2 Závěsný ovládací panel.....	18
3.3 Bezdrátové ovládání.....	19
4 Řízení jeřábové techniky.....	20
4.1 Kontrolní systém jeřábu.....	20
4.2 Systém stabilizace břemen proti kývání.....	21
4.3 Systém vysouvání výložníku.....	22
5 Bezpečnost při práci s jeřáby.....	22
5.1 Antikolizní systém.....	22
5.2 Systém ochrany jeřábu proti přetížení.....	24
5.3 Ochranný systém jeřábu.....	25
5.4 Indikátor přítomnosti vysokého napětí.....	26
6 Automatizace provozů.....	26
6.1 Systémy automatizace jeřábů.....	26
7 Přídavné systémy.....	28
7.1 Magnety.....	28
7.1.1 Magnety napájené kabelem ze sítě.....	28
7.1.2 Magnety napájené z baterie.....	29
7.2 Váhy.....	29
8 Závěr.....	30
Seznam obrázků, použitých zdrojů a příloh.....	31

1 Úvod

Doprava a manipulace s látkami, materiálem, obrobky i hotovými výrobky vždy byla a je důležitým prvkem fungování různých odvětví průmyslu a významnou složkou výrobních procesů v závodech, na stavbách, v překladištích a na řadě dalších míst. Stroje na dopravu látek se dají rozdělit na stroje přepravující látky plynné (ventilátory, kompresory, dmýchadla, vývěvy), látky kapalné (objemová čerpadla, odstředivá čerpadla, proudová čerpadla) a látky pevné (navíjedla, zdviháky, visuté kočky, kladkostroje, výtahy, dopravníky, jeřáby). Poslední jmenované - jeřáby jsou dopravní zařízení sloužící ke zdvihání, spouštění a dopravování břemen na požadovaná místa a vzdálenosti. Těchto úkonů dosahují otáčením, nakláněním nebo poježděním. Jeřáby jsou tedy zařízení, která se pohybují, a k jejichž pohybu je potřeba tím více elektronických prvků, čím složitější a náročnější jsou provozy, ve kterých pracují. Mezi základní systémy nutné k provozu každého jeřábu patří přísun elektrické energie, pohony a ovládání těchto částí. Mezi další zařízení, na které se v poslední době klade velký důraz, jsou bezpečnostní a automatizační systémy. V neposlední řadě nesmíme zapomenout na přídatné prvky, které jsou specifické pro odvětví, v kterém pracují. Tato rešeršní studie se proto zaměřuje na všechny možné elektronické systémy používané v jeřábech.



Obr.1 - Schéma jeřábu [1]

- 1 - Jeřábová kočka, 2 - Jeřábový nosník, 3 - Pojezdové ústrojí, 4 - Pohon pojezdu,
- 5 - Závěsný ovladač nebo rádiové dálkové ovládání, 6 - Elektrické vybavení jeřábu,
- 7 - Vybavení kladkostroje - koncový vypínač zdvihu, omezovač nosnosti, 8 - Dorazy,
- 9 - Profily pro kabelovou vlečku, 10 - Kabelová vlečka (shrnovačky)

1 Vedení energie a dat

1.1 Kabelová vedení

Nejčastějším a nepoužívanějším médiem pro vedení energie a dat jsou kabely a kabelová vedení. Podle způsobu užití existují tato vedení pro pevné uložení nebo pro pohyblivé přívody. Jednotlivé vodiče mohou být přímé nebo spirálově vinuté. Existují kabely pro vysoké teploty se silikonovou izolací, kabely nehořlavé, které si uchovávají funkčnost po určitou dobu i v ohni a datové kabely, které jsou často stíněné, aby odolaly rušení. Základním materiálem elektrických kabelů je elektrovodná měď, u kabelů pro velké proudy hliník. Běžným materiálem pro výrobu izolace je měkčené PVC. Mezi specifické provedení kabelového vedení patří vedení pomocí trolejí. Výhodou tohoto systému je kvalita a stabilita přenosu.

1.1.1 Trolejová vedení

Trolejová vedení slouží k přenosu energie a dat. Tento systém je velice bezpečný a spolehlivý, umožňuje realizovat specifická řešení podle druhu aplikace. Univerzální systém je určený pro provoz ve vnitřním i vnějším prostředí. Přenáší proudové zatížení od 10 A do 2000 A. K přenosu dat se používají datové troleje ze zvláštní legované slitiny pro zajištění bezchybného a bezztrátového přenosu dat i za obtížných podmínek. Trolejová vedení lze přizpůsobit jakémukoliv požadovanému počtu pólů a různým montážním polohám. Jejich montáž je jednoduchá a rychlá i při složitějších aplikacích. Troleje se vyznačují robustní konstrukcí a jsou vhodné pro použití v náročných podmínkách, např. u licích jeřábů používaných v metalurgii. Kvalitní spojovací prvky zaručují bezpečný a trvalý přenos proudu. Zajišťují tak bezporuchový provoz napájení jeřábu. Použité sběrače proudu jsou výkyvné v různých směrech a tím vyrovnávají montážní tolerance a odchylky pojezdové dráhy od osy trolejí. Tak je zajištěn spolehlivý a stabilní přenos energie a dat a minimalizováno opotřebení uhlíků. Je možno realizovat vysokou pojezdovou rychlost. Používají se např. u jeřábů v automatickém provozu.



Obr.2 - Uzavřená kompaktní a jednopolová skládací trolej [2]

1.1.2 Energetické řetězy

Použití energetických řetězů je výhodné všude tam, kde potřebujeme přenášet energii, data, řídicí signály nebo jiná média pomocí většího počtu kabelů či hadic různých typů a velikostí. Energetické řetězy se nejčastěji používají na speciální jeřáby. Energetický řetěz lze použít pro přenos energie či dat při vyšších pojezdových rychlostech. S řetězy lze realizovat horizontální, vertikální i rotační pohyby. Geometrie řetězu je vždy optimalizována s ohledem na potřebnou délku celého pohyblivého přívodu. Řetězy jsou plastové, ocelové nebo kombinace těchto materiálů. Jsou vhodné do jakéhokoliv prostředí. Realizují se s vysoce ořezuvzdornými kluznými botkami pro pojezdové dráhy do 240 m. Nevýhodou energetických řetězů jsou větší zástavbové rozměry. V případě použití tohoto systému je proto nutné počítat s prostorem pro složení, a také se zaoblením řetězu při pohybu. Nevýhodou tohoto systému je, že kabely umístěné v řetězu jsou namáhány krutem a dochází tak k přerušení kabelu.



Obr.3 - Plastový, ocelový a kombinovaný řetěz [2]

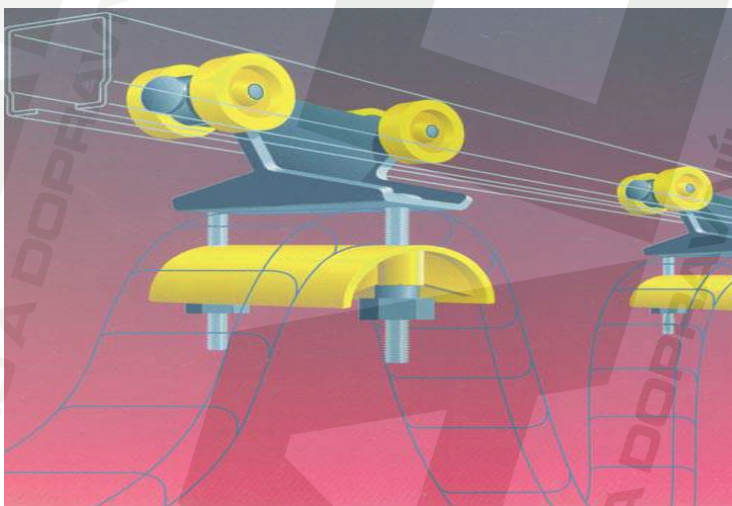
1.1.3 Kabelové vozíky

Rozdělují se na malé a velké kabelové vozíky. Široký sortiment těchto vozíků umožňuje skládat dráhy stavebnicovým systémem. Lze je realizovat pro přímé, kruhové a obloukové dráhy. Podle přání zákazníků se vyrábějí v nerezovém, kyselinám odolném nebo nevýbušném provedení.



Obr.4 - Pojezd po lanku, v C-profilu a po I-profilu [2]

Malé kabelové vozíky mají omezenou rychlost pojezdu do 100 m/min. Jsou vhodné pro použití plochých i kruhových kabelů nebo hadic. Paleta kabelových vozíků obsahuje vozíky s pojezdem po lanku, v různých C-profilech, po čtyřhranných profilech a různých velikostech I-profilů. Kabelovou vlečku lze individuálně přizpůsobit dané konkrétní aplikaci. Jedná se o mnohostranně použitelný přívod energie pro přímé, kruhové a obloukové dráhy. Velké kabelové vozíky se používají pro systémy s vysokou rychlostí do 200 m/min a velkým zatížením smyček do 1000 kg. Pro rychlosti pojezdu nad 200 m/min jsou dodávány s frekvenčně řízenými pohony. Aplikují se na jeřáby s vysokým zatížením jako např. drapákové jeřáby, stohovací kontejnerové jeřáby, poloautomatické mostové jeřáby a posuvné plošiny. Tyto systémy lze použít např. i pro kompostovací zařízení, sila, skládkové stroje apod. Kabelové vlečky se dodávají v předmontovaném stavu. Většina velkých vozíků je poháněna a vyznačuje se nízkou hlučností. V případě použití kabelových vozíků je nutné počítat s většími rozměry konstrukce, ale také s tím, že jeřábová dráha musí být umístěna v dostatečné výšce, aby při provozu nedošlo ke kontaktu s volnými kabely.



Obr.5 - Velký kabelový vozík [2]

1.1.4 Kabelové bubny

Použitím kabelových bubnů lze optimálně řešit úlohy v oblasti zdvihací a dopravní techniky. Robustní konstrukce zaručuje spolehlivost i v náročném provozu. Buben je dvojitě uložen v kuličkových ložiscích vybavených stálou tukovou náplní. Kroužkový sběrač se nachází v prostoru odděleném od pružin. Ty jsou navíc uloženy v ochranné kazetě, a proto je lze vyměnit bez nebezpečí úrazu. Rozdělují se na pružinové a motorové. Bubny se používají v konstrukcích s kratšími vzdálenostmi.

Pružinové bubny mají navíjecí průměr od 150 mm do 500 mm. Maximální navíjená délka je 50 m a maximální rychlost je 50 m/min. Jsou osazeny kvalitními pružinami a je také snaha vyrábět konstrukci v co nejlehčím provedení.

Motorové kabelové bubny mají kompaktní konstrukci s malými prostorovými nároky. Jsou nenáročné na údržbu. Navíjená délka je do 500 m s maximální pojzdovou rychlostí do 200 m/min. Motorové bubny disponují pohony s frekvenčními měniči, aby bylo možné dosáhnout co nejdelších pojezdů a co největších rychlostí. Bubnové navijáky se vyrábí v různých typových variantách dimenzovaných pro různá použití. Navíjecí průměr bubnu je s ohledem na konstrukci od 0,25 do 8 m.

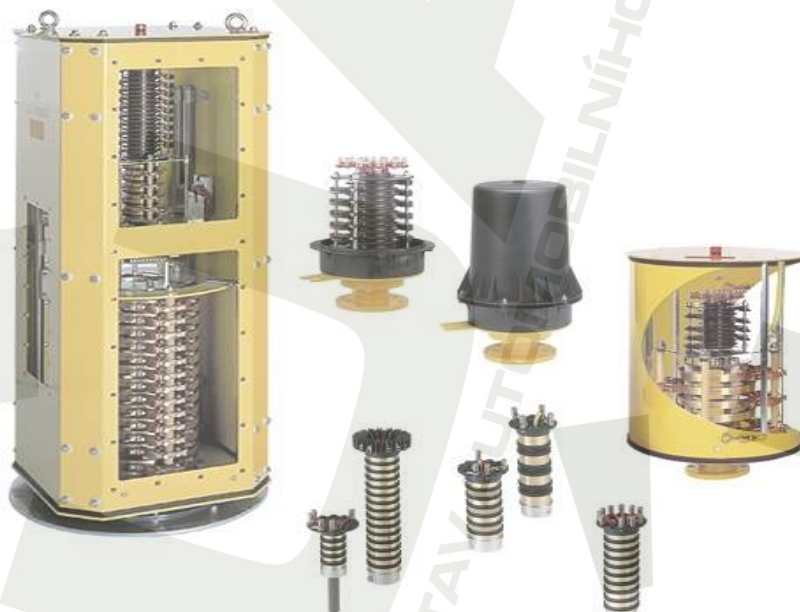
Bubny jsou tedy vhodné pro jeřáby do menších hal, na všechny sloupové a nástěnné jeřáby.



Obr.6 - Motorový a pružinový bubek [2]

1.1.5 Kroužkové sběrače

Kroužkové sběrače se používají jako přívod proudu pro rotující spotřebiče nejrůznějšího druhu. Uplatňují se například v otočích jeřábů a kabelových bubnů. Propracované systémy rotačních převodníků, se kterými můžeme optimálně řešit různé specifické požadavky, jsou určeny pro přenos dat, elektrické energie, kapalin i plynů. Lze realizovat přenos proudu až do 1200 A a napětí do 24 kV. Vyrábí se kroužkové sběrače s kroužky o průměru od 30 do 360 mm. Lze realizovat sestavení až 100 pólů. Kroužkové sběrače se vyrábí jako otevřené vestavné kroužkové sběrače nebo sběrače zakrytované pouzdrem z plastu nebo z plechu. Zakrytované kroužkové sběrače s plastovým krytem mají stupeň krytí IP 65 a s krytem z plechu stupeň krytí IP 54. Kroužkové sběrače také realizují přenos analogových signálů od 0 do 20 mA nebo od 0 do 10 V, a také přenos digitálních signálů s přenosovou rychlostí max. do 500 kB je standardní a provozně osvědčený. U přenosové rychlosti nad 500 kB a datových přenosech videosignálu se používají speciální kroužkové sběrače s vysoce kvalitními materiály.



Obr.7 - Typy kroužkových sběračů [3]

1.2 Bezdrátové přenosy

Bezdrátové přenosy energie a dat jsou u jeřábů velice omezené. Všechny systémy na jeřábech potřebují přívod energie, který lze momentálně realizovat pouze velice složitou cestou elektromagnetické indukce. Bez problémů lze bezdrátově přenášet data. Proto je možné jeřáby ovládat dálkově. Nevýhodou těchto systémů však je, že i tak je zapotřebí zdroj energie v podobě baterií. Je také zapotřebí ke každému vysílači umístit na jeřáb přijímač. Novinkou posledních let je indukční přenos energie. Takovýto přenos otevírá nové možnosti v oblasti napájení pohyblivých spotřebičů. Indukční přenos je prvním bezdotykovým přenosem energie, který je schopen přenášet výkony potřebné v různých odvětvích průmyslu. Tento způsob přenosu energie zásadním způsobem mění pohled na napájení pohyblivých spotřebičů elektrickou energií. Využitím a dalším vývojem známého principu elektromagnetické indukce firma Wampfler dosáhla skutečného průlomu v oblasti systémů přívodu energie. U jeřábů je však tento způsob přenosu energie teprve ve vývoji.

2 Pohony

2.1 Pojezdový systém

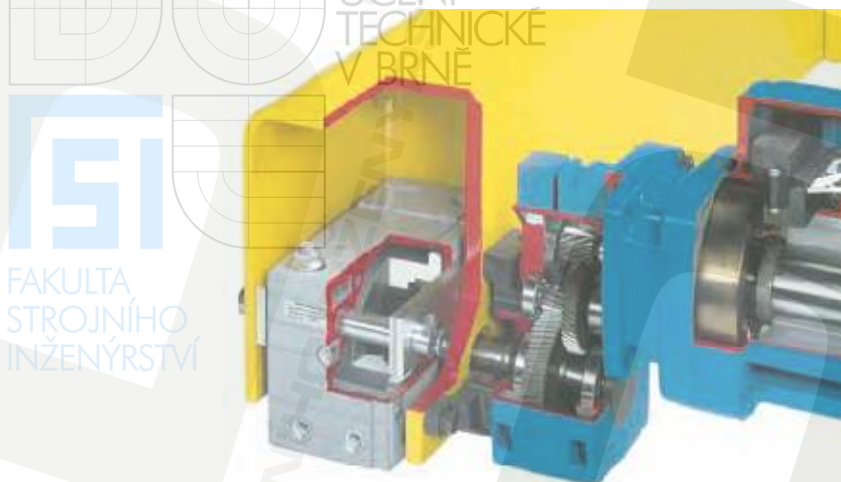
Kompaktní pojezdové systémy jsou umístěny na příčníky s možností přímého připojení na nosnou konstrukci jeřábu. Pojezd tvoří skříňový nosník, hnaný kolový blok s připojenou převodovkou a motor. Kvalitní nosník pojezdu se vyznačuje dobrými pojezdovými vlastnostmi i při vysokém zatížení. Motory řízené frekvenčními měniči zajišťují plynulý rozjezd i dojezd. Takto navržené blokové konstrukce umožňují snadnou montáž i přístupnost v případě poruchy.



Obr.8 - Kompaktní blok pojezdu [6]

Pojezdové mechanismy se skládají z motoru, převodovky a skříně, ve které je uloženo kolo. Pro plynulý a bezúdržbový provoz bývají kola vyráběna z kvalitních materiálů dle robustnosti konstrukce a přání zákazníků. Celý mechanismus bývá osazen valivými ložisky a konstrukce se navrhuje tak, aby byla vzdálenost mezi ložisky co největší pro zachycení horizontálních sil. Mezi motor a pojezdové kolo bývá zpravidla umístěna převodovka. Ta může být s čelním ozubením, úhlová nebo plochá. Rozsah převodových poměrů je velký. Jsou vyráběny ve dvoustupňovém základním a třístupňovém provedení. Celý systém je poháněn elektromotorem. Zákazníci si mohou vybrat z široké nabídky motorů – od "nebrzděných" motorů až po brzdové motory s kuželovým rotorem. U brzdových motorů s válcovým rotorem

si lze vybrat z různě silných brzdových pružin a různě velkých brzd, které lze dimenzovat s jemně odstupňovanými brzdnými momenty.



Obr.9 - Řez pojezdovým mechanismem [6]

2.2 Jeřábová kočka

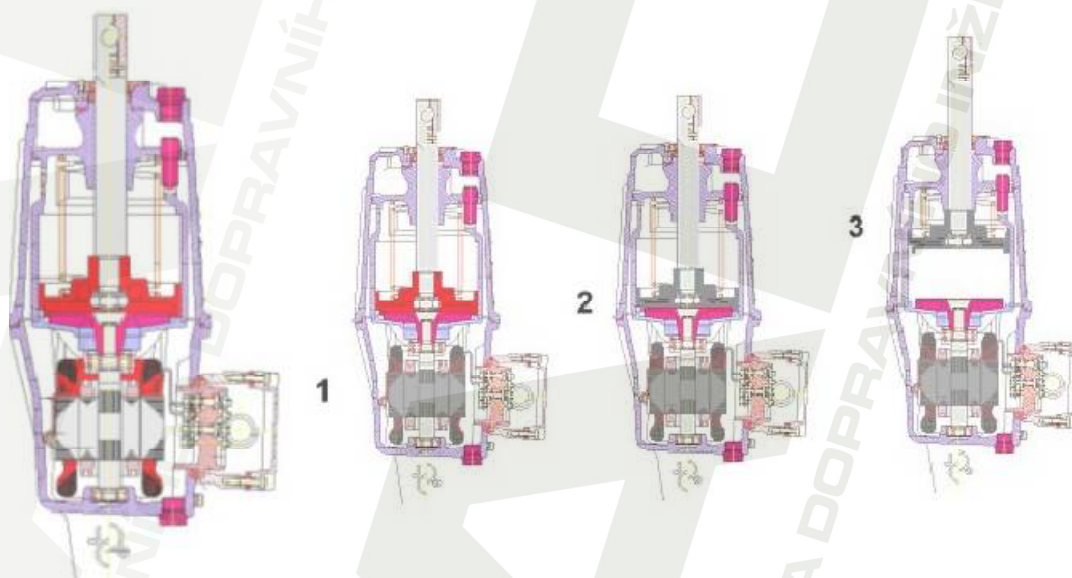
Nejdůležitější vlastností jeřábové kočky je absolutní pohotovost k okamžitému použití. Aby ji bylo možno zaručit i v náročné každodenní praxi, klade se při výrobě jeřábových systémů důraz na vysoký standard jakosti. Elektrické kladkostroje se vyrábí podle nejmodernějších metod, aby vykazovaly vynikající spolehlivost, bezpečnost a životnost a to od motoru až po lano, od převodu až k brzdě, od elektroinstalace po elektroniku. Tyto kladkostroje se vyrábí jako celek podle přání a požadavků zákazníka. Dále již není nutné kladkostroj jakkoliv upravovat, pouze se připojí k síti elektrické energie a k ovládání. Existují různé typy kladkostrojů v závislosti na požadované hmotnosti břemene, rychlosti kladkostroje a dalších parametrech.



Obr.10 – Elektrický kladkostroj [2]

2.3 Elektrohydraulický odbrzdovač

Většinu pojezdových a zdvihových mechanismů jeřábových pohonů je nutno v okamžiku požadovaného uvedení zařízení do klidu, ale i v okamžiku jeho nečinnosti brzdit. V současné době jsou známy mnohé principy a konstrukční varianty stavících a spouštěcích brzd. Stavící brzdy jsou při pracovním chodu zařízení v nečinnosti a v okamžiku omezení napájecího proudu do poháněcího elektromotoru jsou brzdy aktivovány. Ve většině případů jsou aktivovány prostřednictvím elektromagnetických nebo elektrohydraulických odbrzdovačů, pokud nejsou pohony osazeny frekvenčními měniči. Elektrohydraulické odbrzdovače jsou běžně známy pod obchodním názvem ELDRO nebo ELHY.



Obr.11 - Elektrohydraulický odbrzdovač [4]

Další výhodou elektrohydraulického odbrzdovače je měkký a tichý rozběh pístu, jakož i jeho doběh do základní polohy. Poměr záběrového proudu motoru k proudu jmenovitému je příznivější než u elektromagnetů, a tudíž nemůže dojít k přetížení motoru. Přístroj ELHY je vhodnou náhradou brzdového elektromagnetu tam, kde je jeho čerpadlový motor připojen paralelně ke statoru hlavního motoru. Odbrzdovače ELHY se konstruují s indukčními motory pro běžná napětí 230, 400 a 500 V.

2.4 Frekvenční měniče

Frekvenční měnič je inteligentní motorový spouštěč, který umožňuje plynule rozbíhat a regulovat rychlost pojezdu mostu, kočky resp. zdvihu. Podstatně vylepšuje momentovou charakteristiku a snižuje záběrový rozběhový proud. Je možné přímo nastavit optimální parametry rychlostí jeřábu. Regulátor se programuje velmi jednoduše pomocí tlačítek a displeje. Ovládá se přes digitální vstupy z ovladače, nebo dálkového ovládaní. Frekvenční měnič umožňuje vícerychlostní režim a nastavení brzdění.

Volba frekvenčního měniče:

$$P_r = k \times P_m$$

kde: P_r je výkon měniče [kW]

k je odporový koeficient ~ 1,3 [kW]

P_m je celkový součet výkonů motorů regulovaných z daného měniče [kW].



Obr.12 - Typy frekvenčních měničů [6]

Pro účely regulace otáček jeřábových pohonů jsou přímo určeny vektorové frekvenční měniče s přímým řízením momentu. Frekvenční měniče v této konfiguraci fungují jako autonomní systém řízení jeřábového pohonu. To znamená, že kromě standardních funkcí řízení rychlosti zajišťují také logické vazby vstupů, ovládání brzdy a kontrolují stav pohonu. Výhodou frekvenčních měničů u jeřábových pohonů jsou velké úspory nejen elektrické energie, ale i úspory z hlediska opotřebení mechanické části pohonu - převodovky, brzdy i jeřábu jako celku. Je možná plynulá regulace otáček od nulových až do maximálních bez redukce momentu motoru. Lze také aplikovat měniče na jeřáby s původními kroužkovými motory, nebo s motory s výsuvnou kotvou. Vnitřní řídicí logika a software frekvenčních měničů jsou navrženy tak, aby bylo možno použít frekvenční měniče k řízení zdvihu i bez použití zpětnovazebního snímače otáček. Zde použité vektorové řízení zajišťuje maximální záběrový moment při optimálním točivém magnetickém poli motoru. Integrované proudové řízení činné při nižších frekvencích zaručuje udržení maximální zátěže i při nulových otáčkách motoru. Speciální jeřábový software umožňuje optimální ovládání brzdy. Vnitřní bezpečnostní logika dává brzdě pohonu zdvihu povel „volno“ až tehdy, pokud je zaručeno, že jak frekvenční měnič, tak i připojený motor jsou bez poruchy. Při jakékoliv poruše pohonu dojde okamžitě ke „spadnutí“ brzdy.

3 Ovládání jeřábů

Jakýkoliv stroj je technické zařízení, které přeměňuje jeden druh energie nebo síly v jiný - ať už kvalitativně nebo kvantitativně. Aby tyto přeměny neprobíhaly náhodně a ledabyle, je nutné tato technická zařízení řídit a ovládat. Nejinak tomu je i u jeřábů. Ovládáním těchto

strojů rozhodujeme nejen o jejich pohybech, ale také o bezpečnosti celého provozu. Mezi základní způsoby ovládání jeřábů patří ovládání z kabiny závěsným ovládacím panelem a dálkové ovládání.

3.1 Ovládání z kabiny

Většina mobilních, věžových, ale také mostových jeřábů je ovládána z kabiny. Kabina bývá umístěna tak, aby z ní měl jeřábník patřičný výhled na celý obslužný prostor. Jelikož v mnoha případech stráví jeřábník v kabině celou směnu, snaží se všichni výrobci přizpůsobit kabiny tak, aby v ní jeřábníci měli náležité pohodlí a nic je nevyrušovalo v jejich činnosti. Kabiny jeřábů jsou standardně vybavovány mnoha typy jeřábových křesel s ovladači v závislosti na funkcích a systémech jeřábů. Mnoho nových moderních jeřábů je již vybaveno palubním počítačem, který usnadňuje řízení jeřábu, ale také bezpečnou manipulaci s břemeny. V případě, že chceme předměty, například pomocí věžového jeřábu umístit přesněji, je nutné další obsluhy, která informuje jeřábníka a zpřesňuje mu informace o poloze. Nevýhodou tedy je nepřímý kontakt jeřábníka s ukládaným materiálem.



Obr.13 - Pohled do kabiny jeřábu [5]

3.2 Závěsné ovládací panely

Závěsné ovladače jsou ručně ovládané spínače pro stykačové ovládání strojů. Slouží především k ovládání zdvihacích a dopravních zařízení ze země. Výhodou těchto snímačů je pohodlné uchopení ovladače a přesné řízení přepravovaného materiálu z bezprostřední blízkosti. Panely bývají osazeny LCD displeji pro indikaci zatížení. Na ovladači je umístěno bezpečnostní tlačítko pro okamžité zastavení jeřábu. Obsluha má náležitý přehled nad tím, co se děje s materiálem, a je možné jej i přesněji umístit. Nevýhodou tohoto systému však je, že je obsluha limitována délkou kabelu, na kterém je ovladač zavěšen.



Obr.14 - Závěsný ovládací panel [6]

3.3 Bezdrátové ovládání

Dálkové ovládání jeřábů plní více funkcí současně: Umožňuje vážení, chrání proti přetížení jeřábu, sleduje a ukládá do paměti provoz. Dokáže též identifikovat obsluhu – kdo, kdy a jak s dálkovým ovládáním pracoval. Funkce "černá schránka" trvale ukládá do paměti údaje o přetížení, poloze, teplotě aj. včetně data a času. Odolná klávesnice s displejem umožňuje i složité ovládání. Pro přenos povelů je použita technologie v pásmu 1.9 GHz s vysokým stupněm zabezpečení a šifrování. I tak je však nutné zajistit, aby místo nebylo rušeno jinými zdroji. Není nutné přepínání frekvencí, a tak mohou v jednom místě současně pracovat desítky dálkových ovládacích panelů. Je možné vzájemné předávání řízení mezi více ovladači, práce v tandemu, pro jedno i dvouzdvihové mostové či mobilní jeřáby. Výstupy z přijímače jsou reléové i analogové pro přímé řízení měničů či proporcionální hydrauliky. Všechny údaje o činnosti jsou přehledně zobrazovány na displeji vestavěném v ovladači. Obsluha ovladače může přímo ovládat měniče pojezdů či zdvihu jeřábu. V závislosti na velikosti zatížení břemenem jsou pohonné jednotky řízeny tak, aby rozjezdy motorů byly plynulé. Tak je zachována rychlost provozu jeřábu a namáhání všech částí i jeřábové dráhy je sníženo. Nevýhodou dálkových ovladačů je, že i tak musí mít zdroj elektrické energie v podobě baterií. Proto je nutné je pravidelně nabíjet, protože při jejich vybití, řídicí signál slábne.



Obr.15 - Vysílač a přijímač [7]

Přenos údajů:

Přijímač a ovladač spolu udržují nepřetržité rádiové obousměrné spojení, což umožňuje obousměrný přenos údajů. Proto je ovladač vybaven LCD displejem, na kterém jsou zobrazovány údaje o váze, procentech zatížení, stavu baterie, o údržbě, provozním stavu, přetížení a mnoho dalších důležitých údajů. Všechny výše uvedené informace lze velmi snadno přehledně zpracovat na libovolném PC.

4 Řízení jeřábové techniky

4.1 Kontrolní systém jeřábu

Electronic Crane Operating System – **ECOS** - elektronický kontrolní systém všech funkcí jeřábu. Systém sleduje pomocí čidel všechna nastavení a aktuální hodnoty jeřábu a podle pokynu operátora provádí příslušné pohyby. Systém ECOS vyhodnocuje stav všech prvků jeřábu a pomocí kódových a obrazových hlášení informuje na ovládací obrazovce obsluhu. ECOS tvoří 3 - 5 zcela identických výpočetních jednotek, které jsou plně změnitelné. V případě nefunkčnosti jedné z nich může být provedena náhrada jednotkou, která aktuálně není pro činnost jeřábu využívána, například jednotka z podvozku při poruše jednotky jeřábování. ECOS především ovládá a kontroluje automatický a poloautomatický modul vysouvání výložníku, klopení výložníku a naklápění nástavce, pohyb háku a otoče, nasazení protiváhy, chod motorů, kontroluje tlaky a teploty ve všech systémech a měří časy používání jednotlivých funkcí jeřábu. Informuje obsluhu o poruchách systémů pomocí chybových kódů a grafických značek. U posledních modelů jeřábů ECOS dále kontroluje činnost převodovky, odpružení a řízení zadních náprav.



Obr.16 - Řídicí systém [8]

4.2 Systém stabilizace břemen proti kývání

Technologickou špičkou v oblasti provozu jeřábů je systém inteligentní manipulace s břemeny a jejich stabilizace proti kývání. Jedná se o elektronický systém sledující vektor zrychlení s následnou predikcí pohybu břemene v obou možných osách jeho pohybu. Při výchylce břemene kterýmkoliv směrem systém automaticky tuto výchylku co nejrychleji eliminuje. Systém se skládá ze speciálního senzoru, který přesně snímá absolutní polohu břemene vůči zemi a jeho případné zrychlení. Nutná je také elektronika vyhodnocení a řízení. Signály jsou ze senzorů digitalizovány s vysokou přesností a počítačový systém vyhodnocuje přesnou polohu břemene a jeho pohyby – kývání. Následně řídí frekvenční měniče kočky a mostu tak, aby pohyby jeřábu eliminovaly kývání břemene a umožňovaly manipulaci s břemenem. Systém minimalizuje dynamické rázy a tím zvyšuje životnost konstrukce. Umožňuje maximálně využívat rychlost jeřábu při opatrné manipulaci s břemenem.

Vlastnosti:

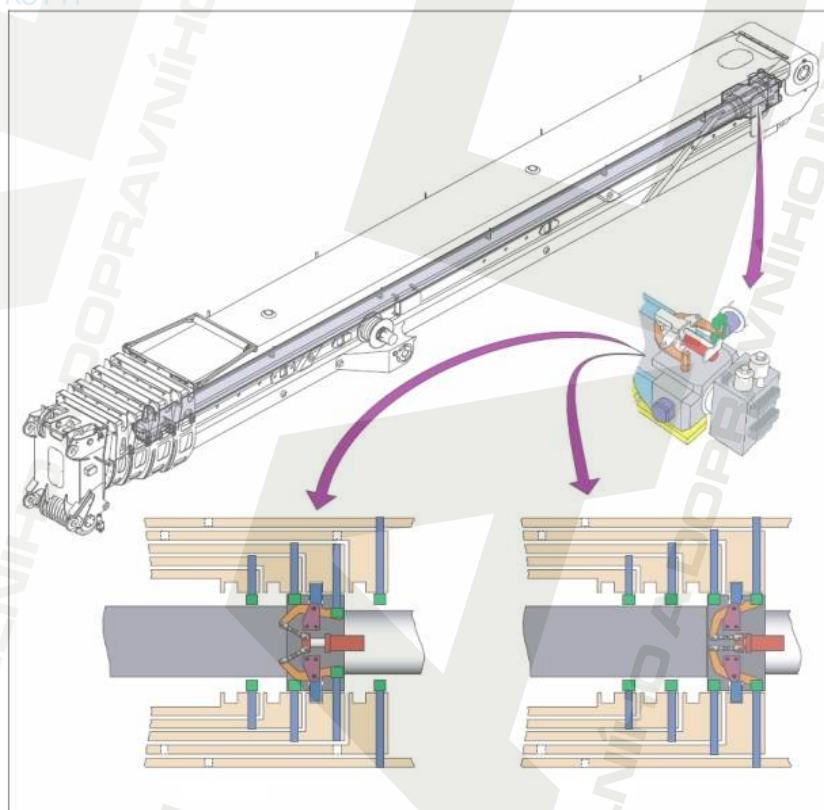
Systém snímá s dostatečnou přesností každý pohyb břemene a ovládá pohyb jeřábu tak, aby eliminoval kývání zavěšeného břemene. Není nutné sledování délky lan, na kterých visí hák. Při rozkývání břemene systém rychle utlumí kývání na minimum. V prostorech, kde z důvodů např. bezpečnosti není možné aktivní stabilizaci využít, řídící automat stabilizaci automaticky vypne. Pokud těžiště břemene není přesně ve svislé ose háku a břemeno je zvedáno, nastává tzv. šikmý tah. Jeho následkem je výkyv břemene, který může nebezpečně ohrozit okolí. Systém stabilizace zcela vylučuje šikmý tah. Při náznaku šikmého tahu změní zcela automaticky a rychle polohu kočky či mostu tak, aby hák a břemeno byly přesně ve svislé ose. A to dříve, než dojde ke zdvihu břemene. Tento způsob manipulace je umožněn tím, že počítač ovládá pohyby jeřábu tak, aby eliminoval jakékoliv výchylky 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.



Obr.17 - Systém nachází využití při přesném zakládání materiálu [9]

4.3 Systém vysouvání výložníku

Tento elektronicky ovládaný hydraulický systém zajišťuje rovnoměrné vysouvání všech dílů výložníku. Systém pracuje s jedním vnitřním válcem ve výložníku, který pomocí dvou čepů odjišťuje a zajišťuje jednotlivé díly výložníku na pozicích zadaných operátorem při volbě vysouvání. Použití pouze jednoho hydraulického válce významně snižuje jeho hmotnost a zjednodušuje konstrukci. Ušetřená hmotnost je pak použita na zesílení ramene a zvýšení jeho nosné kapacity. Zjednodušení konstrukce přináší zvýšení spolehlivosti celého systému a snížení nákladů na údržbu. Výložník je kontrolován a řízen systémem v automatickém nebo poloautomatickém režimu.



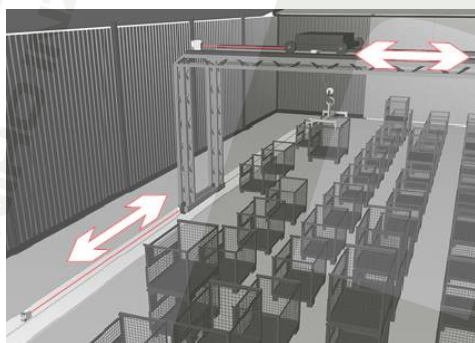
Obr.18 - Rovnoměrné vysouvání výložníku [8]

5 Bezpečnost při práci s jeřáby

5.1 Antikolizní systémy

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. V těchto případech instalujeme na oba jeřáby (nebo více jeřábů) programovatelné logické automaty vybavené laserovými snímači 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 zabráňuje srážce jeřábů na společné dráze. Software zajišťuje integrované řešení pro vývoj, konfiguraci a diagnostiku aplikací s polohováním. 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.



Obr.19 - Laserový senzor a příklad jeho použití [12]

Využití:

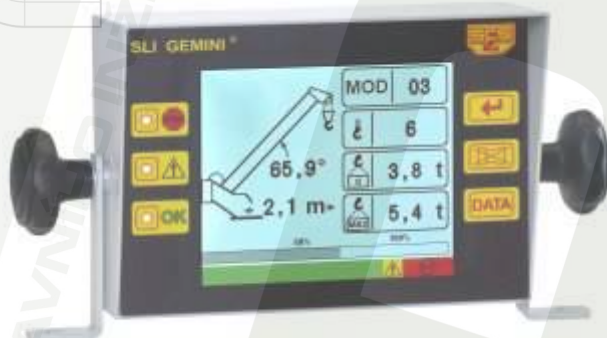
Jedná se o novou a progresivní technologii doplňující stávající ovládání jeřábu. Systém nalézá uplatnění v automatizovaných provozech, ale i tam, kde je zapotřebí zrychlit a zefektivnit manipulaci s břemeny. Využití je možné například při usazování břemen na přesné pozice, např. montážní linky nebo při manipulaci s roztavenými kovy či tekutými látkami, např. v hutních či chemických provozech. Využití nachází také při manipulaci ve skladech a halách se stísněnými prostory nebo v případě přesného zakládání např. v kontejnerových skladištích.



Obr.20 - Více jeřábů na jedné dráze [9]

5.2 Systém ochrany jeřábu proti přetížení

Zařízení ochrany proti přetížení je možné nainstalovat na všechny mobilní jeřáby v rozsahu nosností 3 až 300 tun. Systém je vhodný pro mobilní jeřáby, autojeřáby, stavební jeřáby, věžové, přístavní, železniční a další jeřáby. Modifikaci tohoto systému lze instalovat i na všechny typy stabilních jeřábů. Každý systém detailně zná geometrii jeřábu a dokáže tedy spočítat namáhání konstrukce.



Obr.21 - Konzole v kabině obsluhy je vybavena dotykovou grafickou obrazovkou [9]

Pro výložníkové jeřáby je určena kombinace palubního počítače s vestavěnou váhou a zařízením pro ochranu proti přetížení jeřábu. Zákazníci tohoto zařízení mají možnost připojit dodaný GSM modem. Servisní středisko se tak může odkudkoliv spojit se systémem a navigovat pracovníka u jeřábu při odstraňování poruchy, nastavení systému atp. Navíc systém automaticky upozorní na prošlou revizní zkoušku či opotřeбенé nebo poškozené součásti.

Standardní funkce systémů

Na monitoru se nám zobrazují informace o úhlu a délce výložníku, hmotnosti břemene na háku, výšce hlavy výložníku nad zemí a maximální možné zatížení autojeřábu při konkrétním vyložení. Lze nastavit funkce "úhlové limity". Ta umožňuje zadání horního a dolního limitu pro úhel výložníku. Při jeho překročení systém varuje obsluhu. Kromě případných chybových hlášení systém indikuje také nutnosti revizí či oprav. Zařízení může komunikovat s posádkou v libovolném jazyce. Palubní systém má také funkci "Black Box" - černou schránku - zařízení nepřetržitě sleduje datum a čas, vyložení, délku a úhel výložníku, procento zatížení stroje a polohu podpěr. Tyto údaje jsou nepřetržitě zaznamenávány v paměťovém čipu systému. Pokud dojde k jakékoliv kolizi stroje či úrazu, tyto údaje jsou k dispozici. Nelze je zpětně nijak změnit či vymazat. Systém také sleduje míru vytížení (využití) stroje. Zajímavou funkcí je indikace, za jak dlouho při momentálním vytížení jeřábu dojde palivo - obdoba údaje z palubních počítačů v osobních vozech. Systém je připraven na proporcionální řízení hydrauliky jeřábu. V závislosti na velikosti zatížení jeřábu může zařízení přímo ovlivňovat rychlost a plynulost pohybů stroje, zejména výložníku, zdvihu a otáčení nástavby u hydraulických jeřábů. Také informuje obsluhu o výšce háku nad zemí s přesností na několik cm.



Obr.22 – Využití systému u mobilních jeřábů [9]

5.3 Ochranný systém jeřábu

Tento systém je nejmodernější verze bezpečnostního zařízení na jeřábech. Na obrazovce zobrazuje aktuální podmínky prováděného zdvihu. Dle zadaných parametrů zobrazuje maximální povolené zdvihy. Upozorňuje na mezní stavy a při jejich překročení zastavuje činnost jeřábu. Zařízení spolupracuje také s jinými systémy a samo neustále provádí analýzu všech prvků, které jeřáb využívá k provedení zdvihu. Při identifikaci nestabilního stavu je nadřazeno všem systémům a zastavuje činnost celého jeřábu. Systém dále vyhodnocuje hmotnost nesené zátěže, vysunutí výložníku a jeho úhel, délku nástavce, vysunutí podpěr, rychlost větru a stav jednotlivých senzorů. Informuje obsluhu o poruchách systémů pomocí chybových kódů a zaznamenává chybové stavy a přetížení dosažené na jeřábu.



Obr.23 - Bezpečnostní modul [8]

5.4 Indikátor přítomnosti vysokého napětí

Tento indikátor je určen pro indikaci přítomnosti elektrického pole, které generuje elektrické vedení - přenosová soustava. Pokud se některá ze sond přiblíží k hranici ochranného pásma, zařízení dává akustickou a optickou výstrahu. Indikátor není určen pro trakční vedení a není jej možno využívat jako ochranný prostředek - slouží pouze pro indikaci. Vlastní indikátor sestává z plastové skříňky, ve kterém je vestavěna elektronika pro vyhodnocení údajů, a sondy pro snímání intenzity elektrického pole. Celý systém je řízen mikroprocesorem. Indikátor přítomnosti vysokého napětí nereaguje na statickou elektřinu. Je určen pro libovolné typy jeřábů či vysokozdvizných plošin s různým počtem sond. Rozsah pracovních teplot indikátoru je – 15 až + 60°C. Pro jednotlivé druhy elektrického vedení platí 5 ochranných pásem v závislosti na velikosti napětí. Tyto údaje se mohou měnit, ale podléhají platné normě České republiky ČSN EN 61243.

- | | |
|----------------------------------|------|
| 1. u napětí nad 1kV do 35 kV | 7 m |
| 2. u napětí nad 35 kV do 110 kV | 12 m |
| 3. u napětí nad 110 kV do 220 kV | 15 m |
| 4. u napětí nad 220 kV do 400 kV | 20 m |
| 5. u napětí nad 400 kV | 30 m |

Indikátory přítomnosti vysokého napětí jsou z výroby nastaveny na tato ochranná pásma a to s tolerancí lepší než cca. +15%. Šíření elektrického pole ovlivňuje mimo jiné i vzdušná vlhkost a tlak vzduchu, proto jsou indikátory vždy nastaveny "do bezpečna", takže indikují přítomnost vedení už před dosažením ochranného pásma.



Obr.24 - Indikátor vysokého napětí [9]

6 Automatizace provozů

Automatizace znamená především úsporu finančních prostředků, času a pracovních sil. Mostové jeřáby zabírají samy o sobě jednu z nejobsáhlejších kapitol manipulační techniky. Na jejich provozu mnohdy záleží chod celé firmy. Proto je důležité věnovat této kapitole zvláštní pozornost. Mostové jeřáby vybavené řídicím systémem nejsou již pouhé železo pro hrubou práci, ale inteligentní technologie, která přináší úspory. Výhodou těchto systémů je, že se mohou aplikovat i na starší techniku, čímž lze získat moderní jeřáb za nízké náklady. Provoz jeřábu řízeného automatem je v dnešní době možné využít všude tam, kde je třeba úspory času, financí a pracovních sil. Všude tam, kde se jedná o opakující se stejné úkony - např. skladové hospodářství, zavážení materiálu, kontejnerové překladiště apod. – vzhledem k efektivitě se vložené prostředky do automatizace rychle vrátí. Automatický jeřáb se stane

součástí určitého technologického procesu, ve kterém vykonává klíčovou práci. Jeřáb se dozbrojí dalším manipulačním prostředkem, jako třeba drapák, automatické kleště, magnet či jiné zařízení určené pro manipulaci s břemeny. Velkou výhodou je pak využití frekvenčních měničů. Jsou zkušenosti s automatickými jeřáby v oboru skladů s ocelovými svitky, kabelovými cívkami, drcenou gumou, cementem, ve skladech biopaliv s automatickým skenováním teploty paliva, ale nejvyšší zastoupení mají v již zmiňovaných kontejnerových překladištích.

6.1 Systémy automatizace jeřábů

Automatizace označuje použití řídicích systémů (např. regulátorů, počítačů, snímačů) k řízení průmyslových zařízení a procesů. Z pohledu industrializace jde o krok následující po mechanizaci. Zatímco mechanizace poskytuje lidem k práci zařízení, které jim usnadňuje práci, automatizace snižuje potřebu přítomnosti člověka při vykonávání určité činnosti. Otázka automatizace jeřábů není vůbec jednoduchá. V dnešní době je tento systém nejvíce propracovaný v oblastech skladování, zejména u jeřábových přístavních překladištích. Zde se používají nejčastěji automatické portálové jeřáby. V operačním systému je vždy zaznamenán každý kontejner, který se právě skládá. Aby nedošlo ke kolizi, je celé pracoviště vybaveno mnoha koncovými spínači a nárazníky. Jeřáby také mají mnoho senzorů, čidel, kamer a dalších prvků, které zaznamenávají neustále polohu jeřábu, a nepřetržitě monitorují každý uložený kontejner. Bezpečnost pohybu jeřábů na dráze a ochrana proti kolizím s uloženými kontejnery je zajišťována inteligentními řídicími systémy, které v sobě zahrnují integrované antikolizní algoritmy. Tyto systémy pak umožňují překládku kontejneru s maximální chybou polohy 50 mm. Spreader (zařízení k uchopení kontejneru) je k portálovému jeřábu přichycen 4 jednoduchými lany, která zaručují vysokou přesnost jeřábů a současně snižují kývání břemene.



Obr.25 - Automatické portálové jeřáby ASC v terminálu CTA [4]

7 Přídavné systémy

7.1 Magnety:

- Magnety napájené kabelem ze sítě
- Magnety napájené z baterie

7.1.1 Magnety napájené kabelem ze sítě

Magnety jsou vhodné pro držení a přepravu menších břemen - plechu resp. železných dílů a částí nástrojů a rovněž k překládání drobných dílů, šroubů a matic. Jednotlivé magnety jsou vybaveny zabudovaným usměrňovačem, spínačem a kruhovým okem. K připojení k elektrickému napájení slouží připevňovací sada s kabelovým bubnem. Spínač je možné namontovat do závěsného ovladače. Těleso je vyrobeno z oceli s vysokou permeabilitou. Cívky jsou celé zalité v tělese speciální zalévací hmotou a mají měděné vinutí. Při dvojnásobném zabezpečení se dosahuje zatížení až 1400 kg. Přednostmi magnetů jsou kompaktní rozměry a vysoká nosnost. Bezpečnou manipulaci neuspořádaných a nepravidelných břemen zajišťuje robustní těleso z lité oceli se zajišťovacím kruhem a ochrannou deskou z tvrdé manganové oceli s velkou hloubkou průniku magnetického pole. Dimenzování lze případně upravit podle klasifikací druhů kovového šrotu v dané zemi. Magnety se také osvědčily jako separační magnety v průmyslové výrobě, při úpravě minerálů a recyklaci stavebních materiálů. Po montáži nad pásové dopravníky, žlaby nebo skluzavky a podle rychlosti přepravovaného materiálu dokážou účinně a spolehlivě vytahovat nežádoucí ocelové a železné díly obsažené v přepravovaném materiálu. Pro překládku balíků šrotu existují pravoúhlé magnety. Výhodou těchto magnetů je, že intenzita magnetického pole se upravuje podle konkrétního zadání. Například vsázkové jeřáby mohou nabírat materiál podle požadovaného množství. Pomocí rázového buzení, tj. krátkodobého zvýšení napětí během spínání, lze výrazně zvýšit množství materiálu, které magnet zvedne. Magnety umožňují také zvedání několika balíků současně pravoúhlými magnety, stabilní přepravu a přesné najetí do uchopovací a odkládací polohy i v automatickém režimu.



Obr.26 - Kulaté elektrické magnety [21]

7.1.2 Magnety napájené z baterie

Bateriové magnety jsou zařízení skládající se z elektromagnetu, baterie a ovládacího dílu s integrovanou nabíječkou. Bateriové magnety se využívají pro přepravování kovových břemen nezávisle na síťovém připojení. Lze je tedy používat jak v halách tak i mimo ně. Magnety se využívají stacionárně na nástěnných, sloupových a otočných jeřábech, mostových a mobilních jeřábech, vysokozdvizných vozících, dílenských jeřábech, v mechanických dílnách, skladech plechu a železa, u rýsovacích stolů, v kovářských provozech, opravnách, svařovnách a mnoha dalších provozech.



Obr. 27 - Bateriový magnet [6]

7.2 Váhy

Vážicí systémy se standardně dělí do dvou skupin. Jednou z nich jsou vestavěné váhy, druhou závěsné váhy. Váhou vestavěnou přímo do zdvihacího zařízení je myšlena taková konstrukce váhy, kdy mechanické i elektronické části váhy se stávají pevnou a neoddělitelnou součástí stávajícího (či nového) zdvihacího zařízení. Části nutné pro vestavbu snímačů síly a další elektroniky se konstrukčně přizpůsobí stávajícímu zdvihacímu zařízení. Jedná se tedy o principiálně typizovaný vážicí systém s konstrukčními úpravami přizpůsobenými danému zdvihacímu zařízení. Váhy závěsné lze proti vestavěným vahám kdykoliv z jeřábu oddělat. Nejsou pevnou součástí jeřábového mechanismu.



Obr.28 - Vestavěná váha [10]



Obr.29 - Závěsná váha [11]

8 Závěr

Hlavním cílem této práce bylo vypracovat určitý přehled a rozdělení současného stavu elektronických systémů používaných v jeřábech. První část práce se zabývá vedením energie a dat. Kromě všech klasických typů kabelového vedení je také zmíněn bezdrátový a indukční přenos. Další část práce se zabývá pohony. Ve stručnosti jsou zde popsány pohony všech pojezdů a kočky. Je zde také několik řádek o frekvenčních měničích a hojně používaném elektrohydraulickém odbrzdovači. Třetí část práce se zabývá řízením jeřábové techniky. Zmiňuje se o klasickém ovládání z kabiny a závěsným ovládacím panelem, ale také moderním bezdrátovým ovládáním. Další kapitola se věnuje bezpečnostním systémům. Těchto systémů v důsledku zvyšování bezpečnosti práce přibývá a jsou neustále zdokonalovány. V neposlední řadě je zde několik informací o automatizaci jeřábů, jejíž využití je v současné době stále hojnější. Na závěr jsou popsány přídatné elektronické systémy. Mezi nejdůležitější patří magnety a váhy. Věřím, že práce má patřičný záběr a technickou odbornost, a bude proto kvalitním a stručným přehledem s možností využití do budoucna.

Seznam použitých zdrojů

Knihy:

MYNÁŘ, B., KAŠPÁREK, J.: Dopravní a manipulační zařízení, Brno, Skriptum pro bakalářské studium

REMTA, F.; KUPKA, L.; DRAŽAN, F.: Jeřáby – 1.díl, 2. vydání. Praha, SNTL 1975. 648 s.

GAJDUŠEK, J.; ŠKOPÁN, M.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení, 1. vydání, VUT v Brně 1988. 277s.

Internetové zdroje:

[1] Jeřáby Jílové spol. s r. o., [online]. [cit. 2010-03-25]. Dostupné z: <http://www.jerabyjilove.cz/>

[2] Jeřáby a jeřábová technika., [online]. [cit. 2010-02-25]. Dostupné z: <http://www.iteco.cz/komponenty/>

[3] Elektrotechnika, strojírenství - Schmachtl., [online]. [cit. 2010-02-27]. Dostupné z: <http://www.schmachtl.cz/pohyblive-privody-energie/krouzkove-sberace/>

[4] Zdvihačí zařízení v teorii a praxi., [online]. [cit. 2010-03-01]. Dostupné z: <http://www.342.vsb.cz/zdvihacizarizeni/>

[5] Liebherr., [online]. [cit. 2010-02-01]. Dostupné z: http://www.liebherr.com/downloads/Gesamtprogramm_DEFISR_10.2009.pdf

[6] Demag cranes a components., [online]. [cit. 2010-02-11]. Dostupné z: <http://www.demagcranes.cz/Produkte/Produktgruppen/>

[7] HBC radiomatic., [online]. [cit. 2010-02-11]. Dostupné z: <http://www.hbc.cz/cs/produkty/stavebni-jeřaby/vysilace/polozka-008spectrum>

[8] Pragmatechnik autojeřáby a stavební technika., [online]. [cit. 2010-02-11]. Dostupné z: <http://www.pragotechnik.cz/autojeraby/>

[9] CSC servis s.r.o., [online]. [cit. 2010-02-01]. Dostupné z: <http://www.scs-servis.cz/>

[10] Průmyslová a spotřební elektrotechnika., [online]. [cit. 2010-03-15]. Dostupné z: <http://www.format1.cz/Article.asp?nDepartmentID=36&nArticleID=42&nLanguageID=1>

[11] Průmyslové váhy., [online]. [cit. 2010-03-14]. Dostupné z: <http://www.vahy-hk.cz/produkty/jeřabove-vahy/zavesna-jeřabova-vaha-ocs-a-20t.htm>

[12] Senzory a systémy pro měření, a automatizaci., [online]. [cit. 2010-03-15]. Dostupné z: http://www.micro-epsilon.cz/products/displacement-position-sensors/laser-distance-sensor/optoNCDT_ILR_1021_1101_1151/index.html