

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

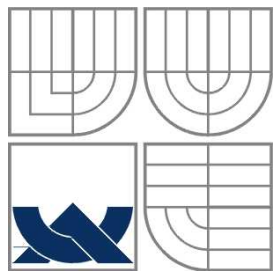
Elektrický pohon modelu výtahu s EC motorem

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

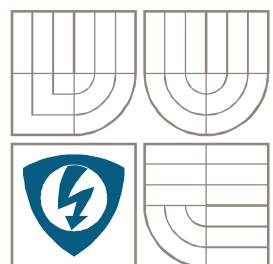
Tomáš Kutruč

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLÓGIÍ**

**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

ELEKTICKÝ POHON MODELU VÝTAHU S EC MOTOREM

ELECTRIC DRIVE OF LIFT MODEL WITH EC MOTOR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTERS'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Kutrucz

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Josef Koláčný, CSc.

BRNO, 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Diplomová práce

Inženýrský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika

Student: Tomáš Kutrucz

Ročník: 2

ID: 20985

Akademický rok: 2007/08

NÁZEV TÉMATU:

Elektrický pohon modelu výtahu s EC motorem

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Navrhněte a ověřte řídicí algoritmus pohonu s EC motorem typu Servida.
2. Vytvořte 3D model v prostředí SOLID WORKS.
3. Změňte účinnost pohonu při změnách provozních parametrů výtahu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Termín zadání: 10.10.2007

Termín odevzdání: 30.05.2008

Vedoucí projektu: doc. Ing. Josef Koláčný CSc.

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Tomáš Kutrucz

Bytem: Gábora Bethlena 28, Nové Zámky, 94078, SR

Narozen/a (datum a místo): 5.10.1981

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

se sídlem Údolní 53, Brno, 602 00

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc., předseda oborové rady Silnoproudá

elektrotechnika a elektroenergetika

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

disertační práce

diplomová práce

bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP:

Vedoucí/ školitel VŠKP:

Ústav:

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

tištěné formě – počet exemplářů 1

elektronické formě – počet exemplářů 1

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Abstrakt

Tato diplomová práce popisuje model domovního výtahu poháněný EC motorem (elektronicky komutovaným motorem). Diplomová práce úvodem obsahuje popis vývoje výtahů, EC motorů, konstrukce modelu a mechanických, elektrických a softwarových úprav provedených v rámci diplomové práce. Jádrem této práce je popis změn řídicích algoritmů pohonu, vytvoření 3D modelu a animace v prostředí 3D Solid Works včetně experimentálního měření výkonu na základě zatěžování pohonu.

Abstract

This diploma thesis describes a simulator of home elevator driven by an EC engine (external combustion engine). The introductory chapter of the thesis deals with the history of elevators. It also contains the description of EC engines, the description of the construction of the simulator and of the mechanical, electrical, and software adjustments carried out as based on the thesis. The main part of the work concentrates on the description of the changes of the drive algorithms, the production of the 3D simulator and the animation in the background of 3D Solid Works. Moreover, it also deals with the experimental performance measurement based on the loading of the stimulator drive.

Klíčová slova

Výtah, EC pohon, 3D SOLID WORKS, měření výkonu, účinnost pohonu

Keywords

Lift, EC drive, 3D SOLID WORKS, measuring performance, efficiency drives

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma **Elektrický pohon modelu výtahu s EC motorem** jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Josef Koláčný CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

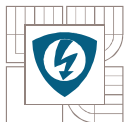
V Brně dne

Podpis autora



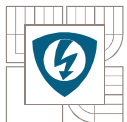
OBSAH

1 ÚVOD	12
1.1 DOMOVNÍ VÝTAHY	12
1.2 HISTORIE VÝTAHŮ	12
1.3 KONSTRUKCE MODELU VÝTAHU	13
1.3.1 MOTOR SERVIDA	13
1.4 ÚPRAVY KONSTRUKCE VÝTAHOVÉHO MODELU	17
1.4.1 SNÍMAČE:	18
BEZKONTAKTNÍ ZPŮSOB SNÍMANÍ POLOHY	18
1.4.2 VEDENÍ KABINY A PROTIZÁVAŽÍ	20
2 NÁVRH A OVĚŘENÍ ŘÍDÍČÍHO ALGORITMU POHONU S EC MOTOREM TYPU SERVIDA	22
2.1 ÚPRAVA ŘÍDÍČÍHO ALGORITMU V ŘÍDÍČÍ JEDNOTCE MOTORU	24
2.2 ÚPRAVA ŘÍDÍČÍHO ALGORITMU V ŘÍDÍČÍ JEDNOTCE VÝTAHU	25
3 VYTVOŘENÍ 3D MODELU V PROSTŘEDÍ SOLID WORKS	25
4 MĚŘENÍ ÚČINNOSTÍ POHONU PŘI ZMĚNÁCH PROVOZNÍCH PARAMETRŮ VÝTAHU .	29
5 ZÁVĚR	52
LITERATURA	53
PŘÍLOHY	54



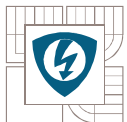
SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.: 1. Zapojení jednoho digitálního vstupu/výstupu	14
Obr.: 2. Mechanický spínač	18
Obr.: 3. Jazyčkový kontakt	18
Obr.: 4. Světelná závora TCST 2103	19
Obr.: 5. Schéma zapojení optické brány	20
Obr.: 6. Navrtnané držáky	21
Obr.: 7. Lineární ložisko KH-1026PP	21
Obr.: 8. Lineární ložisko KH-1026PP v muzikuse a držácích kabiny	22
Obr.:9. Uživatelské prostředí SMI (www.servida.com)	23
Obr.: 10. Programové prostředí WinIDE51	23
Obr.: 11. Detail předního náhledu – foto	24
Obr.: 12. Detail předního náhledu – model	27
Obr.: 13. Výtah – foto	28
Obr.: 14. Výtah – model	28
Obr.: 15. Yokogawa WT1600-S www.yokogawa.com	29
Obr.: 16. Blokové schéma zapojení měření s wattmetrem Yokogawa WT1600-S	29
Obr.: 17. Příkon v závislosti na zátěži	33
Obr.: 18. Blokové schéma zapojení pro měření s osciloskopem	34
Obr.: 19. Napětí a proud naměřené při nulové zátěži	35
Obr.: 20 Proud při nulové zátěži	36
Obr.:21. Příkon při nulovém zatížení kabiny	37
Obr.:22. Příkon při konstantní rychlosti	37
Obr.:23. Příkon se zatížením kabiny 1kg	38
Obr.:24. Výsledky z měření při zatížení kabiny 2,2kg	39
Obr.:25. Výsledky z měření při zatížení kabiny 3kg	40
Obr.:26. Porovnání statického a dynamického měření	40
Obr.:27. Závislost spotřeby na zátěži	42
Obr.:28. Zapojení osciloskopu pro dynamické měření po mechanické úpravě	43
Obr.:29. Měření bez zatížení	43
Obr.:30. Měření se zatížením kabiny 1 [kg]	44
Obr.:31. Měření se zatížením kabiny 2,2 [kg]	45
Obr.:32. Měření se zatížením kabiny 3 [kg]	45
Obr.:33. Spotřeba za 1 cyklus před a po mechanické úpravě	47
Obr.:34. Nezatížená kabina	49
Obr.:35. Zatížení kabiny 1 [kg] s hodnotami příkonu při konstantní rychlosti	49
Obr.:36. Zatížení kabiny 2,2 [kg] s hodnotami příkonu při konstantní rychlosti	50



SEZNAM TABULEK

Tab.: 1. Vliv teploty okolí na moment motoru	14
Tab.: 2. Hodnoty prvního měření.	31
Tab.: 3. Hodnoty Druhého měření.	32
Tab.: 4 Porovnání statického a dynamického měření	40
Tab.: 5. Spotřeby pro jeden cyklus při změně závaží v kabina	41
Tab.: 6. Data ze statického měření po mechanické změně modelu	42
Tab.: 7. Porovnání statického a dynamického měření po mechanické úpravě modelu	46
Tab.: 8. Data ze statického měření spotřeby před a po mechanické změně modelu	46
Tab.: 9. Data ze statického měření příkonu před a po mechanické změně modelu	47
Tab.: 10. Data z dynamického měření příkonu před a po mechanické změně modelu	48



1 ÚVOD

Podkladem pro tuto diplomovou práci byl existující model domovního výtahu uvedený v diplomové práci Ing. Jána Vidláka umístěného v laboratořích Elektrických pohonů UVEE FEKT VUTBR. Úkolem semestrálních projektů 1,2 a diplomové práce bylo uvedení modelu do funkčního stavu a to mechanickou úpravou, elektrickou úpravou a úpravou řídicích algoritmů modelu. Po úspěšném uvedení do funkčního stavu byl model domovního výtahu namodelován v 3D prostředí programu Solid Works a zhotovena animace. V návaznosti na navržené a realizované úpravy bylo provedeno jeho experimentální měření, jehož vyhodnocováním se zabývá poslední část diplomové práce.

1.1 Domovní výtahy

Domovní výtahy se konstrukčně vyrábí v dvou provedení a to lanové nebo hydraulické. Nejčastěji jsou dimenzovány na užitečnou hmotnost 600 nebo 1000kg.

1.2 Historie výtahů

První zdvihadla se objevila již v středověku. Většinou byla poháněna lidskou nebo zvířecí silou. První hydraulická zdvihadla se vážou k 19. století. První novodobý výtah, jak ho známe, byl zkonstruován ve Velké Británii v 19. století. Pomocí lana, kladky a závaží zvedal břemena podél šachty. První výkonný výtah byl sestaven v polovině 19. století ve Spojených státech v New York City. Elisha G. firma Otis představila v roce 1853 první bezpečný výtah v městské budově „New York Crystal Palace“. Výtah překonával dvě podlaží a v případě selhání lana byl vybaven bezpečnostní brzdou kabiny. S rostoucí výškou budov bylo nutno zajistit způsob vertikální dopravy. V roce 1857 byl instalován první osobní výtah a to v obchodním domě v New Yorku. První elektřinou pohaněný výtah byl zkonstruován v roce 1887 v Baltimore. K pohybu byl použit buben, který navíjel lano s na konci umístěnou kabinou. Pro použití výtahu ve výškových budovách s několika desítky patry se v minulosti používali motory s převody. První výtahy byly jednorychlostní. V současné době se používají pohony s vícerychlostní a výtahy s plynulou regulací rychlosti. Nejčastěji jsou poháněny stejnosměrným, synchronním, anebo asynchronním motorem. Mezi atypické výtahy patří např. páternoster či pohyblivé schody.



1.3 Konstrukce modelu výtahu

1.3.1 Motor Servida

Připojení motoru Servida 2315D k modelu

Napájecí zdroj

- výrobce doporučuje, nepoužívat spínané napájecí zdroje
- připojovací napájecí vodiče mají být chráněna pojistkou
- napájecí napětí nesmí překročit hodnotu 48V_{ss}

Pro maximální moment motoru musí dodat zdroj proud 12[A] a pro stálý moment 6,7[A].

$$I = \frac{M}{K_t},$$

kde M je moment motoru v [Nm] potřebný pro danou aplikaci a K_t je

momentová konstanta

motoru $K_t=0,0294$ [Nm/A].

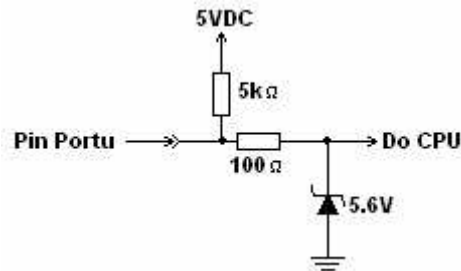
Velikost napájecího napětí ovlivňuje maximální otáčky motoru. Napájecí napětí by mělo být zvoleno tak, aby bylo dostatečně velké i pro dvojnásobně větší otáčky, než vyžaduje aplikace. Pro výpočet napětí, které je zapotřebí pro dané otáčky platí vztah:

$$U = K_v \cdot n,$$

kde K_v je napěťová konstanta motoru $K_v = 0,00445$ [V/(ot/min)] a n [ot/min] jsou potřebné otáčky. Pro napájení motoru je nutné k vypočítanému napětí U [V] přičíst úbytek napětí na elektronice, který je přibližně 2[V].

Správné elektrické propojení

Důležité je zamezení vzniku zemních smyček na komunikačních linkách. Při práci s jedním motorem je nutné odizolovat zemnicí kolík PC, nebo napájecí zdroj. Pro práci s více motory se musí zajistit správná izolace komunikačních linek mezi jednotlivými motory. Zamezit se musí i vzniku zemních smyček na vstupech/výstupech. Pro napájení čidel se tedy musí použít hlavní napájecí zdroj nebo 5V napájení na portu motoru. Digitální vstupy/výstupy řídicí jednotky, které musí být zapojeny viz. Obr.:1. jsou postaveny na TTL logice:



Obr.: 1. Zapojení jednoho digitálního vstupu/výstupu

Mechanické vlivy, vliv teploty a okolí na motor

Motor je navržen na radiální zatížení, axiální zatížení by mohlo motor poškodit, především by mohlo dojít k poškození ložisek motoru, proto se motor nepoužívá pro nesení zátěže, ale k přenosu kroutícího momentu. Motor není určen do prostředí s vysokou okolní teplotou a velkou vlhkostí, proto motor nesmí být vystaven vlivu kapalin a teplotám přesahujících 70°C. Katalogové parametry motoru jsou stanoveny pro teplotu okolí 27°C. Trvalý kroutící moment motoru s rostoucí teplotou okolí klesá viz. 5.3.

Tab.: 1. Vliv teploty okolí na moment motoru

Teplota okolí [°C]	Trvalý kroutící moment [%]-nominální hodnoty
0-10	133
15	126
20	112
25	100
30	89
35	79
40	71
45	63
50	56
55	50
60	45
65	40

Šachta a čelní panel

Šachta je vysoká 98[cm], široká 25[cm] a hluboká 36[cm] a je svařena z ocelových L-profilů o rozměrech 25x25x3[mm], které jsou natřeny černou barvou. Podlaha a strop jsou vyrobeny z ocelových plechů o tloušťce 5[mm]. Do stropu jsou vyříznuty vodním paprskem otvory pro vodiče a kladku a do stropu i dna jsou vyvrtány otvory potřebné pro uchycení vodících tyčí a celého zvedacího mechanismu. Čelní panel je vyroben z plechu



$T=3$ [mm] a do něho jsou laserem vypáleny otvory pro dvířka, displeje a signalizační led diody. Zbytek šachty a celá strojovna je kryta plexisklem o tloušťce 5[mm]. Celá šachta je pak umístěna na dřevěný podstavec.

Strojovna

Zde je umístěn kompletní zvedací mechanismus: kladka, šneková převodovka a motor. Spojení mezi motorem a převodovkou je realizováno pružnou spojkou firmy Rotex. Spojka má z jedné strany vstupní otvor 6,35 [mm] (pro motor) a druhý vstup 6 [mm]. Mezi spojkou a převodovkou je vysoustružená hřídel, která převádí průměr spojky 6 [mm] na vstupní průměr šnekové převodovky 11 [mm]. Spojení převodovky a kladky je realizované výstupní hřídelí, která je na konci uložena do valivého ložiska v ložiskovém domečku.

Klec a protizávaží

Klec je vyrobena ze čtyřhranné trubky 100x100[mm] o výšce 150mm. Podlaha a strop jsou k ní přivařené. Do klece je pak vyříznut vstupní otvor. Na bocích jsou připevněna duralová vodítka, ve kterých jsou zapuštěna kluzná lineární ložiska, která nahradila původní teflonová ložiska. Důvod jejich výměny byla chybovost pohybu po tyčích. **Váha klece je 2,2kg.**

Závaží je vedeno ve dvou tyčových vodítkách a skládá se z duralového mezikusu a deseti ocelových obdélníkových závaží. Vše je dohromady sešroubováno dvěma závitovými tyčemi. V původním duralovém mezikusu byla teflonová kluzná ložiska. Následkem této úpravy bylo zvýšení hmotnosti protizávaží, proto jedno z deseti obdélníkových závaží bylo vyměněno za závaží o menší hmotnosti.

Hmotnost jednotlivých částí:

Hmotnost duralového muzikusu se z původních 0,4kg zvýšila na 0,6kg. Proto jedno z deseti ocelových závaží o hmotnosti 0,4kg bylo nahrazeno závažím o hmotnosti 0,2kg.

Celková hmotnost protizávaží tedy zůstala na původní hodnotě a to **4,4kg.**

Maximální zátěž v kabině m_{\max} se vypočítá ze vztahu:

$$m_{\max} = 2 \cdot (m_z - m_k) = 2 \cdot (4,4 - 2,2) = [4,4\text{kg}]$$

kde m_z je hmotnost závaží v [kg] a m_k hmotnost kabiny v [kg].

Vedení kabiny a protizávaží

Na vedení jsou použity tyče z hlazené oceli o průměru 10[mm]. Tyč je připevněna mezi dno a strop modelu.



Brzdňý systém

Při výpadku proudu šneková převodovka firmy TOS Znojmo typ MRT28 nedovolí, aby výstup roztočil vstup (dáno konstrukcí převodovky) a tím model zastaví.

Lanko

U skutečného domovního výtahu musí mít výtah podle normy dvě a více nezávislých nosných ústrojí. Lana se dimenzují na největší zatížení S

$$S = K + Q + L_k,$$

kde K je váha klece v [kg], Q je dovolené zatížení klece v [kg] a L_k je hmotnost lana v [kg] při maximálním prodloužení.

Z toho plyne:

$$S = 4.4 + 4.4 + 0.008 = 8.808[\text{kg}]$$

Největší zatížení S pak ještě vynásobíme koeficientem bezpečnosti. Pro hnací kotouče s pevným závěsem je bezpečnost 18.

Lano by tedy mělo být dimenzováno na:

$$S \cdot 18 = 158.6[\text{kg}]$$

Na modelu je použito lanko o tloušťce 3mm, které je podle výpočtu předimenzováno. Lanko větší tloušťky bylo zvoleno kvůli rozměrům vyrobené kladky, aby došlo k dostatečnému tření v drážce.

Parametry lanka

Jmenovitý průměr 3,15mm

Matematický průměr 3mm

Nosný průřez lanka 3,95mm²

Váha lanka na metr 5,2g/m

Jmenovitá nosnost

Při pevnosti 160kg/mm² 651kg

Nosnost při bezpečnosti 18 36,2kg

Přípevnění lanka ke kleci a k protizávaží bylo vytvořeno běžnou spojkou pro drátěná lanka.

Kladka

Aby byla splněna podmínka o bezpečném ohybu lanka, měla by mít kladka průměr 40 krát větší než je průměr lanka, průměr kladky by tedy měl být 120[mm].

Na modelu je použita kladka o průměru 90[mm], protože se při tvorbě modelu nepodařilo zajistit materiál vhodných rozměrů. Zvolené lanko je pružnější než silná



ocelová lana, která jsou použita u skutečných výtahů, proto je použitý průměr kladky pro daný model dostačující.

3.2. Elektrická

Pohon modelu domovního výtahu

S pohonem modelu souvisela většina měření, proto je podrobněji popsán v samostatné kapitole 5. Jedná se o EC motor Servida 2315D.

Deska s řídicí jednotkou

Celou soustavu řídí procesor Atmel 89C51.

Tento procesor připojuje napájecí napětí na motor a kontroluje, zda je sepnut snímač zavřených dveří. Dále kontroluje sepnutí spínačů maximální a nulové polohy.

Napájecí zdroj pro všechny obvody výtahu

Zdroj je spínáný s užitím obvodu LM2574V5 a je umístěn na desce s řídicí jednotkou. Před obvodem je umístěna dioda proti přepólování. Dále je na desce obvod MAX232 pro komunikaci s jednotkou motoru po RS232.

Desky jednotlivých pater

Komunikaci s řídicí jednotkou zajišťuje procesor 89C2051. Má na starosti rozsvěcování dat na displeji, kontrolu spínače dveří a spínání tlačítek. Zobrazování dat na displeji je řešeno převodníkem BCD na sedmissegmentový displej 74HCT4511.

Ovládací panel

Tato deska simuluje ovládací panel, který bývá umístěn uvnitř kabiny. Jsou na něm umístěna tlačítka pro jednotlivá patra a jejich stisknutí signalizují čtyři LED diody.

Všechny události jsou předány řídicí jednotce.

Propojení jednotlivých elektrických částí

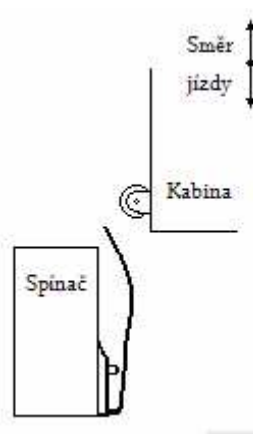
Řídicí jednotka je propojena s motorem. Programovatelný port motoru je propojen s portem procesoru v řídicí jednotce, propojení je realizováno dvoulinkou přes rozhraní RS232 a stínění dvoulinky je spojeno se zemí na straně řídicí jednotky. Elektrické spojení všech desek s řídicí jednotkou je realizováno přes šestnácti žilový kabel a konektory PSL.

1.4 Úpravy konstrukce výtahového modelu

V diplomové práci se řešili hlavně nověobjevené mechanické vady modelu, které byly objeveny po semestrálním projektu č. 2.

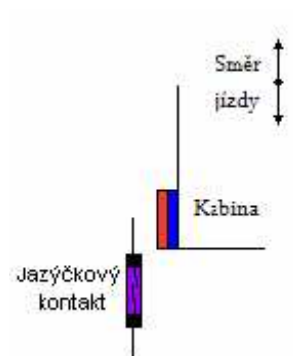
1.4.1 Snímače:

Mechanické spínače: Mechanické snímače byly v důsledku mechanické nespolehlivosti nahrazeny v semestrálním projektu č. 2 nahrazeny magnetoelektrickými jazýčkovými kontakty.



Obr.: 2. Mechanický spínač

Jazýčkové kontakty: V důsledku toho, že jazýčkové kontakty byli nespolehlivé jelikož při průjezdu kabiny osazené magnety, jazýčkový kontakt namísto sepnutí začal rezonovat a tím vytvořil řadu rušivých signálů.



Obr.: 3. Jazýčkový kontakt

Optická brána: Optická brána je finálním řešením, která nahradila jazýčkové kontakty. Hlavní přednost optické brány spočívá vtom, že se jedné a nemechanický bezkontaktní způsob snímání polohy.

Funkce optické brány má být následovná:

Na kabinu je umístěna přepážka po celé jeho délce. V jednotlivých patrech jsou umístěny optické brány, a to přesně v těch bodech, kde předtím byly mechanické

mikrospínače. Principiálně funkce zůstává stejná jako u mechanických spínačů, jen se touto úpravou zmenší poruchovost systému jako celku. Optická brána musí být řešena tak, aby nedocházelo vlivem vnějších jevů k poruše, a to zejména vlivem proměnného osvětlení optické brány vnějšími zdroji světla. Aby se tomuto nežádoucímu jevu předešlo, bylo nutno zvolit optickou bránu pracující na vlnové délce, která spadá do infračerveného spektra. Pro tyto účely z dostupných produktů na českém trhu se vybral produkt firmy **Vishay semiconductors**, a to optická brána **TCST 2103**.

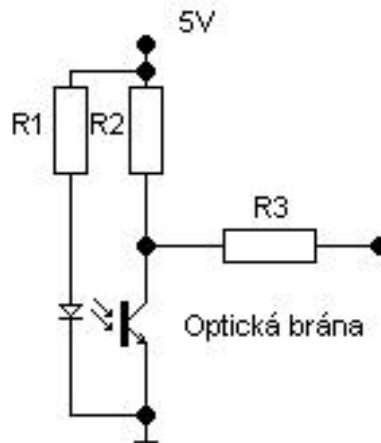
Světelná závora “optická brána” TCST 2103

Světelná závora s přichytkami, mezera 3.1mm, $I_f=20\text{mA}$, $U_{ce}=70\text{V}$, $I_c=0,1\text{A}$

Světelná závora pracuje na vlnové délce 950nm.



Obr.: 4. Světelná závora TCST 2103

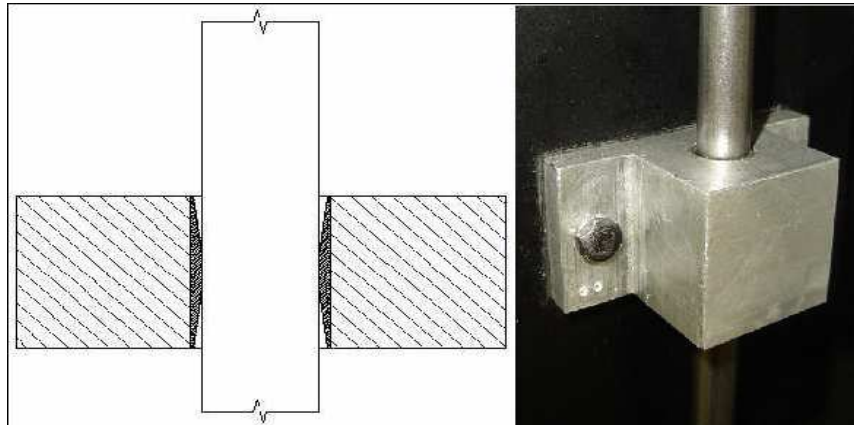


Obr.: 5. Schéma zapojení optické brány

Zapojení nahrazuje klasický mechanický spínač. V případě, že mezi bránou není přepážka, napětí 5V je přímo svedeno do země. V případě, že je mezi bránou přepážka, tranzistor nesepe a napětí 5V spíná TTL obvod. Jelikož výslední signál je invertovaný vůči původnímu museli se softwarově invertovat vstupy IO Atmel 89C51. Optická brána se osvědčila i v praxi a tudíž zůstala jako konečné řešení pro snímání polohy kabiny.

1.4.2 Vedení kabiny a protizávaží

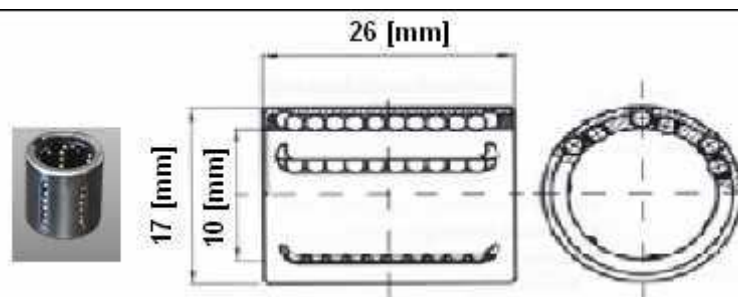
Kabina i protizávaží se lineárně pohybují na svodných tyčích. Jelikož pohyb po tyčích byl sekaný a výtah se z času na čas zasekl a tím v důsledku zvýšení momentu a tím pádem nárůstu proudu vypla ochrana pohon. V semestrálním projektu č.2 se sice uvažovalo o použití teflonových vložek, ale nakonec se kvůli ceně od tohoto řešení odstoupilo. Použilo se tedy jako řešení vhodné navrtání otvorů.



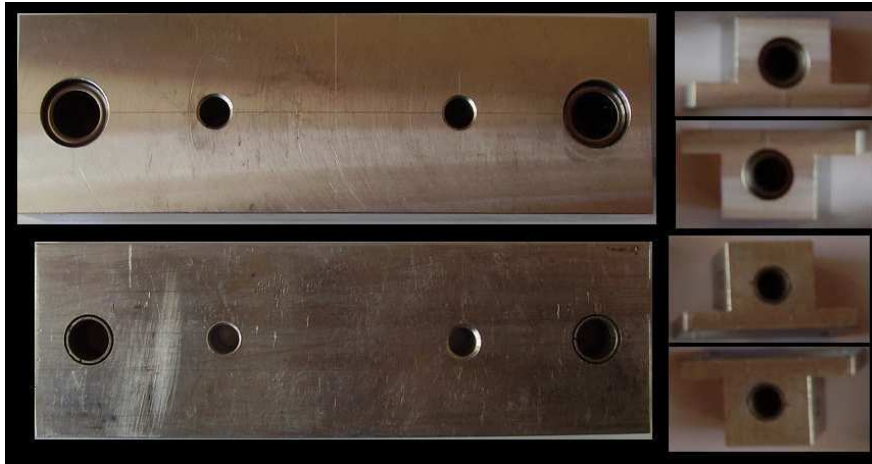
Obr.: 6. Navrtné držáky

Tohle řešení však nedoneslo uspokojivých výsledku, jelikož sice pohyb už nebyl tak sekáný, ale kabina i protizávaží se pořád z času na čas zaseklo. Konečné řešení přineslo použití lineárních ložisek.

Lineární ložiska: Navrtné vložky v držácích kabiny a mezikusy byli nahrazeni lineárními ložisky KH-1026PP od firmy Matis, kde 10 znamená 10mm průměr ložiska a 26 značí 26mm délku ložiska.



Obr.: 7. Lineární ložisko KH-1026PP



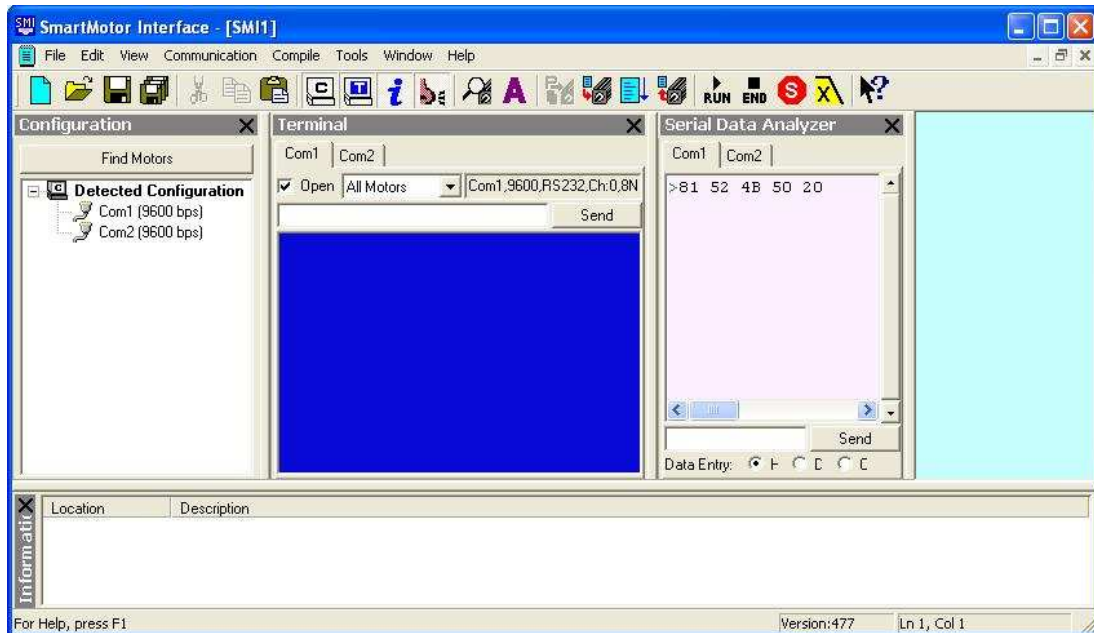
Obr.: 8. Lineární ložisko KH-1026PP v muzikuse a držácích kabiny

Po nainstalování ložisek se omezilo zadrhávání kabiny i protizávaží při pohybu po tyčích a snížily ztráty třením a tím i příkon pohonu. Kvůli delší vodící ploše ložiska se zvětšila šířka duralového muzikusu, ve kterém jsou ložiska nalepena, z původních 2 [cm] na 3 [cm]. Se změnou velikosti vodiček se změnila i hmotnost, z tohoto důvodu muselo být nové vedení zváženo a musela se dopočítat změna hmotnosti vedení s protizávažím. Po zvážení vedení protizávaží a kabiny bylo spočítáno, že protizávaží je o 200 [g] těžší než u původního modelu. Proto bylo odebráno jedno 400 [g] závaží a nahrazeno závažím o hmotnosti 200 [g]. Toto vyvážení bylo provedeno kvůli tomu, aby se výsledky z prvního měření daly porovnat s výsledky z druhého měření a taky aby se nezvyšovalo namáhání lana a celého modelu.

2 NÁVRH A OVĚŘENÍ ŘÍDÍCÍHO ALGORITMU POHONU S EC MOTOREM TYPU SERVIDA

V modelu výtahu bylo za potřeby upravit řídicí algoritmus motorů i výtahu.

K úpravě algoritmu v řídicí jednotce motoru Servida se použilo programové prostředí SmartMotor. Součástí CD je programové prostředí i program uložený v řídicí jednotce motoru.



Obr.:9. Uživatelské prostředí SMI (www.servida.com)

Podrobný popis programového prostředí je popsán na stránkách firmy Servida www.servida.com

Program v řídicí jednotce výtahu byl napsán v assembleru a to v programovacím prostředí WinIDE51. Program byl následně uložen do procesoru řídicí jednotky atmel 89C51. Součástí přiloženého CD je program i jednotlivé programy v řídicích jednotkách výtahu.

```
1 LED1 BIT P1.1
2 LED2 BIT P1.0
3 LED3 BIT P1.2
4 LED4 BIT P1.3
5 PTL1 BIT P3.7
6 PTL2 BIT P3.5
7 PTL3 BIT P3.4
8 PTL4 BIT P3.3
9 UT11 BIT 1
10 UT12 BIT 2
11 UT13 BIT 3
12 UT14 BIT 4
13 NREP EQU 50
14 NLED EQU 51
15
16
17 ORG 0
18 JMP INIT
19
20 ORG 0BH
21 JMP TLAC
22
23 INIT: MOV SP,#00          ;nastaveni adresy zasobniku
24       MOV TH0,#0A4H      ;nastaveni na 100us
25       MOV TMO,#0000010B ;casovac rezia 8bit s RELOAD
26       MOV IE,#10000010B ;povoleni preruseni casovace 0
27       MOV TCON,#0001000B ;spusteni casovace 0
28       SETB UT11
29       SETB UT12
30       SETB UT13
31       SETB UT14
32       MOV NREP,#1111000B ;nastaveni prom. pro opak. zack.tlac.
33       MOV NLED,#255     ;nastaveni opak. zhasinani LED
34
35 *****HLAVNI PROGRAM*****
36 START: CALL KTLAC
37        CALL ZLED
38        JMP START
39
40 *****KONTROLA TLACITEK*****
41
42 KTLAC: MOV A,P1
43        ANL A,#1111000B   ;abychom dostali piny, kde jsou TLI-4
44        CJNE A,NREP,COTLAC ;kontrola zda nemi tlac. stale stisknute
45        JMP KTLAC        ;hodnota se stale opak. ukonci podprogram
46 COTLAC: MOV NREP,A
47        RR A
48        RR A
```



Obr.: 10. Programové prostředí WinIDE51

2.1 Úprava řídicího algoritmu v řídicí jednotce motoru

Úprava řídicího algoritmu motor, měla dva úkoly. První z nich je změna polohy nulového bodu, kvůli bezpečnosti a přiblížení modelu k reálu a druhý zautomatizování měření. Nulový bod je bezpečnostní prvek respektive spínač. Slouží k tomu, aby v případě poruchy výtah začal konat pohyb směrem dolů, až narazí na nulový spínač, aby se pasažéři mohli v bezpečí dostat z výtahu.

Program vykonává následnou funkci: Po zapojení modelu do sítě naběhne neřídicí jednotka modelu, řídicí jednotky jednotlivých pater a řídicí jednotka kabiny. Řídicí jednotka modelu spíná napájení motoru a tudíž i řídicí jednotku motoru. Řídicí jednotka motoru pak následně ovládá řízení pohonu a komunikuje současně s řídicí jednotkou modelu. Řídicí jednotka motoru ovládá pouze otáčky motoru v závislosti na rychlostním momentovým, nebo polohovým režimu. Po zapnutí řídicí jednotky motoru motor vykoná následně funkce: nastaví se max. proud a oteplení motoru a motor se přepne do rychlostního režimu, nastaví zrychlení $A=100$ a roztočí motor rychlostí $V=100\ 000$, což má za následek, že kabina začne vykonávat pohyb směrem dolů. Znaménko za V-velocity udává směr otáčení motoru. Po dosažení nulového spínače, umístěného pod prvním patrem, program vyhodnotí tuto situaci a přestaví se do polohového režimu a současně této pozici přidělí polohu 0. Následně motor zdvihne kabinu do polohy $P=1000$, pak čeká $WAIT=8000$, což jsou dvě vteřiny. Po tomto bodě začíná předem definovaný pohyb výtahu mezi prvním a třetím patrem a to ve třech stejných cyklech za použití náběhové a doběhové rampy. V případě, že motor není přetížen, měl by držet definované rychlosti a polohy. V případě, že se po zavření dveří po prvotním nájezdu kabiny z nulového bodu do prvního patra otevřou dveře, vyhodnotí se to jako chyba a celý cyklus začínající hledáním nulového bodu začne znovu. Výtah jezdí mezi prvním a třetím a ne prvním a druhým patrem z toho důvodu, že statické měření je z velké části manuální a cílem je měřit příkon při ustálené rychlosti po náběhové rampě a před doběhovou rampou a v případě, že by kabina jezdila jen mezi prvním a druhým patrem, nebylo by možné dostatečně rychle reagovat a provést statické měření příkonu při



ustavené rychlosti. Program provádí tři cykly z toho důvodu, aby se snížila možnost chyby měření. Průměrná spotřeba se tvoří z těchto třech cyklů. Příkon se měří při

přechodu prostředním patrem a to při každém cyklu, aby se snížila nepřesnost měření. Zdrojový kód programu je v příloze č.1 a také na přiloženém CD.

2.2 Úprava řídicího algoritmu v řídicí jednotce výtahu

Úprava řídicího algoritmu výtahu byla nezbytná z toho důvodu, že ve finální verzi modelu byla magnetoelektrická jazýčková čidla nahrazena optickými a bylo následně potřeba invertovat softwarové výstupy na procesoru Atmel 89C51, aby byla zachována původní funkčnost programu. Zdrojový kód programu je v příloze č.2 a také na přiloženém CD.

3 VYTVOŘENÍ 3D MODELU V PROSTŘEDÍ SOLID WORKS

Tvorba 3D modelů má v současnosti dva účely. Prvním z nich je základní funkční sloužící ke kresbě součástek, odlitku a sestav pro zhotovení dokumentace, na základě které se dané součástky, odlitky a sestavy vyrobí. Tvorba 3D modelů pro hutní průmysl, aby se mohla zvolit vhodná forma a postup pro odlévání. Druhým účelem modelování je tvorba modelu a animací pro katalogy či projekce výrobce či distributora.

Z možných voleb mezi technickými programy umožňujícími tvorbu součástek a sestav v 3D prostředí byl zvolen program Solid Works. Vybíralo se mezi programy AutoCad, Inventor a Solid Works. Oproti AutoCad-u má výhodu především v tom, že prostředí bylo rovnou přizpůsobeno modelování v 3D prostoru a tak je šetrnější na čas. Inventor a Solid Works jsou téměř rovnocenné programy.

Tvorba 3D modelu domovního výtahu: Jelikož nebyly známy výrobní rozměry modelu ani pohonu, bylo rozhodnuto, že model bude sice modelován v poměru 1:1, ale směrodatné budou jen hlavní rozměry sestavy a jednotlivých součástek. Detaily a některé z hlediska funkčnosti nedůležité rozměry byly navrhovány odhadem. Šroubové spoje neodpovídají skutečnosti, jelikož se volily z katalogu programu. Vycházejíc z předpokladu, že při daném množství detailního navržení součástek by



počítač nezvládnul animaci, byly některé šroubové spoje vynechány a některé části součástek, nebyly propracovány do detailů. (např. zaoblení a zkosení hran).

Použitý postup při tvorbě modelu: Nejdříve byly změřeny hlavní konstrukční rozměry jednotlivých součástek a celkové soustavy. Na základě těchto rozměrů byly vytvořeny jednotlivé součásti modelu. Tělo výtahové šachty, motor a převodovka byly vyhotoveny jako součástka a ne jako soustava, kvůli snížení požadavků na počítač kvůli animaci.

Součástky:

- podstava
- tělo šachty
- kabina
- dveře
- klika
- pant dveře
- pant tělo
- závlačka
- tyče
- 7 segmentový display
- zelená kontrolka
- červená kontrolka
- držák kabiny
- závaží
- vrchní závaží
- mezikus
- motor
- převodovka
- tlačítko
- konektor
- šnek



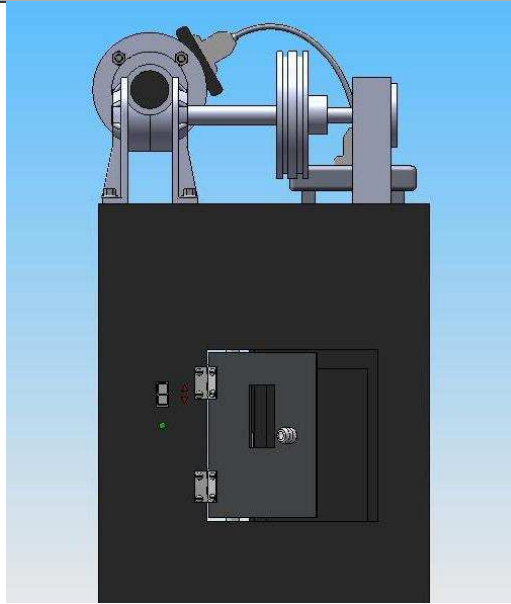
- kabel

Sestava: Z pantu, dveří a závlačky byla sestrojena sestava dveří, která se vkládala následně do hlavní sestavy.

Obrazy a animace: Obrazy hotového modelu se ukládaly ve formátu jpg. Animace byla tvořena s ohledem na funkčnost modelu a na čas prezentace diplomové práce. Finální animace má délku trvání 43 sekund, při frekvenci 60 snímků za vteřinu a klíčový snímek po dvou snímcích. Vzorkování 60 snímků za vteřinu bylo zvoleno z důvodu, že obnovovací frekvence LCD displaye u notebooku je 60 fps. Jednotlivé součástky, sestavy, obrazy a videa jsou součástí příloženého CD.



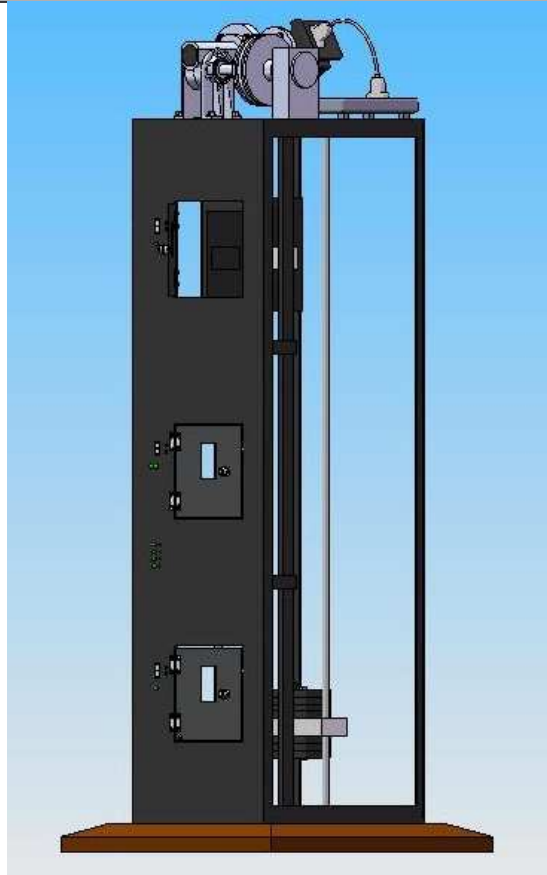
Obr.: 11. Detail předního náhledu - foto



Obr.: 12. Detail předního náhledu - model



Obr.: 13. Výtah - foto



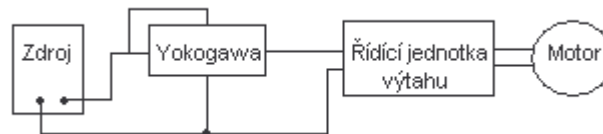
Obr.: 14. Výtah – model

4 MĚŘENÍ ÚČINNOSTÍ POHONU PŘI ZMĚNÁCH PROVOZNÍCH PARAMETRŮ VÝTAHU

Na pohonu byly prováděny jak statické, tak i dynamické měření parametrů výtahu. Mezi dynamické řadíme měření proudu a napětí na osciloskopu. Jelikož, ale motor je zapouzdřen a jeho součástí je řídicí jednotka i výkonová část, napětí bylo konstantní a bylo shodné s napájecím napětím a to o hodnotě 24V. Statické měření bylo prováděno pomocí wattmetru Yokogawa WT1600-S. Otáčky byly měřeny pomocí otáčkoměru DT-2236.



Obr.: 15. Yokogawa WT1600-S www.yokogawa.com



Obr.: 16. Blokové schéma zapojení měření s wattmetrem Yokogawa WT1600-S

Měření pomoci wattmetru Yokogawa: Napájecí napětí modelu bylo určeno měřením a mělo hodnotu $U_z=24,06$ [V]. Příkon modelu bez pohonu $3,61$ [W]. Příkon řídicí jednotky a motoru v stavu, kdy model nevykonává pohyb bylo $7,89$ [W]. V případě že model by se hodnotil, jako reální výtah, tak jeho denní příkon v pohotovostním režimu by byl $189,36$ [Wh].

$$W_n = P_n \cdot 24[h] = 189,36[Wh]$$

Příkon potřebný pro napájení řídicí jednotky motoru, výtahu a přidržení kabiny v dané poloze byl $P_u=17,52$ [W].

Vliv protizávaží na příkon pohonu:

Pro jednotlivá měření se měnilo zatížení kabiny a to tak, že se do kabiny přidávalo normované laboratorní závaží v rozmezí $0,5$ až $3,5$ kg. Statickým měřením se myslí změření okamžité hodnoty příkonu při ustálené rychlosti kabiny. Příkon byl měřen v okamžiku, kdy výtah projížděl druhým patrem a předpokládala se konstantní rychlost kabiny. Toto měření není zcela přesné, i když jsme použili velmi přesný měřicí přístroj Yokogawa, protože čas ve kterém se odečítala hodnota z wattmetru závisel na okamžiku, kdy měřicí usoudil, že se výtah nachází přesně ve druhém patře. Při tomto měření se změnou poměru hmotnosti kabiny k protizávaží, hledal stav kdy má systém co nejmenší



spotřebu. Tento stav by měl být naměřen při nejmenším zatížení motoru a to by mělo odpovídat stavu, kdy je hmotnost kabiny stejná jako hmotnost protizávaží, tedy při zatížení kabiny hmotností 2,2 [kg]. Při vyvážení kabiny a protizávaží by měl naměřený příkon odpovídat příkonu řídicích jednotek. Ve skutečnosti se po odečtení příkonu řídicí jednotky dostane příkon, který vyjadřuje mechanické ztráty motoru, ztráty v převodovce a ztráty na vedení kabiny a protizávaží. V průběhu prvního měření se výtah zasekl. Porucha byla způsobena tím, že se při předešlých úpravách se navrtávaly ložiska kabiny, aby kabina lépe klouzala po kolejničích. Navrtáváním se však snížila vodící plocha. Kvůli špatnému vedení začaly průvodní tyče rezonovat a kabina se zapřela, čímž způsobila prudký nárůst proudu v motoru. Po překročení mezní hodnoty proudu logická jednotka odpojila výtah od zdrojů napětí a tím model zastavila. Z toho je patrné, že vedení kabiny a protizávaží je nevhodné a porucha by se mohla opakovat, proto je součástí této práce úprava vodícího mechanismu. Po prvním měření se tedy musely lépe upevnit kolejnice a poté bylo provedeno druhé měření. Výsledky měření byli porovnávána ,aby se zjistila účinnost úpravy modelu.

Tab.: 2. Hodnoty prvního měření.

Hmotnost zavaží		1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	průměr W
0kg	nahoru W	29					29
	dole W	64					64
	spotřeba mWh	273					
0,5kg	nahoru W	28	29,1				28,55
	dole W	54	52				53
	spotřeba mWh	239	242				
1kg	nahoru W	30,4	29,2	29,1			29,567
	dole W	50	46,6	47,7			48,1
	spotřeba mWh	229	222	223			
1,5kg	nahoru W	27,3	26,2	25,5			26,333
	dole W	39,6	36,9	37,7			38,067
	spotřeba mWh	196	195,7	193			
2kg	nahoru W	29,3	29,4	27,9	28,1	28	28,54
	dole W	32	31,9	31,5	31,7	30,34	31,488



	spotřeba mWh	184	182,2	182	177,5	181,4	
2,5kg	nahoru W	33	30,9	30,55	31,06		31,378
	dole W	25,2	24,8	24,63	24,42		24,763
	spotřeba mWh	176	170	175,6	176,1		
2,75kg	nahoru W	31,76	30,96	30,56	31,19		31,118
	dole W	22,29	22,5	21,99	21,82		22,15
	spotřeba mWh	165	170	164	163		
2,85kg	nahoru W	31,46	32,87	32,1			32,143
	dole W	22,25	21,74	22,29			22,093
	spotřeba mWh	167	166	167			
3kg	nahoru W	38,68	39,4	39,37			39,15
	dole W	24,12	23,31	24,11			23,847
	spotřeba mWh	195	190	191			
3,5kg	nahoru W	42,07	42,19	41,35	42,17		41,945
	dole W	21,34	20,64	20,79	20,87		20,91
	spotřeba mWh	195	195	195	196		

Tab.: 3. Hodnoty Druhého měření.

Hmotnost zavaží					průměr W
0kg	nahoru W	20	20,34	20,26	20,200
	dole W	47,2	47,2	47	47,133
	spotřeba mWh	212			
0,5kg	nahoru W	21,21	21,1	21	21,103
	dole W	42	41,4	41	41,467
	spotřeba mWh	195,333			
1kg	nahoru W	22,56	22,22	21,65	22,143
	dole W	37,06	36,8	35,88	36,580
	spotřeba mWh	544			
1,5kg	nahoru W	24,7	24,63	24,34	24,557
	dole W	32,91	33,33	33,55	33,263
	spotřeba mWh	533			
2kg	nahoru W	27,18	27,85	27,33	27,453



	dole W	30,52	30,73	30,23	30,493
	spotřeba mWh	528			
2,2kg	nahoru W	28,95	29,47	28,86	29,093
	dole W	26,6	28,08	26,71	27,130
	spotřeba mWh	511			
2,25kg	nahoru W	29,53	29,16	29,06	29,250
	dole W	27,42	27,44	26,16	27,007
	spotřeba mWh	510			
2,5kg	nahoru W	31,87	32,02	31,88	31,923
	dole W	27,35	26,75	26,49	26,863
	spotřeba mWh	533			
3kg	nahoru W	39,64	38,68	39,38	39,233
	dole W	26,14	25,55	25,5	25,730
	spotřeba mWh	580			

Z měření vyplývá, že nejmenší spotřeba byla v případě kdy bylo do kabiny vloženo závaží o hmotnosti 2,75kg, to neodpovídá předem vypočítané hodnotě. Model by měl mít nejmenší spotřebu při vyvážení kabiny a protizávaží a to by mělo odpovídat zatížení kabiny hmotností 2,2kg. Po manipulaci s vodícími tyčemi bylo provedeno nové měření, aby se zjistil vliv vodících tyčí na spotřebu motoru. Oproti prvnímu měření kde se spouštěl každý cyklus zvlášť se u druhé série upravil program tak, aby kabina rovnou vykonala tři cykly. Měřila se spotřeba za tři cykly a příkon se měřil při každém průjezdu kabiny druhým patrem. Při druhém měření bylo zjištěno, že minimální příkon odebírá soustava, když je kabina zatížená hmotností 2,25kg což více odpovídá předpokládané hodnotě 2,2kg.

Porovnání statických měření

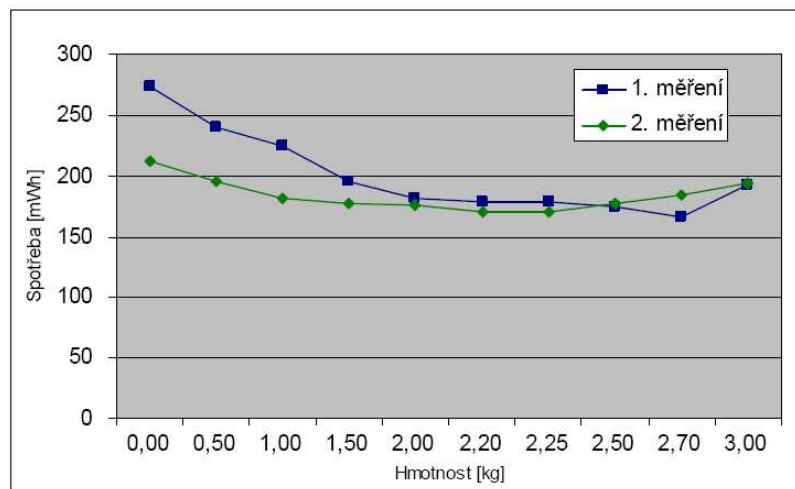
Porovnáním jednotlivých sérií měření se dá zjistit, jak velký vliv mají na měření vodící tyče.

Tab.: 8.3 Porovnání spotřeby ze statického měření pro jeden cyklus

Obr.: 8.3 Spotřeba energie v závislosti na zátěži v kabině

V jednotlivých tabulkách jsou uvedeny průměry naměřených hodnot pro dané zátěže, které jsou vykresleny do grafu. Z tabulky a grafu je vidět velký rozdíl mezi prvním a druhým měřením a to v rozmezí 0,69 až 22,34%. Z toho je patrné, že nepřesnost měření způsobená nevhodným vedením kabiny a protizávaží je více než 20%. Na měření má kromě mechanického nedostatku modelu vliv i chyba při odečtení naměřené hodnoty z přístroje, ale ta je díky opakovanému měření proti mechanické chybě zanedbatelná. Naměřené hodnoty příkonů se pohybovaly v rozmezí 20-65 [W] a odběr řídicích jednotek, který byl naměřen

při zastaveném motoru je 7,89W. Při 20 [W], tedy při vyvážení kabiny a protizávaží spotřebuje model více než 36% příkonu na řízení motoru.



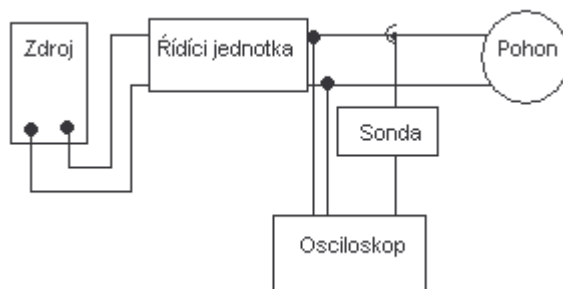
Obr.: 17. Příkon v závislosti na zátěži

V jednotlivých tabulkách jsou uvedeny průměry naměřených hodnot pro dané zátěže, které jsou vykresleny do grafu. Z tabulky a grafu je vidět velký rozdíl mezi prvním a druhým měřením a to v rozmezí 0,69 až 22,34%. Z toho je patrné, že nepřesnost měření způsobená nevhodným vedením kabiny a protizávaží je více než 20%. Na měření má kromě mechanického nedostatku modelu vliv i chyba při odečtení naměřené hodnoty z přístroje, ale ta je díky opakovanému měření proti mechanické chybě zanedbatelná. Naměřené hodnoty příkonů se pohybovaly v rozmezí 20-65 [W] a odběr řídicích jednotek, který byl naměřen při zastaveném motoru je 7,89W. Při 20 [W], tedy při vyvážení kabiny a protizávaží spotřebuje model více než 36% příkonu na řízení motoru.

Použité měřicí přístroje a příslušenství:

- Osciloskop HP 54645D
- Proudová sonda textronix - TM502A
- zesilovač AM 503B
- kleště 100 [A] A6303

Pomocí osciloskopu HP 54645D s proudovou sondou a kleštěmi 100[A]



Obr.: 18. Blokové schéma zapojení pro měření s osciloskopem

se zaznamenávaly napětí a proudy odebírané motorem při různém zatížení po dobu jednoho cyklu. Připojení osciloskopu pro dynamické měření je znázorněno na Obr.: 8.5. Výsledky měření z osciloskopu se nahrály do počítače, kde byly převedeny do vhodného formátu. Data z měření mají 1 milion hodnot, proto tyto data musely být dále upraveny. Aby se výsledky měření daly porovnat s hodnotami ze statického měření, musí být přepočítány na výkon, vypočtený výkon odpovídá příkonu pohonu, proto bude dále označován jako příkon. Zpracované a upravené výsledky se pak porovnávaly s výsledky ze statického měření.

Úprava naměřených dat

Naměřené data, které jsme získaly z osciloskopu byly příliš velká. Každá naměřená veličina měla 1 milion hodnot a například Microsoft Excel umí pracovat jen 36tisíci hodnotami, proto se musely napřed upravit. Data lze upravit mnoha způsoby a v mnoha různých programech. Zde je uveden pouze jeden způsob úpravy a to v programu Matlab, protože v něm šly všechny požadované úpravy jednoduše udělat a nebylo potřeba úprav v jiných programech.

Popis programu na úpravu naměřených dat

Na úpravu hodnot byl použit program na práci s maticemi Matlab. Do programu byla data nahrána a v něm po úpravě vykreslena. Z milionu hodnot se pomocí jednoduchého programu vybrala každá padesátá hodnota a uložila se do nové matice. Data po úpravě měla 20tisíc hodnot a s těmi již není problém pracovat. Protože data z osciloskopu měla 4 sloupce, kde první a třetí sloupec byly stejná časová osa byly nahrazeny pouze jedním sloupcem. Rozdělené a upravené data byly poté vyfiltrována.

Program

Byl spuštěn matlab, ve kterém byl otevřen soubor s daty z osciloskopu. V tomto

příkladem je soubor pojmenován data. Po otevření souboru se vytvoří matice s názvem data, kterou pomocí tohoto programu upravíme. Program pro úpravu je popsán v příloze 14.2 této práce.

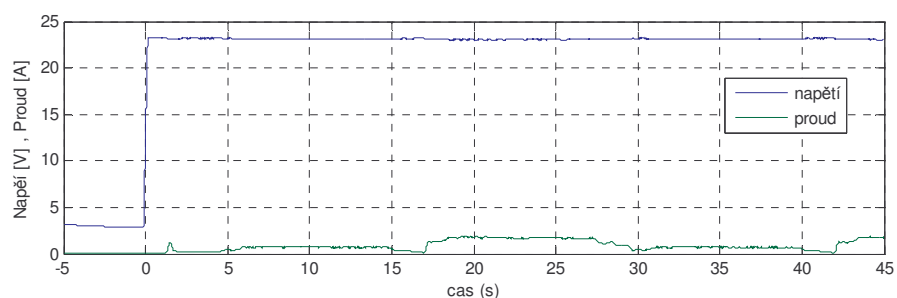
Data se upraví tak, že se pomocí smyčky vezme každá padesátá hodnota z naměřených dat, která se uloží do nové matice. Tato nová matice je řádková, proto se převede na sloupcovou. Tímto dostaneme nové matice s 20ti tisíci hodnotami, které již umíme vykreslit. Proud byl na osciloskopu zaznamenáván v poměru 1[A] na dílek. Proto matici proudu vynásobíme vhodným koeficientem, abychom dostaly hodnoty v jednotkách SI. Poté příkazem smooth data vyfiltrujeme a vykreslíme naměřené napětí a proudu v závislosti na čase. Pro výpočet příkonu mezi sebou vynásobíme matici napětí a proudu a příkon v závislosti na čase opět vykreslíme do grafu.

Data z dynamického měření

Postupem popsaným výše se dostaly grafy potřebné pro porovnání dynamických a statických měření. Z těchto dat je patrné jak se mění příkon se změnou závaží v kabině při jízdě kabiny nahoru a dolů.

Výsledky bez přidaného závaží v kabině

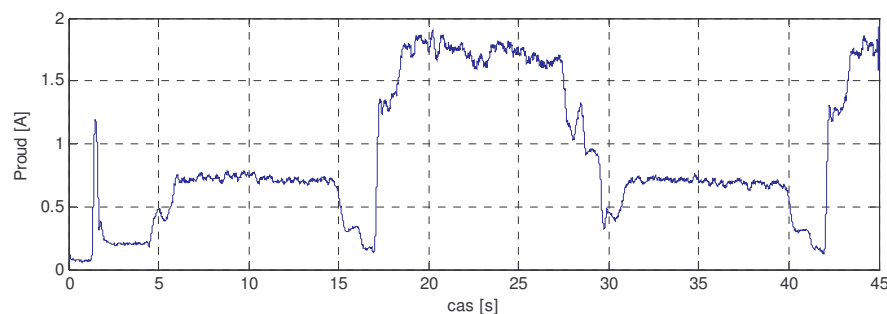
Na Obr.: 19 jsou data z měření, osciloskop vykresloval napětí a proud do jednoho grafu, obě data byla čitelná, protože proud byl zaznamenáván v poměru 1[A] na dílek a napětí bylo zaznamenáváno v poměru 10[V] na dílek. Při přepočítání je proud oproti napětí příliš malý a není čitelný. Po zapnutí výtahu dojde ke skoku napětí na 24[V] viz. čas 0[s] a pak se udržuje na konstantní hodnotě.



Obr.: 19. Napětí a proud naměřené při nulové zátěži

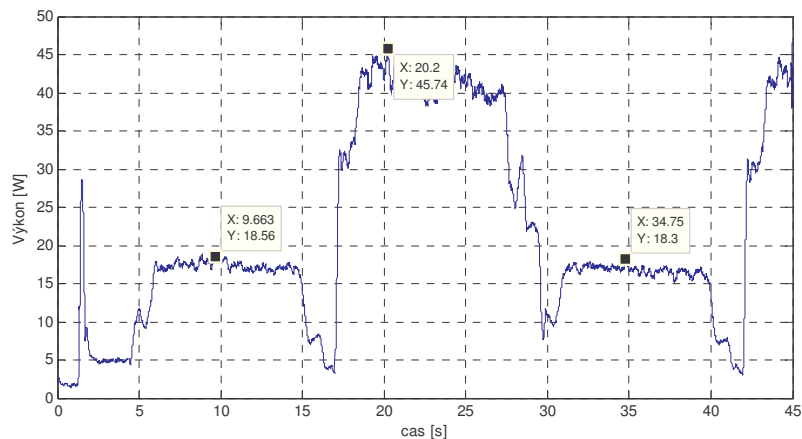
Při měření nás zajímají hodnoty po skokové změně napětí. Po této změně se mění pouze proud, proto je na Obr.: 20 vykreslen samostatně z důvodu lepší čitelnosti hodnot. Na grafu je vidět špička proudu, ke které dojde po zavření dveří, což je impuls pro řídicí

jednotku k uvedení motoru do pohybu. V čase přibližně 5[s] se výtah rozjíždí, v grafu je patrná rozjezdová „S“ křivka, poté jede konstantní rychlostí nahoru (v grafu je to přibližně konstantní hodnota proudu) a v čase okolo 15[s] motor dojíždí a je zde vidět dojezdová „S“ křivka. Poté se výtah zastaví a rozjede směrem dolů. Po rozjezdové křivce jede konstantní rychlostí asi 7[s] pak dojíždí přes dojezdovou křivku, až se v čase okolo 30[s] zastaví a takto se opakují další dva cykly, které slouží pro přesnější výsledky ze statického měření. U dynamického měření byl zaznamenán úsek po dobu 45[s]. V grafu je tedy znázorněno jen měřených 45 [s], což odpovídá 1,5 cyklu.



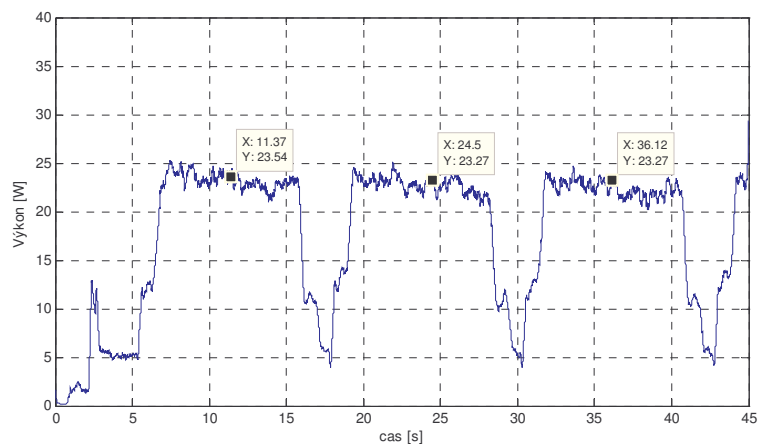
Obr.: 20 Proud při nulové zátěži

Abychom dostali příkon motoru, který jsme měřili při statickém měření, tak vynásobíme naměřený proud konstantní hodnotou napětí: $P = U \cdot I$. Protože se při měření měnila pouze hodnota proudu, je křivka příkonu totožná s křivkou proudu, jen jsou tyto hodnoty přibližně 24krát větší. Při nezatížené kabině Obr.: 21 je vidět, že výtah spotřebuje mnohem více energie při jízdě kabiny dolů, protože soustava je nevyvážená a hmotnost protizávaží je dvakrát větší než je hmotnost kabiny. Proto je naměřený příkon při jízdě dolů více jak dvakrát větší. V ideálním případě by měl být naměřený příkon přesně dvakrát větší při jízdě dolů jak nahoru. Rozdíly jsou způsobeny mechanickou nedokonalostí modelu.



Obr.:21. Příkon při nulovém zatížení kabiny

U statického měření jsme měřili příkon při průjezdu druhým patrem, to odpovídá místům, které jsou označeny v Obr.:21. Tyto hodnoty budou porovnány s hodnotami ze statického měření. Z Obr.: 22 je vidět, že když jede výtah konstantní rychlostí neodebírá konstantní proud, tedy i příkon není konstantní. Chyby jsou způsobeny mnoha vlivy, například rušením při měření nebo třením po tyčích, které nemusí mít kvůli nedokonalému povrchu konstantní hodnotu.



Obr.:22. Příkon při konstantní rychlosti

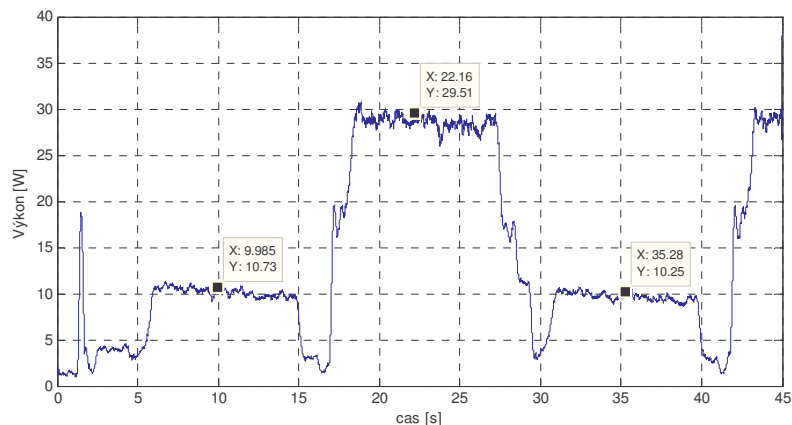
Aby naměřené hodnoty odpovídaly co nejvíce hodnotám ze statického měření je brána hodnota v polovině konstantní rychlosti, což by mělo odpovídat průjezdu kabiny druhým patrem a je vybrána taková hodnota, která se co nejvíce blíží průměrné naměřené hodnotě. Špičková hodnota by totiž značně ovlivnila výsledky měření.

Výsledky se závažím 1Kg

Dynamické měření bylo provedeno pro kabinu bez závaží, poté se závažím 1kg a 2,2kg a nakonec se kabina zatížila závažím o hmotnosti 3kg. Tyto data byla naměřena a zpracována stejným způsobem jak již bylo popsáno výše. Pro porovnání výsledků se

statickým měřením je důležitý pouze příkon, proto u dalších měření jsou v grafu vykresleny jen naměřené příkony.

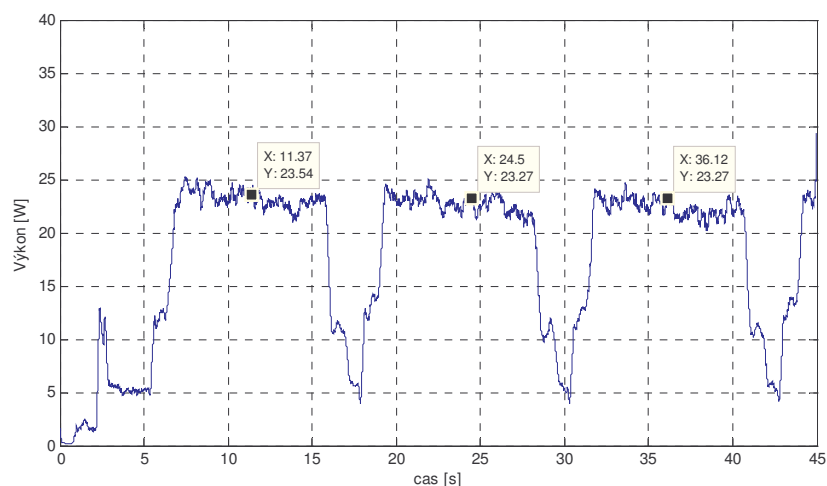
Na Obr.: 23 je vykreslen příkon se zatížením jeden kilogram. Je zde opět zaznamenán příkon při spuštění modelu po dobu 45[s]. Oproti měření bez zatížení se začínají rozdíly příkonu při jízdě nahoru a dolů zmenšovat. U modelu bez zátěže byl rozdíl více než dvojnásobný. V tomto případě je již rozdíl 60,94%.



Obr.:23. Příkon se zatížením kabiny 1kg

Výsledky se závažím 2.2Kg

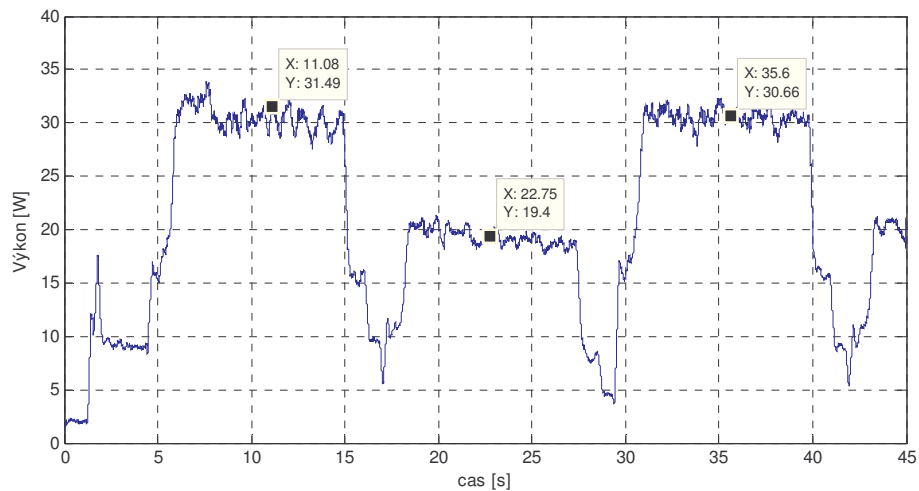
Graf s výsledky při tomto zatížení je uveden na Obr.: 8.11. 2,2kg je váha, při které se hmotnost kabiny a protizávaží vyrovnají a tím se vyrovnají i naměřené příkony při jízdě nahoru a dolů.



Obr.:24. Výsledky z měření při zatížení kabiny 2,2kg

Výsledky se závažím 3Kg

Při zatížení kabiny 3kg je hmotnost kabiny větší než hmotnost protizávaží, proto je větší příkon naměřen při jízdě kabiny nahoru.



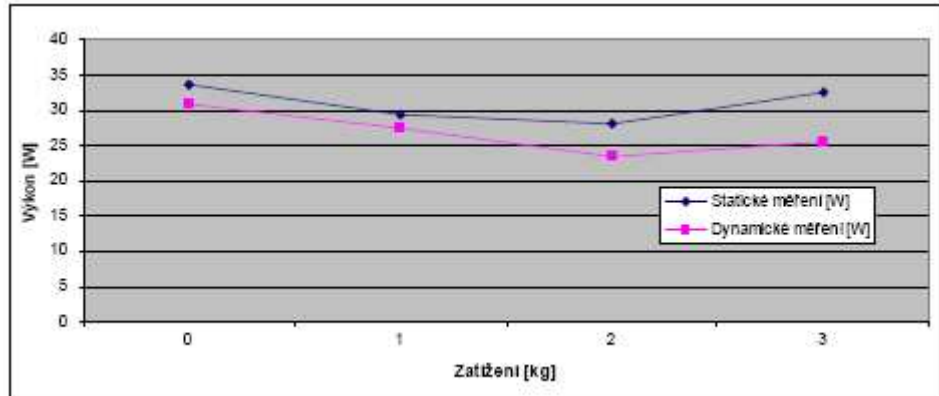
Obr.:25. Výsledky z měření při zatížení kabiny 3kg

Porovnání naměřených výsledků z dynamického a statického měření

Kvůli tomu, že se model měřil před mechanickou úpravou, tak jsou výsledky značně ovlivněny vedením kabiny a protizávaží, ale i tak je nejmenší spotřeba naměřena při vyvážení kabiny a protizávaží, tedy při zatížení kabiny 2,2 [kg]. A naměřené data opisují podobnou křivku viz. Obr.:26. Tyto data budou porovnána s daty po mechanické změně modelu.

Tab.: 4 Porovnání statického a dynamického měření

Hmotnost závaží kabiny [kg]	Statické měření [W]			Dynamické měření [W]		
	Nahoru	Nadolu	Průměr	Nahoru	Nadolu	Průměr
0	20,2	47,13	33,67	18	43,64	30,82
1	22,14	36,58	29,39	20,57	34,15	27,36
2,2	29,09	27,13	28,11	23,44	23,28	23,36
3	39,23	25,73	32,48	31,25	19,93	25,59



Obr.:26. Porovnání statického a dynamického měření

Měření otáček

Měření otáček bylo provedeno optickým digitálním tachometrem DT-2236

Naměřené otáčky motoru jsou 280 [ot/min]. Při nízkých otáčkách však můžeme počítat s větší nepřesností měření.

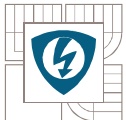
Měření po změně modelu

Statické měření

Měření bylo provedeno stejně jako měření druhé série před mechanickou změnou modelu.

Tab.: 5. Spotřeby pro jeden cyklus při změně závaží v kabina

Závaží kabiny [kg]	Spotřeba pro 1 cyklus
0	179,63
0,2	171,72
0,25	163,4
0,5	153,67
0,75	147,34
1,00	147,00
1,5	135,67
1,75	128,67



2,00	126,00
2,2	121,34
2,5	126
2,75	133
3,00	143,67

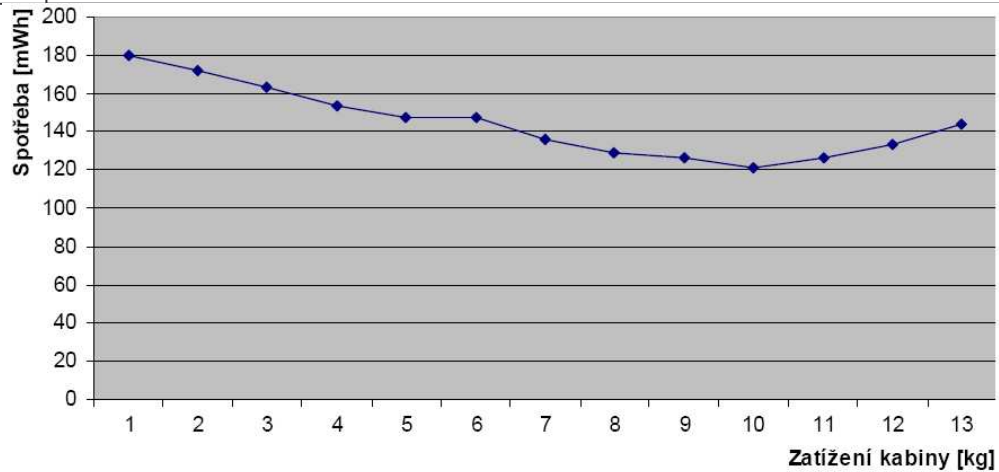
Tab.: 6. Data ze statického měření po mechanické změně modelu

Hmotnost zavaží		1. měření	2. měření	3. měření	průměr W
0kg	nahoru W	20,2	20,3	19,3	19,933
	dole W	47,8	46,9	46,1	46,933
	spotřeba 3cyk. mWh	538,9			
0,2kg	nahoru W	15,5	17	17	16,500
	dole W	40,2	40,8	40,1	40,367
	spotřeba 3cyk. mWh	515,160			
0,25kg	nahoru W	17,1	16,1	16,1	16,433
	dole W	37,8	37,6	37,2	37,533
	spotřeba 3cyk. mWh	490			



0,5kg	nahoru W	16,2	16,2	17,3	16,567
	dole W	34,4	33	34,4	33,933
	spotřeba 3cyk. mWh	461			
0,75kg	nahoru W	16,8	17	17,7	17,167
	dole W	31,3	33,2	31	31,833
	spotřeba 3cyk. mWh	528			
1kg	nahoru W	28,95	29,47	18,6	25,673
	dole W	26,6	28,08	29,8	28,160
	spotřeba 3cyk. mWh	511			
1,5kg	nahoru W	29,53	29,16	18,2	25,630
	dole W	27,42	27,44	28,1	27,653
	spotřeba 3cyk. mWh	510			
1,75kg	nahoru W	20,3	19,1	18,5	19,300
	dole W	24,5	27,2	26,7	26,133
	spotřeba 3cyk. mWh	386			
2kg	nahoru W	22,4	19,1	19,4	20,300
	dole W	22,6	22,4	22,4	22,467
	spotřeba 3cyk. mWh	378			
2,2kg	nahoru W	21,1	22,7	22,3	22,033
	dole W	2,7	22,4	21,2	15,433
	spotřeba 3cyk. mWh	364			
2,5kg	nahoru W	23,1	23,5	23,1	23,233
	dole W	19,3	19,2	19,5	19,333
	spotřeba 3cyk. mWh	378			
2,75kg	nahoru W	26,4	25,2	39,38	30,327
	dole W	19,3	19,8	25,5	21,533
	spotřeba 3cyk. mWh	399			
3kg	nahoru W	28,2	29,7	39,38	32,427
	dole W	19,4	18,1	25,5	21,000
	spotřeba 3cyk. mWh	378			

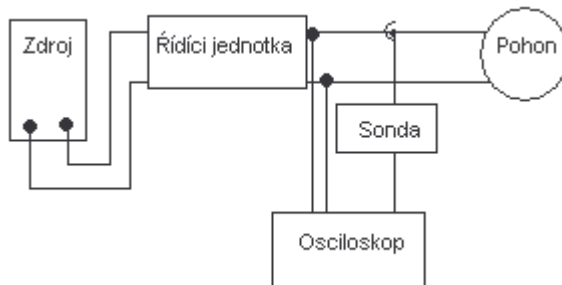
Statické měření se opět provádělo ve třech cyklech a měřil se příkon motoru při průjezdu druhým patrem a spotřeba za tři cykly. Z těchto hodnot je patrná nejnižší spotřeba při zatížení kabiny 2,2 [kg] což je stav, kdy je závaží i kabina vyvážena.



Obr.:27. Závislost spotřeby na zátěži

Dynamické měření

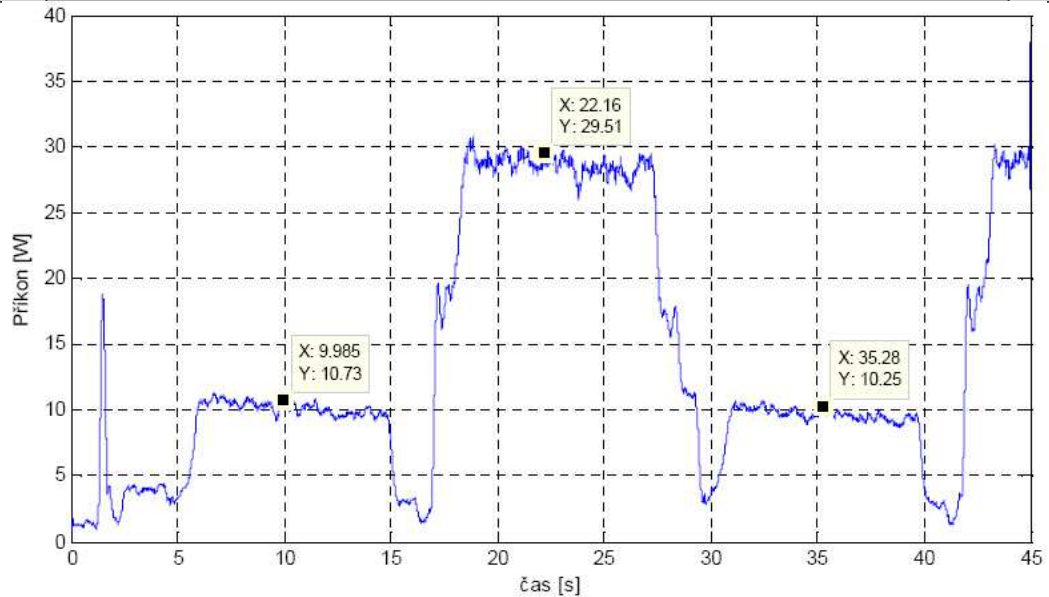
Při dynamickém měření se měřily stejné hodnoty, které jsme naměřili před mechanickou úpravou modelu. To znamená, že se provedly 4 měření pomocí osciloskopu pro model bez zatížené kabiny a potom se kabina zatížila hmotností 1, 2,2 a 3 [kg]. Oproti statickému měření byl rozdíl v tom, že se měřily napětí a proudy až za řídicí jednotkou. Tedy byl změřen příkon pohonu bez řídicí jednotky, zapojení měřícího přístroje je patrné z Obr.:28.



Obr.:28. Zapojení osciloskopu pro dynamické měření po mechanické úpravě modelu

Měření bez zatížení

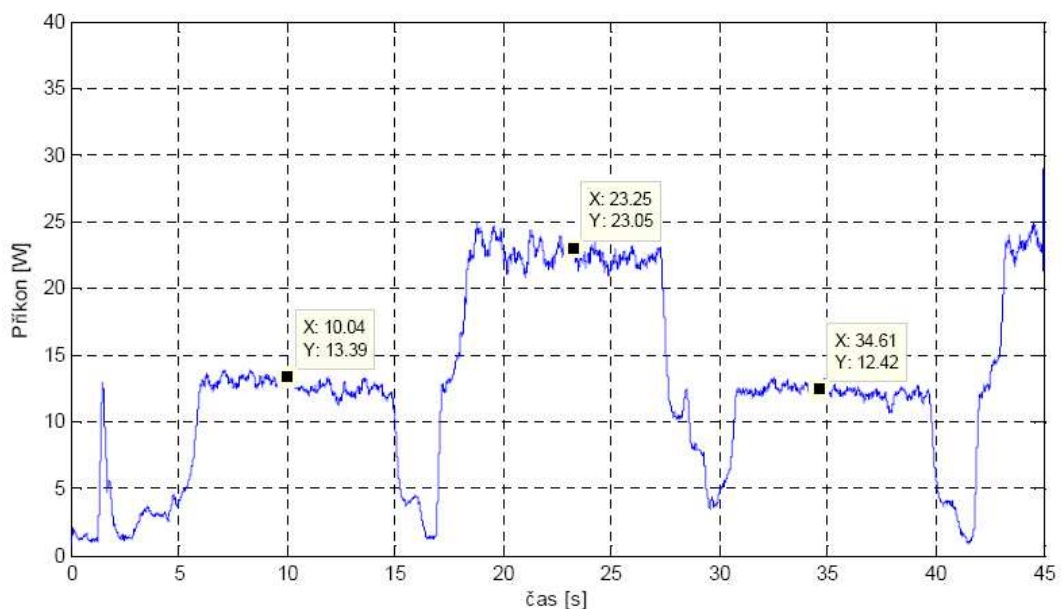
Z měření po změně modelu je patrné, že se snížila celková spotřeba modelu, která bude níže porovnána s měřením před změnou modelu.



Obr.:29. Měření bez zatížení

Měření se zatížením kabiny 1 kg

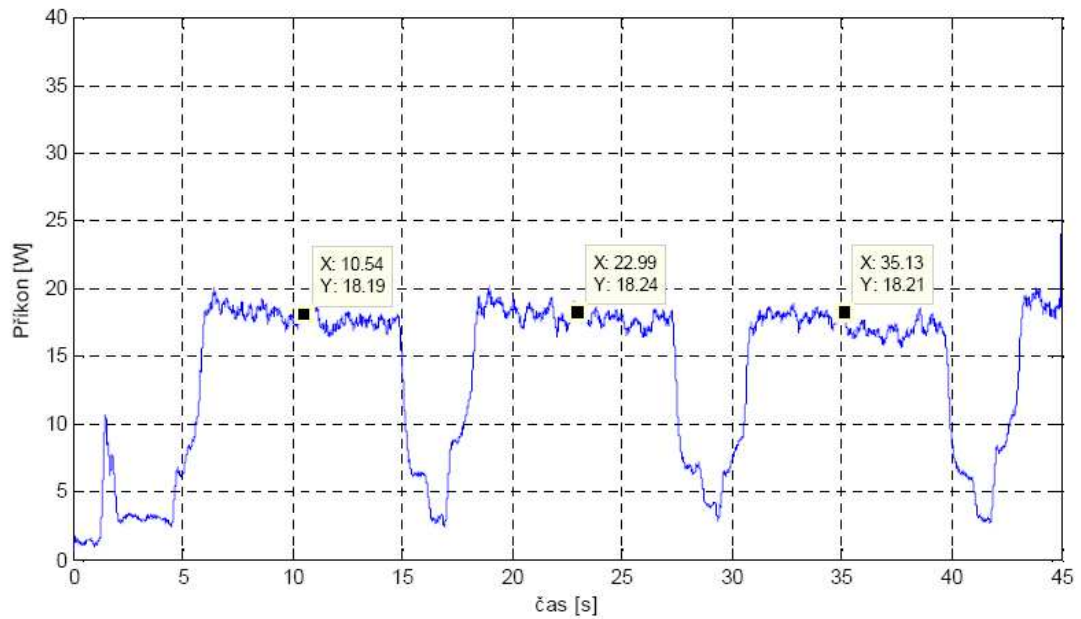
Při zatížení kabiny jedním kilogramem se stejně jako u měření před mechanickou úpravou modelu zmenšil rozdíl příkonu motoru při jízdě modelu dolů a zvýšil příkon při jízdě nahoru. Postupným zvyšováním zatížení kabiny se rozdíly příkonů zmenšují až do vyrovnání hmotnosti kabiny a protizávaží.



Obr.:30. Měření se zatížením kabiny 1 [kg]

Měření se zatížením kabiny 2,2 kg

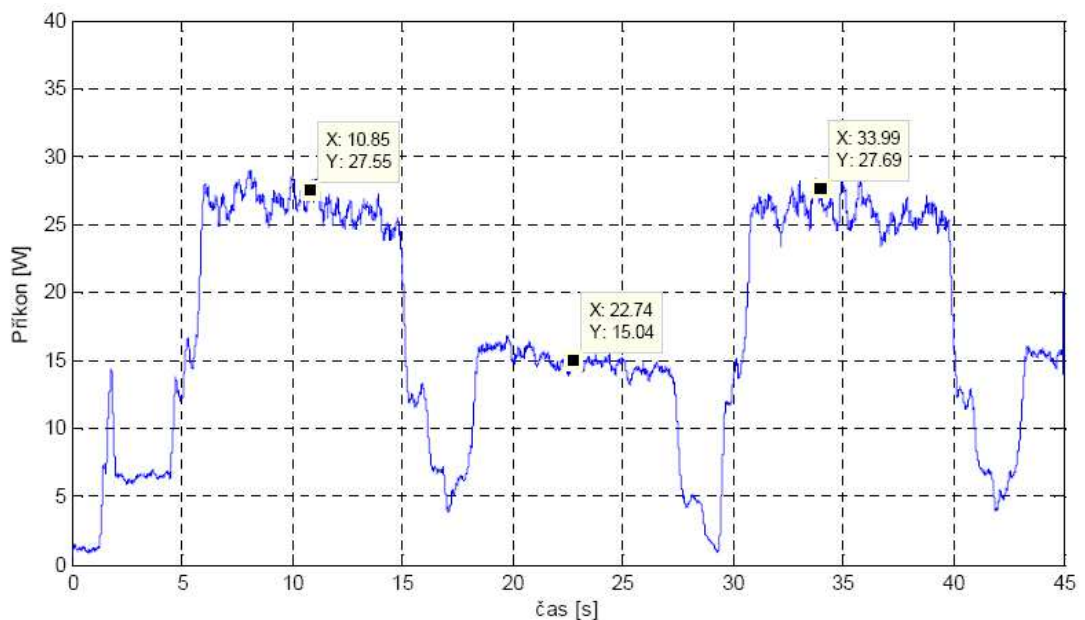
Při vyvážení kabiny a protizávaží se vyrovná naměřená hodnota příkonu motoru při jízdě nahoru i dolů. Nepatrné rozdíly jsou dány chybou měření a působením okolních vlivů.



Obr.:31. Měření se zatížením kabiny 2,2 [kg]

Měření se zatížením kabiny 3 kg

Poslední naměřené hodnoty byly se zatížením kabiny 3 kg, při tomto zatížení je hmotnost kabiny větší jak hmotnost protizávaží, proto je větší spotřeba při jízdě kabiny nahoru, kdy motor táhne rozdíl hmotností kabiny a protizávaží, tedy 0,8 kg.



Obr.:32. Měření se zatížením kabiny 3 [kg]

Všechny naměřené výsledky jak s dynamického tak i ze statického měření, po výměně



vedení kabiny a protizávaží s teflonovými ložisky za nové vedení s lineárními ložisky, bude

porovnáno s měřeními před touto úpravou modelu.

Porovnání statického a dynamického měření

Tab.: 7. Porovnání statického a dynamického měření po mechanické úpravě modelu

Hmotnost závaží kabiny [kg]	Statické měření [W]			Dynamické měření [W]		
	Nahoru	Nadolu	Průměr	Nahoru	Nadolu	Průměr
0	19,933	46,933	33,43	10,49	29,51	20
1	18,733	31	24,86	14,91	23,05	18,98
2,2	22,033	22,1	22,07	18,23	18,14	18,19
3	29,033	18,633	23,83	27,6	15,03	21,32

Data ze statického měření mají vyšší hodnotu než data z osciloskopu, protože statické měření bylo prováděno na zdroji a dynamické měření za řídicí jednotkou, proto jsou hodnoty naměřené na zdroji větší o příkon řídicí jednotky, který je při odpojeném pohonu 7,98 [W] a o spotřebu senzorů a panelů jednotlivých pater a kabiny.

Porovnání naměřených hodnot

Při porovnání naměřených výsledků je jak ze statických tak i z dynamických měření patrné, že se mechanickou změnou modelu snížila celková spotřeba energie a zároveň se snížila poruchovost celé soustavy. Hodnoty před a po změně modelu jsou vykresleny na Obr.: 34

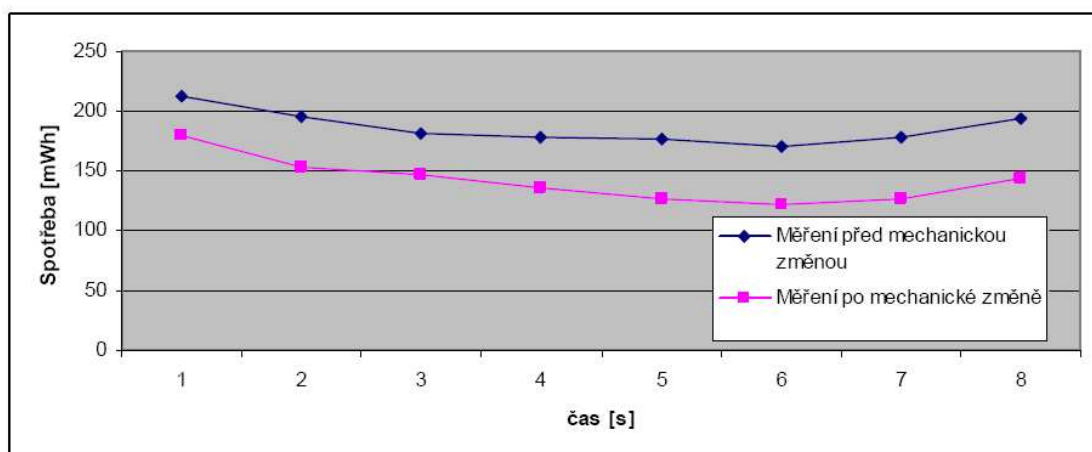
v Tab.: 8 pro statické měření příkonu,

Tab.: 9. pro statické měření příkonu a v Tab.: 10. pro dynamické měření příkonu.

Tab.: 8. Data ze statického měření spotřeby před a po mechanické změně modelu

Hmotnost	Měření před mechanickou	Měření po mechanické	Rozdíl	Rozdíl
závaží kabiny	změnou	změně	ušetřeno	ušetřeno
[kg]	[mWh]	[mWh]	[mWh]	%
0	212	179,63	32,37	15,27
0,5	195,33	153,67	41,66	21,33
1	181,33	147	34,33	18,93
1,5	177,67	135,67	42	23,64
2	176	126	50	28,41
2,2	170	121,34	48,66	8,62
2,5	177,67	126	51,67	29,08
3	193,33	143,67	49,66	25,89

Jednotlivé spotřeby a úspory energie pro jeden cyklus v [mWh] a úspory v [%] jsou uvedeny v tabulce. Úspora el. energie je tedy například pro případ bez zatížení kabiny 15,26%, což by mělo odpovídat i maximálnímu zatížení kabiny, protože pohon při maximálním zatížení zvedá stejnou zátěž, jen jde o hmotnost kabiny a ne o hmotnost protizávaží. Jak je vidět z grafu rozdíly při nezatížené soustavě jsou bez zatížení kabiny nejmenší, rozdílné úspory energie jsou dány tím že řídicí jednotky nemají konstantní příkon a výsledky z prvního měření jsou zkresleny špatným vedením kabiny a protizávaží.



Obr.:33. Spotřeba za 1 cyklus před a po mechanické úpravě

Tab.: 9. Data ze statického měření příkonu před a po mechanické změně modelu

Hmotnost závaží kabiny [kg]	Statické měření [W]			Dynamické měření [W]			Rozdíl příkonu [%]
	Nahoru	Nadolu	Průměr	Nahoru	Nadolu	Průměr	
0	20,2	47,13	33,67	19,93	46,93	33,43	0,8
1	22,14	36,58	29,39	18,73	31	24,9	15,19
2,2	29,09	27,13	28,11	22,03	22,1	2,07	21,49
3	39,23	25,73	32,48	29,03	18,663	23,8	26,72

V tabulce jsou průměrné hodnoty ze statického měření při průjezdu druhým patrem v jednotlivých směrech a průměrná hodnota obou směrů. Když porovnáme hodnotu příkonu při hmotnosti 2,2kg tedy 28,11 [W] před změnou a 22,07 [W] po změně vychází nám snížení příkonu po úpravě modelu na 21,5%. Z těchto hodnot je vidět velký vliv okamžitého příkonu řídicí jednotky, která značně ovlivňuje naměřené hodnoty.



Porovnání dat dynamického měření

Tab.: 10. Data z dynamického měření příkonu před a po mechanické změně modelu

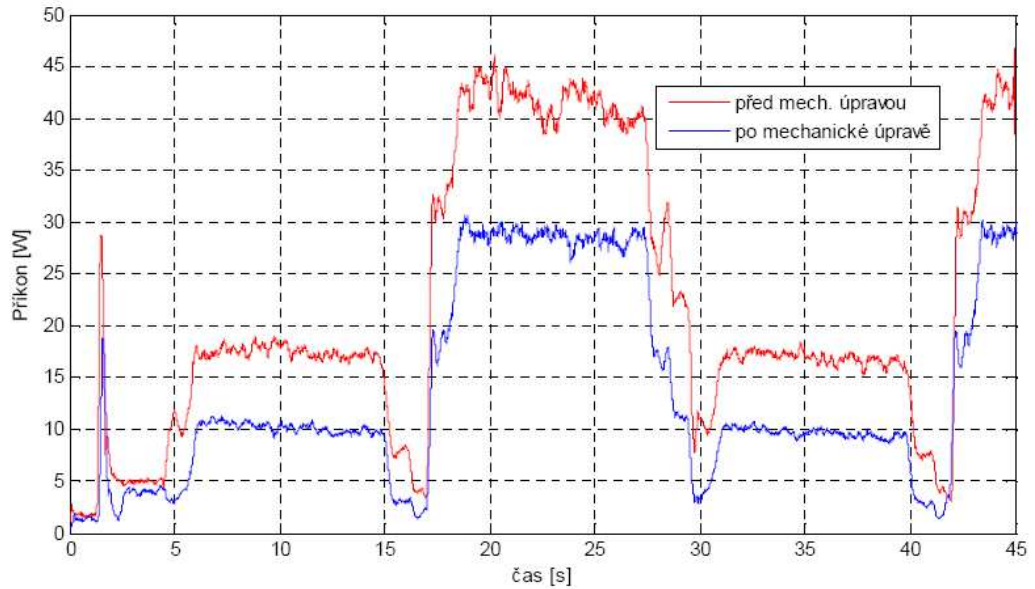
Hmotnost závaží kabiný [kg]	Statické měření [W]			Dynamické měření [W]		
	Nahoru	Nadolu	Průměr	Nahoru	Nadolu	Průměr
0	17,99	43,64	30,815	10,49	29,51	20
1	20,565	34,15	27,3575	14,91	23,05	18,98
2,2	23,585	23,28	23,4325	18,23	18,14	18,185
3	31,25	19,93	25,59	27,6	15,03	21,315

V této tabulce jsou odečteny hodnoty z dynamického měření při průjezdu druhým patrem, které byly vybrány pro porovnání statických a dynamických výsledků, které již byly popsány výše. Rozdílné příkony motoru před a po mechanické úpravě lépe vystihují grafy v následující kapitole.

Porovnání dat při nezatížené kabině

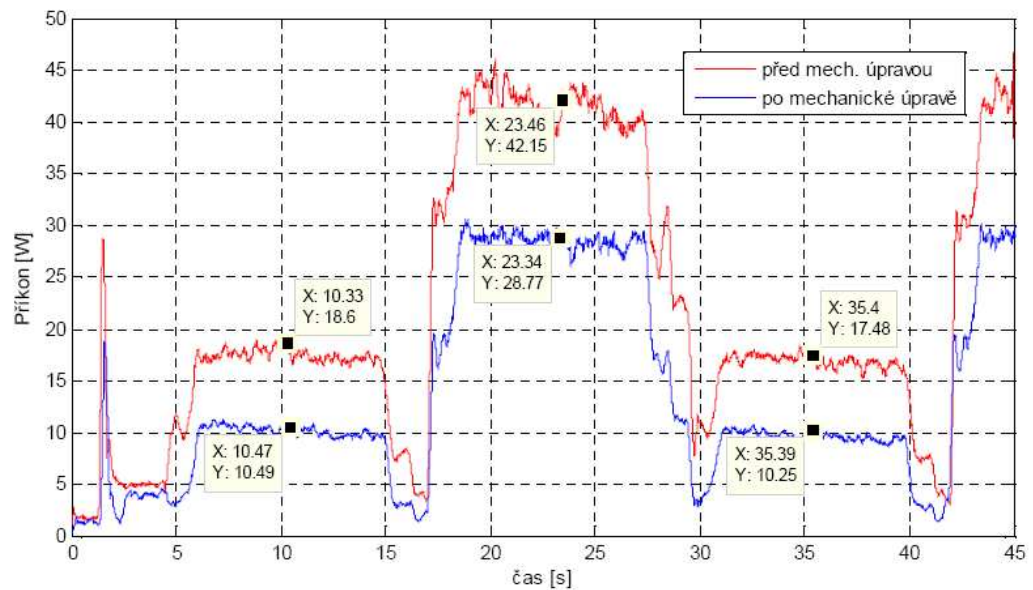
Nejlépe snížení příkonu motoru vystihuje dynamické měření, z kterého je vidět okamžitá hodnota příkonu v čase. Pro porovnání hodnot z měření před a po změně modelu bylo potřeba posunout časovou osu jednoho ze dvou naměřených výsledků. Posunutí časové osy bylo provedeno jednoduchou úpravou příkazu pro vykreslení grafu. Příklad: Pokud měření jedna bylo spuštěno o 1,24 [s] dříve než měření dva, byly o tuto hodnotu posunuty i všechny naměřené hodnoty a proto se musí ke každé hodnotě v matici tento rozdíl přičíst. Vykreslení dvou grafů se provede např. příkazem `plot (t,P,t2,P2)`, kde t a t_2 je časová osa. Chceme-li tedy posunout všechny hodnoty pro měření 2 v čase o 1,24 [s] stačí příkaz upravit takto: `plot (t,P,t2+1.24,P2)`.

Příkon při nezatížené kabině je na Obr.: 34



Obr.:34. Nezatížená kabina

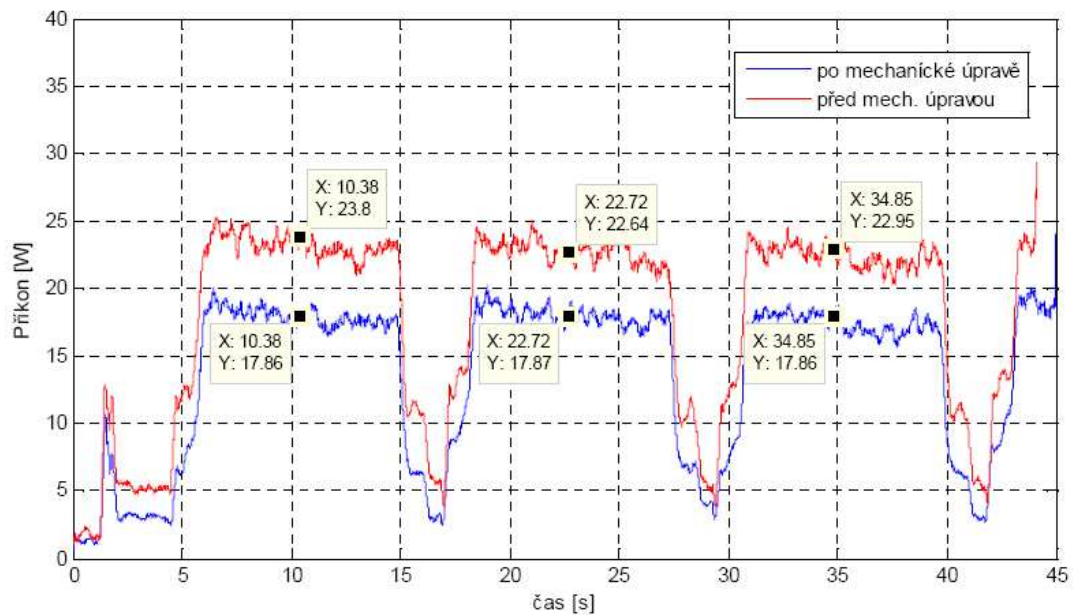
Na grafu jsou vykresleny příkony pohonu, jednotlivé změny příkonu byly již popsány u prvního grafu, tento graf jen porovnává spotřebu pohonu před a po mechanické úpravě.



Obr.:35. Zatížení kabiny 1 [kg] s hodnotami příkonu při konstantní rychlosti

Z vykreslených hodnot je zřejmé, že na motor působí menší zátěž díky odstranění velkého tření původních teflonových ložisek použitých na modelu.

Porovnání dat při zátěži kabiny 2,2 [kg]



Obr.:36. Zatížení kabiny 2,2 [kg] s hodnotami příkonu při konstantní rychlosti
Průměrná hodnota příkonu při jízdě výtahu nahoru a dolů upraveného modelu se zatížením 2,2 kg, tedy při vyvážení kabiny a protizávaží, je 17,86 [W], zatímco před úpravou byla průměrná hodnota příkonu motoru 23,13 [W]. Z toho vyplývá snížení příkonu téměř o 22,8%.



5 ZÁVĚR

Účelem této diplomové práce bylo navázání na semestrální práce a přivedení modelu do zcela funkčního stavu. Součástí práce byla jak mechanická úprava pohybu kabiny po vodících tyčích, tak i náhrada poruchových jazýčkových kontaktů optickými snímači. K tomu byli vhodně upravená softwarová část modelu. Řídící jednotka motoru prošla změnami za účelem automatizovaného měření a současně bylo upraveno softwarové řízení výtahu.

Model byl testován jak staticky, tak i dynamicky. Důležité je si však uvědomit, že výsledky nelze porovnávat s výsledky naměřenými na reálním výtahu, jelikož model nebyl zhotoven v poměru k žádnému existujícímu výtahu. Měřením se pouze poukazuje na stav jak se dá vhodnými úpravami snížit příkon pohonu. Měřením dynamickým a statickým se také porovnávaly metodiky a odchylky měření v závislosti na zvoleném druhu.

Po sérii testů se zjistilo, že zdokonalený model je již zcela funkční a je ho možné využívat k laboratorním pracím.

Získané výsledky ukazují, jak se dá účinně snížit příkon motoru, což může mít vliv na snížení provozních nákladů a ovlivnění poruchovosti.

Tato práce slouží k inovaci laboratorní výuky elektrických pohonů v bakalářském i magisterském studiu oboru SVE a Mechatronika.



LITERATURA

- [1] http://www.triplex.cz/historie_vytahu.php
- [2] <http://www.servida.com>
- [3] <http://www.yokogawa.com>
- [4] Model domovního výtahu, diplomová práce, 2005, student, Ján Vidlák, vedoucí doc. Ing. Josef Koláčný, CSc.
- [5] Elektrický pohon modelů výtahu s EC motorem, semestrální projekt 1, 2007, Tomáš Kutruč, vedoucí doc. Ing. Josef Koláčný, CSc.
- [6] Elektrický pohon modelů výtahu s EC motorem, semestrální projekt 2, 2007, Tomáš Kutruč, vedoucí doc. Ing. Josef Koláčný, CSc.
- [7] Elektricky regulované pohony, autor Prof. Ing. Jiří Skalický, CSc. 2007



PŘÍLOHY

Upravený algoritmus řídicí jednotky motoru SERVIDA

```
UAI          'nastaveni pinu A jako dig. vstup nulovy bod
UGI          'nastaveni pinu G jako dig. vstup tlacitka
UFI          'nastaveni pinu F jako dig. vstup tlacitka
UEI          'nastaveni pinu E jako dig. vstup tlacitka
UCO          'nastaveni pinu C jako dig. vystup nahoru/dolu
UDO          'nastaveni pinu D jako dig. vystup
UBI          'nast. pinu B jako vstup sig. otevrenych dveri
UD=1        'aby byla na zacatku 1 i po STOPU
UC=1        'aby byla na zacatku 1 i po STOPU
f=7         'nastaveni buferu tlacitek na nic nebylo stisknute
g=7
h=7
d=7
e=0
MP          'rychlostni mod
AMPS=1023   'nastaveni max. momentu
THD=12000   'nastaveni hlaseni teploty
A=100       'nastaveni zrychleni
V=100000    'nastaveni rychlosti pro rychl. mod
G
GOSUB2
P=-1000     'přesun do 1 patra
a=P
G
WAIT=8000   'čeká 2 sek. než začne pracovat
GOSUB14     'výjezd do 3. patra po rampě
GOSUB11     'sjezd do 1. patra po rampě
GOSUB14
GOSUB11
GOSUB14
GOSUB11
END
C2
WHILE UAI==1
LOOP
O=0
V=-150000
MP
```



RETURN

C3

b=a+500

V=-32000

G

WHILE @P<b

LOOP

b=a+1000

V=-35000

G

WHILE @P<b

LOOP

b=a+2000

V=-47000

G

WHILE @P<b

LOOP

b=a+2500

V=-57000

G

WHILE @P<b

LOOP

b=a+3000

V=-75000

G

WHILE @P<b

LOOP

b=a+3500

V=-102000

G

WHILE @P<b

LOOP

b=a+4000

V=-150000

G

WHILE @P<b

LOOP

RETURN

C4

b=a-4000

WHILE @P<b

LOOP



b=a-3500

V=-102000

G

WHILE @P<b

LOOP

b=a-3000

V=-75000

G

WHILE @P<b

LOOP

b=a-2500

V=-57000

G

WHILE @P<b

LOOP

b=a-2000

V=-47000

G

WHILE @P<b

LOOP

b=a-1000

V=-35000

G

WHILE @P<b

LOOP

b=a-500

V=-32000

G

WHILE @P<b

LOOP

RETURN

C5

b=a-500

V=32000

G

WHILE @P>b

LOOP

b=a-1000

V=35000

G

WHILE @P>b

LOOP



b=a-2000

V=47000

G

WHILE @P>b

LOOP

b=a-2500

V=57000

G

WHILE @P>b

LOOP

b=a-3000

V=75000

G

WHILE @P>b

LOOP

b=a-3500

V=102000

G

WHILE @P>b

LOOP

b=a-4000

V=150000

G

WHILE @P>b

LOOP

RETURN

C6

b=a+4000

WHILE @P>b

LOOP

b=a+3500

V=102000

G

WHILE @P>b

LOOP

b=a+3000

V=75000

G

WHILE @P>b

LOOP

b=a+2500

V=57000



```
G
WHILE @P>b
LOOP
b=a+2000

V=47000
G
WHILE @P>b
LOOP
b=a+1000
V=35000
G
WHILE @P>b
LOOP
b=a+500
V=32000
G
WHILE @P>b
LOOP
RETURN
C11
UC=0
a=-93000
P=-1000
WAIT=4000
G
GOSUB3
a=P
WHILE @P<-7000
LOOP
GOSUB4
RETURN
C14
UC=1
a=-1000
P=-93000
WAIT=4000
G
GOSUB5
a=P
WHILE @P>-87000
LOOP
GOSUB6
```



```
RETURN
C18
UC=0
a=-1000
P=-47000

WAIT=4000
G
GOSUB5
a=P
WHILE @P>-41000
LOOP
GOSUB6
WAIT=4000
RETURN
C17
UC=0
a=-47000
P=-1000
WAIT=4000
G
GOSUB3
a=P
WHILE @P<-7000
LOOP
GOSUB4
WAIT=4000
RETURN
```

Upravený algoritmus řídicí jednotky výtahu v procesoru Atmel 89C51

```
BTLAC EQU 50
RTLAC EQU 51
NREPZHA EQU 52

ZAPNI BIT P3.2 ;log.0 na pinu zapina napajeni pro motor
UPDOWN BIT P1.5 ;log.0 down log.1 up
ERTLAC BIT P1.4 ;log.0 maze hodnotu tlacitek
NBOD BIT P2.0 ;log.0 vytah se nachazi v nulovem bode (spinac)
NPOIN BIT P1.7 ;log.0 hlasi motoru, ze ma nastavit v nulovy bod
LED BIT P0.7 ;log.0 led down log.1 led up
```



```
DVERE2 BIT P0.4 ;log.0 signalizuje otevrene dvere v patre 2
DVERE1 BIT P2.6 ;log.0 signalizuje otevrene dvere v patre 1
DVERE3 BIT P2.4 ;log.0 signalizuje otevrene dvere v patre 3
CEKEJ BIT P1.6 ;log.0 signalizuje motoru dvere otevrene
PATRO3 BIT P3.7 ;log.0 signalizuje kabina je v patre3
PATRO2 BIT P3.5 ;log.0 signalizuje kabina je v patre2

PATRO1 BIT P3.3 ;log.0 signalizuje kabina je v patre1
FIRST BIT 1 ;log.0 povoleni zobrazovani dat na displeji
RNTL BIT 2 ;log.0 zakaze opak. mazani tlacitek
STOJI BIT 3 ;log.0 vytah stoji muzes otevrit dvere
NECTI BIT 4 ;log.0 zakaz cteni tlacitek patra pri otevrenych
;dverich kvuli indukovani chybného hlaseni tl. od
;dveri
```

ORG 0

JMP INIT

ORG 0BH

JMP ZHLED ;pøerušení pro zhasnutí LED při dojetí výtahu

```
INIT: CLR ZAPNI ;zapne napajeni motoru
MOV SP,#80 ;posunutí zásobníku
MOV RTLAC,#11111111B ;vstupni nastaveni promínych
MOV NREPZHA,#255
SETB FIRST
SETB RNTL
SETB STOJI
MOV TMOD,#00000010B ;nastavení èítaèe
MOV IE,#10000010B
MOV PCON,#10000000B
```

```
START: CALL NPOINT ;kontrola nulového bodu
CALL KTLAC ;kontrola stisknutých tlačítek
CALL KDVERE ;kontrola otevřených dveří
CALL ZDATA ;nastavení dat pro zobrazení na displej
CALL NUTLAC ;vynulování informací tlačítek pro motor
JMP START
```

*****KONTROLA NULOVEHO BODU*****

```
NPOINT: JB NBOD,ENPOINT ;pøekoè dokud není stisknutý nulový bod
CLR NPOIN ;nastaví log.0 výtah je v nulovém bodi
CLR FIRST ;nastaví log.0 pro povolení zobrazení dat na displeji
```



```
ORL P1,#00001111B ;vynulování informací tlačítek pro motor
    JMP ENBOD
ENPOINT:SETB NPOIN ;výťah není v nulovém bodi
ENBOD:    RET
;*****
;*****VYMAZE TLACITKA PRO MOTOR*****
NUTLAC:    JB ERTLAC,SRNTL

    JNB RNTL,ENUTLAC
    ORL P1,#00001111B
    CLR RNTL
    JMP ENUTLAC
SRNTL:    SETB RNTL
ENUTLAC:RET
;*****
;*****ZOBRAZOVANI DAT NA DISPLEJI*****
ZDATA: JB UPDOWN,NAUP
    CLR LED ;rozsviti led down
    JMP KPATRO1
NAUP: SETB LED ;rozsviti led up
    JB FIRST,MEZISK ;poprve zobraz az se nastaví nulový bod

KPATRO1:MOV A,NREPZHA ;načte do A hodnotu pro zamezení opakování stejných dat
    JB PATRO1,KPATRO2 ;kontrola zda je výťah v patøe 1
    CJNE A,#1,INTPAT1 ;kontrola zda se data neopakují
    JMP EZDATA
INTPAT1:MOV A,P0 ;jestli ne rozsvi na displeji 1
    ANL A,#10011111B ;maskování
    ORL A,#00111111B
    MOV P0,A
    MOV NREPZHA,#1 ;nastavení hodnoty pro zabrániní opakování dat
    JMP SPCITAC

KPATRO2:JB PATRO2,KPATRO3 ;kontrola zda je výťah v patøe 2
    CJNE A,#2,INTPAT2 ;kontrola zda se data neopakují
    JMP EZDATA
INTPAT2:MOV A,P0 ;jestli ne rozsvi na displeji 2
    ANL A,#10011111B ;maskování
    ORL A,#01011111B
    MOV P0,A
    MOV NREPZHA,#2 ;nastavení hodnoty pro zabrániní opakování dat
    JMP SPCITAC
```



KPATRO3:JB PATRO3,DATROZJ ;kontrola zda je výtah v patøe 3

CJNE A,#3,INTPAT3 ;kontrola zda se data neopakují

JMP EZDATA

INTPAT3:MOV A,P0 ;jestli ne rozsvi□ na displeji 3

ANL A,#10011111B ;maskování

ORL A,#01111111B

MOV P0,A

MOV NREPZHA,#3 ;nastavení hodnoty pro zabránění opakování dat

JMP SPCITAC

MEZISK: JMP EZDATA ;meziskok dáno délkou skoku JB

;v této èásti se zobrazí znovu data, protože pro zhasnutí led se posílá jako by

;se mìla zobrazit nula (data zstanou, ale LED zhasnou). Proto až se výtah

;rozejde se musí znovu nastavit data pro displej a rozsvítit Led UP nebo DOWN

DATROZJ:MOV A,NREPZHA

CJNE A,#1,DATROZ2

MOV A,P0

ANL A,#10011111B

ORL A,#00111111B

MOV P0,A

SETB STOJI ;výtah už zase jede

JMP EZDATA

DATROZ2:CJNE A,#2,DATROZ3

MOV A,P0

ANL A,#10011111B

ORL A,#01011111B

MOV P0,A

SETB STOJI ;výtah už zase jede

JMP EZDATA

DATROZ3:CJNE A,#3,EZDATA

MOV A,P0

ANL A,#10011111B

ORL A,#01111111B

MOV P0,A

SETB STOJI ;výtah už zase jede

JMP EZDATA

;spuštíní èasovaèe pro zhasnutí LED pøí zastavení

SPCITAC:SETB RS0 ;prepnutí do banky reg.2

MOV R0,#25



```
MOV R1,#100      ;nastaveni 300ms pro preruseni T0 BLIKEJ
CLR RS0
MOV TH0,#0A4H    ;nastavení 100us
MOV TL0,TH0
MOV TCON,#00010000B ;spuštění časovače
EZDATA: RET
;*****
;*****KONTROLA OTEVRENYCH DVERI*****

KDVERE:  JB DVERE1,DVER2  ;kontrola zda nejsou otevřené dveře1
          JB PATRO1,VYPNI  ;výtah se musí nacházet v patře1 jinak ho vypni
          CLR NECTI       ;nežti tlačítko v patře může to být chyb. informace
          JB STOJI,VYPNI  ;výtah musí stát jinak ho vypni
          JMP NCEKEJ

DVER2:  JB DVERE2,DVER3  ;kontrola zda nejsou otevřené dveře2
          JB PATRO2,VYPNI  ;výtah se musí nacházet v patře2 jinak ho vypni
          CLR NECTI       ;nežti tlačítko v patře může to být chyb. informace
          JB STOJI,VYPNI  ;výtah musí stát jinak ho vypni
          JMP NCEKEJ

DVER3:  JB DVERE3,ZADVER ;kontrola zda nejsou otevřené dveře3
          JB PATRO3,VYPNI  ;výtah se musí nacházet v patře3 jinak ho vypni
          CLR NECTI       ;nežti tlačítko v patře1 může to být chyb. informace
          JB STOJI,VYPNI  ;výtah musí stát jinak ho vypni
          JMP NCEKEJ

VYPNI:  SETB ZAPNI       ;vypnutí napájení pro motor
          JMP EKDVERE

ZADVER:  SETB CEKEJ      ;dveře zavřené informace pro motor
          CLR ZAPNI      ;zapni napájení motoru
          SETB NECTI     ;znovu cti všechny tlačítka
          JMP EKDVERE

NCEKEJ:  CLR CEKEJ      ;dveře otevřené informace pro motor
EKDVERE:RET
;*****
;*****KONTROLA STISKNUTYCH TLACITEK*****

KTLAC:  MOV A,P0        ;nacte tlačítka z kabiny
          MOV C,P2.2     ;nacte
          MOV ACC.3,C
          MOV C,P2.3
```



```
MOV ACC.4,C
MOV C,P2.5
MOV ACC.5,C
MOV C,P2.7
MOV ACC.6,C
ANL A,#01111111B ;abychom ctili bez tlacitka kabina 4
MOV DPTR,#TABTL
MOVC A,@A+DPTR ;nacte data z tabulky
JB NECTI,GOOD ;otevøely se dveøe zkontroluj chybové hlášení od tlaè.
JB DVERE3,DOOR2 ;kvuli indukovanemu pulzu od otevreni dveri3 necti tlac

CJNE A,#1110011B,GOOD ;nepøišla informace od tlaè. patra3
MOV A,#11111111B ;ano pøišlo nastav nic nebylo stisknuté
JMP GOOD

DOOR2: JB DVERE2,DOOR1 ;kvuli indukovanemu pulzu od otevreni dveri2 necti tlac
CJNE A,#1110111B,DOWN ;nepøišla informace od tlaè. patra2 UP
JMP PRESK
DOWN: CJNE A,#1110101B,GOOD ;nepøišla informace od tlaè. patra2 DOWN
PRESK: MOV A,#11111111B ;ano pøišlo nastav nic nebylo stisknuté
JMP GOOD

DOOR1: JB DVERE1,GOOD ;kvuli indukovanemu pulzu od otevreni dveri1 necti tlac
CJNE A,#1110001B,GOOD ;nepøišla informace od tlaè. patra1
MOV A,#11111111B ;ano pøišlo nastav nic nebylo stisknuté
GOOD: CJNE A,RTLAC,NTLAC ;kontrola zda se neopakuje stejne tlacitko
JMP EKTLAC ;stejne
NTLAC: CJNE A,#11111111B,TLCONT;kontrola zda bylo nico stisknuté
MOV RTLAC,A
JMP EKTLAC
TLCONT: MOV BTLAC,A ;nastaví informaci od tlaèetek pro motor
MOV A,P1
ORL A,#00111111B
ANL A,BTLAC
MOV RTLAC,BTLAC
MOV P1,A
EKTLAC: RET

;*****ZHASNUTI LED DIOD PRERUSENI*****
ZHLED: PUSH ACC
PUSH DPL
PUSH DPH
SETB RS0 ;prepnuti do druhe banky registru
```



```
DJNZ R0,EZHLED
DJNZ R1,EZHLED
MOV A,P0
ANL A,#10011111B
ORL A,#00011111B
MOV P0,A
CLR STOJI          ;vytah zastavil
EZHLED:   CLR RS0          ;navrat do prvni banky reg.
POP DPH
POP DPL
POP ACC

RETI
;*****

TABTL:   DB 11111111B ;0
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B ;10
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B ;20
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
DB 11111111B
```



DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B ;30

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B ;40

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B ;50

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B ;60

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11110001B ;stisknute tlac. patro 1



DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B ;70

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B ;80

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B ;90

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11110011B ;stisknute tlac. patro 3

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B ;100

DB 11111111B



DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B ;110

DB 11110101B ;stisknute tlac. patro 2 down

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 11110111B ;stisknute tlac. patro 2 up

DB 11111111B ;120

DB 11111111B

DB 11111111B

DB 1111101B ;kabina tlac.3

DB 11111111B

DB 1111011B ;kabina tlac.2

DB 1111001B ;kabina tlac.1

DB 11111111B ;

DB 11111111B

DB 11111111B