

Elektrické rameno pre analógovú a IP kameru

ElectricallyAdjustableArmforthecamera

Bc. Rudolf Chovanec

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Rudolf Chovanec**
Osobní číslo: **A12361**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Elektricky polohovatelné rameno pro kameru**
Téma anglicky: **An Electrically Adjustable Arm for Cameras**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na téma elektrická polohovatelná ramena.
2. V rámci rešerše se zaměřte na možnosti využití polohovatelných ramen v kamerových systémech včetně jejich dálkového ovládání.
3. Navrhněte polohovatelné rameno s definovanou nosností a s definovanými provozními podmínkami.
4. Polohovatelné rameno prakticky realizujte, pro jeho ovládání navrhněte vhodný software.
5. Ověřte funkčnost realizovaného polohovatelného ramene.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Zvára, Jaroslav: Jednotný systém dopravních informací pro ČR [prezentace]. 2013. Dostupné na [www:\[http://portal.dopravniinfo.cz/jsdil\]](http://portal.dopravniinfo.cz/jsdil).**
2. **Loskot, S., Slemer, M. (2010): Zadávací dokumentace ČJ. PPR-19615-9/ČJ-2010-0099EC část Zadávací dokumentace [2013-10-11]. Dostupné na stránce [www:\[http://www.policie.cz/clanek/mobilni-monitorovaci-centrum-187640.aspx\]](http://www.policie.cz/clanek/mobilni-monitorovaci-centrum-187640.aspx).**
3. **NOVÁK, Petr. Mobilné roboty. praha: Ben – Technická literatúra, 2005. ISBN 80-7300-141-1.**
4. **CNC : úprava krokových motorů [online]. 2001 [cit. 2014-01-23]. Dostupné z: <http://www.c-n-c.cz>.**
5. **ZÁSKALICKÝ, Pavel. Krokové motory. Košice: Košice, 2007. ISBN 978-80-8073-778-8.**
6. **JAN, Timko. Elektrotechnika. Košice: Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-8073-779-5.**
7. **CNC. H5 Controller [online]. Bratislava, 2012 [cit. 2014-01-23]. Dostupné z: <http://cnc1.eu/sk/h5controller.htm>.**
8. **ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. Praha: BEN-Technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-207-8.**

Vedoucí diplomové práce:

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

7. února 2014

Termín odevzdání diplomové práce:

27. května 2014

Ve Zlíně dne 7. února 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

děkan



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.

ředitel ústavu

ABSTRAKT

Diplomová práca sa zaoberá návrhom a realizáciou elektricky ovládaného ramena pre analógovú alebo IP kameru. Úlohou práce je mechanicky zostrojiť a postupne opísať realizáciu takéhoto ramena. V diplomovej práci sa postupne opisuje z čoho sa elektrické rameno skladá, akou formou sa pohybujú jednotlivé časti, a čo je centrálnou jednotkou, ktorá rameno riadi. Riadiaca jednotka jednotlivo ovláda každú súčasť ramena. O primárny chod jednotlivých častí sa starajú bipolárne krokové motory, ktoré sú vsadené v nosný ch profiloch. Tiež sa opisuje materiál z ktorého je toto rameno zhotovené. Elektrické rameno sa ovláda pomocou softwaru, ktorý je v počítači. Práca obsahuje postup, ktorý je sprevádzaný fotografiami.

Kľúčová slova: Controller H5, krokové motory, elektrické rameno, bipolárny motor,

ABSTRACT

This thesis deals with the design and implementation of a power-operated arm for analog or IP camera. The task of this work is to construct a mechanical procedure describes the implementation of such arms. The thesis describes of which electric arm consists, in what form each part move and what is the central unit that controls the arm. Controller individually controls every aspect of the arm. The primary operation of the various parts of caring bipolar stepper motors, which are embedded in the supporting profile. The invention also provides the material from which the arm is made. Electric arm is controlled by software that is on computer. The work includes a procedure which is accompanied by photographs.

Keywords: H5 controller, stepper motors, electric arm, bipolar

Poděkování, motto

Ďakujem môjmu vedúcemu diplomovej práce doc. Mgr. Milanovi Adámkovi, PhD. že mi poskytol svoje skúsenosti a pomohol mi s odbornou znalosťou. Tiež by som chcel poďakovať mojim priateľom a rodičom, ktorí ma v realizácii podporovali.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci seplně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školníhodila v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1. DOSTUPNÉ DRŽIAKY PRE KAMERY NA TRHU	11
1.1 TYPY DRŽIAKOV	11
1.1.1 Držiak kamery s rotačnou hlavou	11
1.1.2 Držiak zahnutý, vnútorný s otočnou hlavou	12
1.1.3 Polohovací držiak zo zliatiny	13
1.1.4 Držiak pre dome kameru	14
1.1.5 Hliníkový držiak.....	14
2. KROKOVÉ MOTORY	16
1.2 ZÁKLADNÉ POJMY A PRINCÍP ČINNOSTI	17
1.3 PRINCÍP ČINNOSTI.....	18
1.4 DRUHY KROKOVÝCH MOTOROV	21
1.4.1 Motory s premenlivou reluktanciou	21
1.5 SPÔSOBY BUDENIA KROKOVÝCH MOTOROV	22
1.5.1 Jednofázové budenie	22
1.5.2 Dvojfázové budenie	22
1.6 CHARAKTERISTIKY KROKOVÉHO MOTORA	24
1.7 RIADENIE KROKOVÉHO MOTORA	26
1.7.1 Riadenie krokového motora v otvorenej slučke.....	26
1.7.2 Riadenie krokového motora v uzavretej slučke	27
1.7.3 Použitie krokových motorov	29
2. RIADENIE KROKOVÝCH MOTOROV	30
1.8 UNIPOLÁRNE RIADENIE	30
1.8.1 Štvortaktné riadenie s magnetizáciou jednej fázy.....	30
1.8.2 Riadenie krokového motora so zníženou energetickou náročnosťou	30
1.9 BIPOLÁRNE RIADENIE.....	32
1.9.1 Štvortaktné riadenie s magnetizáciou dvoch fáz.....	32
1.9.2 Osemtaktné riadenie.....	35
1.9.3 Mikrokrokovanie.....	36
1.9.4 Riadenie krokového motora pomocou integrovaných motorov.....	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	42
2 KONŠTRUKCIA RAMENA	43
2.1 VLASTNOSTI KONŠTRUKCIE RAMENA	43
2.1.1 Fyzikálne vlastnosti hliníka.....	43
2.2 TVAR RAMENA	43
2.2.1 Vlastnosti použitých ložísk	50
2.3 NATÁČANIE RAMENA	51
2.3.1 Použité krokové motory	51
2.3.2 Osadenie krokového motora do profilu.....	54
2.3.3 Uchytenie hriadele krokového motora do profilu	55

2.4	ELEKTRICKÉ OVLÁDANIE RAMENA	56
2.4.1	Ovládač krokových motorov	57
2.4.2	Rozširujúca karta	59
2.4.3	Použitý zdroj	60
2.5	OVLÁDACÍ PROGRAM MACH3	61
2.5.1	Prostredie programu	61
2.5.1.1	Prvky prepínania obrazoviek	62
2.5.2	Resetovacie tlačidlo	62
2.5.2.1	Popisy	62
2.5.3	Tlačidlá výberu obrazoviek	62
2.5.3.1	Hodnoty súradníc DRO	63
2.5.3.2	Zreferované	63
2.5.4	Ručné polohovanie klávesnicami	63
2.5.5	Tlačidlo stop	64
2.6	VYUŽITIE ELEKTRICKY POLOHOVATEĽNÉHO RAMENA	64
2.6.1.1	Rozmery ramena	65
2.6.2	Ovládanie pomocou senzorov pohybu	66
	ZÁVĚR	68
	SUMMARY	70
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	71
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	73
	SEZNAM OBRÁZKŮ	74
	SEZNAM TABULEK	77
	SEZNAM PŘÍLOH	78

ÚVOD

Témou mojej diplomovej práce bude elektricky ovládané rameno, ktoré bude nosnou konštrukciou analógovej alebo IP kamery. Túto tému som si vymyslel sám pretože si myslím, že jej realizácia by mohla byť zaujímavá. Rád sa budem podieľať na niečom, čo je možné aj prakticky zrealizovať. V jednotlivých kapitolách sa budeme zaoberať ako je konštrukčne rameno zostrojené a čo je hnacou silou ramena. Tiež bude opísaný a uvedený postup programového a hardvérového vybavenia elektrického ramena. Všetko sa budem snažiť podložiť fotkami, ktoré budú súčasťou diplomovej práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1. DOSTUPNÉ DRŽIAKY PRE KAMERY NA TRHU

Držiaky pre kamery sú v rôznych farebných atypových vyhotoveniach. Držiaky, ktoré sú na trhu, sú vyrobené pre umiestnenie na stropy, steny, stĺpy, rôzne konštrukcie a podobne. Ich montáž je jednoduchá a pomerne rýchla.



Obr. 1. Držiak kamery [1]

1.1 Typy držiakov

Na trhu sa vyskytujú rôzne typy držiakov za pomerne nízke ceny. Problém je však v efektívnosti a v nízkej využiteľnosti pri polohovaní.

1.1.1 Držiak kamery s rotačnou hlavou

Jeden z mnohých typov držiakov kamery, ktorý svojou jednoduchosťou ovplyvňuje cenu. Tento držiak sa najčastejšie uchyťava na stropy, stenu a podobne.



Obr.2. Typy stojanov [2]

Tento držiak sa pomocou troch skrutiek prichytí napríklad na stenu. Kamera sa k požadovanému stojanu prichytí skrutkou. Stojan má k dispozícii dutú nohu, cez ktorú sa pretiahne kabeláž a tak vznikne menšia pravdepodobnosť, že bude prestrihnutá alebo inak porušená. [3]

1.1.2 Držiak zahnutý, vnútorný s otočnou hlavou

Rôzne miesta inštalácie si vyžadujú špecifické tvary držiakov. Použitie je pomerne rozsiahle a cena je slušná. Tiež má dutý otvor kade môžeme previesť káble. Dĺžka nohy je 25 cm. Tvar je zahnutý a na konci je uchytenie pre kameru klasickou skrutkou.



Obr.3.Zakrivený držiak [4]

K dispozícii sú otvory pre tri skrutky, ktoré zabezpečia prichytenie daného držiaka napríklad ku stene. [5]

1.1.3 Polohovací držiak zo zliatiny

Tento držiak je vytvorený z hliníkovej zliatiny (alumínium a hliník). Jeho dĺžka je 28 centimetrov. Výhoda tohto držiaka je jeho pevnosť a ľahká konštrukcia, ktorá sa hodí na rôzne miesta.



Obr. 4. Držiak [6]

Natáčanie držiaka je 360° a naklápanie 90°. Hmotnosť daného stojana pre kamery je 600 gramov. Doporučuje sa pre IP kamery ako je napríklad ACM-5001, VIVOTEK IP51751/2, IP716x a podobne. Ide hlavne o rovnosť časti kamery, ktorá dolieha na držiak. Možnosť uchytienia pomocou dvoch skrutiek. [2]

1.1.4 Držiak pre dome kameru

Ide o praktický držiak špeciálne vyvinutý pre indoorové kamery. Konkrétne tento držiak umožňuje inštaláciu kamery aj na steny čím sa rozšíri zorné pole kamery.



Obr. 5. Držiak pre dome kameru [3]

Držiak svojou univerzálnosťou umiestnenia umožňuje inštalovať kameru na správne miesto a to aj tam, kde to originálny držiak neumožňuje. Zábery z kamery sú pri vhodnom umiestnení omnoho kvalitnejšie a ostrejšie, čo nie je možné dosiahnuť dodatočným spracovaním obrazu. Inštalácia držiaka je jednoduchá a rýchla, pritom držiak je skonštruovaný tak, aby sa zaistila bezpečnosť a stabilita dome kamery. Tento držiak je výborný pre stabilitu kamery a montáž je taktiež veľmi jednoduchá. [3]

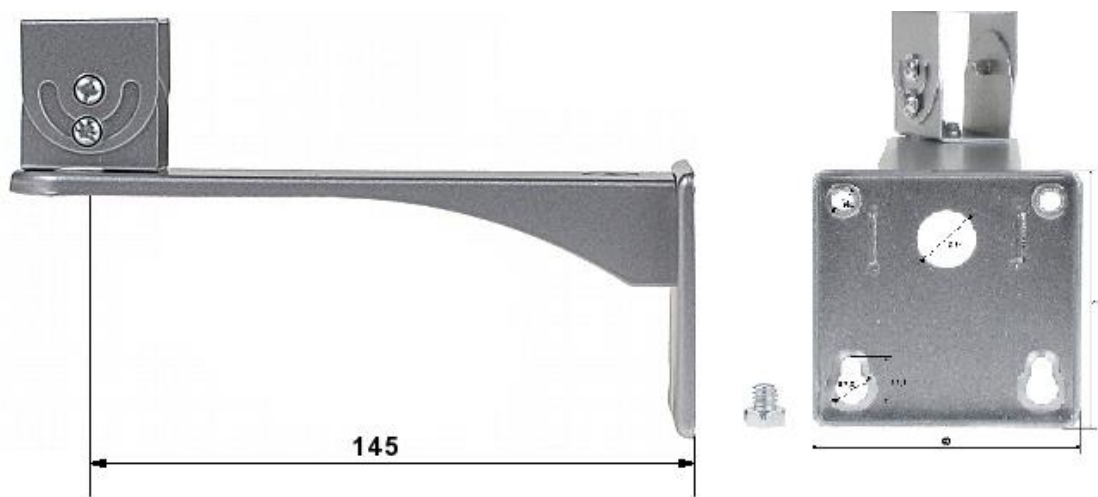
1.1.5 Hliníkový držiak

Ide o silný hliníkový držiak na priemyselné kamery, ideálne pre vonkajšie použitie. Tiež sa používa aj na vnútorné. Hlavnou výhodou je pevná konštrukcia, ktorá zabezpečuje veľmi stabilné a bezpečné uchytenie kamery.



Obr. 6. Konštrukcia hliníkového stojana [3]

Stojan má možnosť nastavenia rôznych uhlov. Môžeme teda držiak nastaviť vertikálne a horizontálne. Držiak váži 140 gramov, čo je na svoju pevnosť a stabilitu v celku slušná vlastnosť. Celkový odstup od steny k držiaku je 145 milimetrov. [4]



Obr. 7. Ukotvenie stojana [4]

2. KROKOVÉ MOTORY

História elektrických strojov s premenlivou reluktanciou, ku ktorým patrí aj krokový motor siaha do polovice 19. storočia, kedy v roku 1834 ruský vedec Jakobi vo svojej správe pre ruskú akadémiu vied ponúka aplikáciu elektromagnetických princípov v pohonných strojoch a popisuje štruktúru otáčavého reluktančného stroja. Princíp elektromagnetu, na základe ktorého pracujú stroje s premennou reluktanciou, je najstaršie využívaným druhom elektromechanickej premeny. Roky 1835-1845 sa niesli v znamení vývoja rôznorodých konštrukcií reluktančného stroja a v snahe nahradit' pohonné parné stroje týmito novými elektrickými strojmi.



Obr. 8. Krokový motor[5]

V roku 1842 bola s najväčšou pravdepodobnosťou zostrojená prvá elektrická lokomotíva. Na jej pohon bol použitý reluktančný stroj, zostavený podľa patentu Pettersona, ktorý bol napájaný z batérií. Lokomotíva sa pohybovala rýchlosťou 6 km/h a premávala na trati Edinburg-Glasgow. V roku 1845 G. Froment realizuje otáčavý stroj pracujúci na princípe premenlivej reluktancie, ktorý sa už v mnohom podobal na súčasné reluktančné stroje. V 80-tich rokoch 19. storočia bolo vyvinutých viacero typov strojov na striedavý prúd, ktoré postupne vytlačili reluktančné motory. Tie mali problémy s rozbehom a tiež boli menej spoľahlivé vzhľadom na mechanické komutačné zariadenia. Aj napriek uvedeným nedostatkom tieto motory nikdy úplne nevyhynuli a našli uplatnenie hlavne tam, kde sa dala s výhodou využiť ich jednoduchá konštrukcia a robustnosť ako napríklad v pohone vežových hodín, v holiacich strojčekoch, gramofónoch. Napriek evolúcii nových motorov pokračoval vývoj reluktančných strojov aj v 20. storočí. Priemyselné využitie krokových

motorov nastáva až po roku 1919, keď Škótsky inžinier C. L. Walker podal patentovú prihlášku krokového motora s malým uhlom kroku, v ktorej tiež prezentoval ideu viacväzkového krokového motora reluktačného typu a princíp lineárneho krokového motora. V 60-tich rokoch boli skonštruované prvé krokové motory s permanentnými magnetmi a hybridné krokové motory, ktoré sa začali používať v počítačoch. Sedemdesiate roky zaznamenali progres v používaní krokových motorov v NC obrábacích strojoch. Motory reluktačného typu, či už spínané reluktačné motory alebo krokové motory, ktoré pracujú na rovnakom princípe, sú impulzovo napájané stroje. Preto rozvoj moderných pohonov s krokovými motormi sústredenými prevažne na riadenie polohy bol ovplyvnený vývojom polovodičovej techniky. [5]

1.2 Základné pojmy a princíp činnosti

Krokový pohon je zariadenie, ktoré sa skladá z ovládača a krokového motora. Sú medzi sebou elektricky prepojené. Je pochopiteľné, že krokový pohon musí byť tiež vybavený príslušne dimenzovaným zdrojom, ktorý napája všetky funkčné časti. Elektrický ovládač krokového motora je elektrický prístroj, ktorý riadi funkčný pohyb a režimy prevádzky krokového motora v závislosti od prírodnej vstupnej informácie. Hlavnými časťami ovládača sú spravidla elektronický komunikátor a výkonový zosilňovač. Ďalšou časťou môže byť riadiaca logika alebo mikropočítač. Krokový motor je impulzovo napájaný motor, ktorého funkčný pohyb je nespojitý a prebieha po jednotlivých krokoch. Riadeniu krokového motora slúži ovládač. Krok je pre každý krokový motor konštantou danou tvarom magnetického obvodu motora. Krok je mechanická odozva krokového motora na jeden riadiaci impulz pri ktorej vykoná rotor pohyb z východzej magneticky pokojovej polohy do najbližšej magneticky pokojovej polohy. Veľkosť uhlu α v stupňoch je menovitý uhol daný konštrukciou a spôsobom ovládania motora. Zodpovedá zmene polohy rotora po spracovaní jedného riadiaceho impulzu, pokiaľ motor nie je zaťažovaný. Magnetická pokojová poloha je poloha, v ktorej sa nachádza rotor nabudeného krokového motora, pokiaľ je statický uhol záťaže nulový. To znamená, že rotor je ideálne zoradený s polohou statorového magnetického póla. [5]

- Riadiaca frekvencia f_r [Hz] je frekvencia riadiaceho signálu

- Frekvencia kroku f_k [Hz] je počet krokov za jednu sekundu, ktoré vykoná rotor krokového motora pri konštantnej riadiacej frekvencii. Frekvencia kroku je rovnaká ako riadiaca frekvencia, pokiaľ sa rotor otáča bez straty kroku.
- Statický moment M_s [Nm] je moment motora, ktorý je v rovnováhe s krútiacim momentom pôsobiacim na hriadeľ stojaceho nabudeného krokového motora a vychýľujúcim sa rotorom z magnetickej pokojovej polohy o statický uhol záťaže.
- Statický väzobný moment M_{sv} [Nm] je najväčší moment, ktorý sa rovná krútiacemu momentu. Môže pôsobiť na hriadeľ stojaceho nabudeného krokového motora bez toho aby došlo k roztrhnutiu magnetickej väzby.
- Statický väzobný moment nenabudeného motora M_{sv0} [Nm] je najväčší statický moment, ktorý sa rovná krútiacemu momentu, ktorým môže byť zaťažený hriadeľ stojaceho nenabudeného krokového motora bez toho aby došlo k roztrhnutiu magnetickej väzby (tento moment môže vyvinúť len motor s aktívnym rotorom, t.j. s rotorom obsahujúcim permanentné magnety).
- Statický uhol záťaže ϑ_L je uhol, o ktorý sa vychýli rotor nabudeného krokového motora z magnetickej pokojovej polohy pri danej záťaži na hriadeľ krokového motora.
- Tolerancia kroku $\Delta\alpha$ je najväčšia statická uhlová odchýlka od veľkosti kroku, ktorá môže nastať keď rotor krokového motora bez záťaže vykoná jeden krok.
- Najväčšia uhlová chyba $\Delta\alpha_m$ je najväčší uhlový rozdiel zodpovedajúci i -tej magnetickej pokojovej polohe a i -tým násobkom veľkosti kroku, ktorý môže vzniknúť počas jednej otáčky rotora. [5]

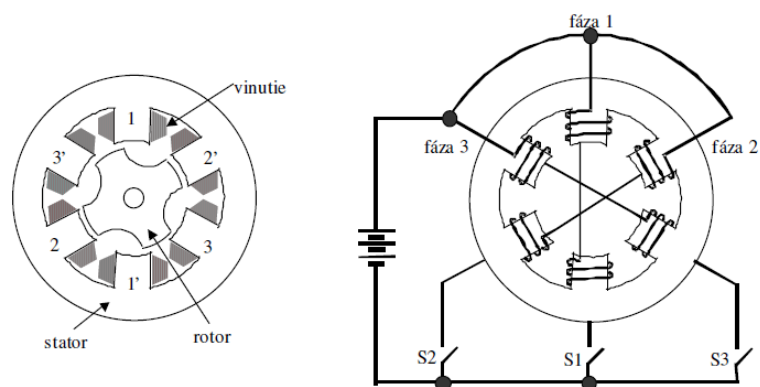
1.3 Princíp činnosti

Na obrázku je znázornený prierez krokového motora, ktorý je tiež nazývaný jednoväzbový krokový motor s premenlivou reluktanciou, pomocou ktorého bude vysvetlený princíp činnosti krokových motorov. Stator má na vnútornej strane šesť vyjadrených pólov, ktoré sa nazývajú zuby. Konštrukcie pólov môžu byť rôzne a preto pojmy pól a zub nie sú niekedy totožné. Povrch pólu môže byť rozdelený na väčší počet zubov, kvôli minimalizácii uhla kroku. Pojem pól stroja reluktančného typu vyjadruje len fyzický pól. To znamená, vyjadrený výstupok statora na vnútornej strane. Nesúvisí

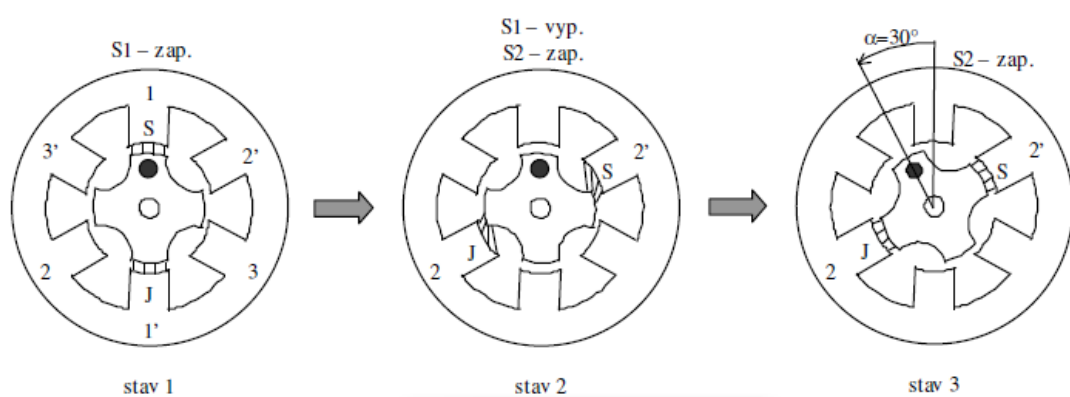
s prevodom medzi elektrickou a mechanickou rýchlosťou ako to je známe z teórie klasických rotačných strojov na striedavý prúd. Rotor má na vonkajšej strane štyri zuby. Počet zubov rotora N_r sa rovná počtu zubov statora N_s a vo všeobecnosti medzi nimi platí

vzťah: $N_r = N_s \pm \frac{N_s}{m}$ kde m je počet fáz. [9]

- Krokové motory sa označujú v tvare N_s/N_r . Takže priamo z označenia vyplýva koľko zubov má stator a koľko rotor.



Obr. 9. Funkcia krokového motora [5]



Obr. 10. Stavy motora [5]

Na obr. 10 vidno na statore nachádzajúce sa tri dvojcievky. Každá dvojcievka je zložená z dvoch do série zapojených cievok. Takéto zloženie dvoch cievok sa nazýva fáza.

To znamená, že zobrazený stroj je trojfázový $m = 3$. Spojenie cievok do fáz nie je prevedené cez priestor rotora, ale po obvode statora. Stroj je napájaný z jednosmerného zdroja cez vypínače S1, S2, S3. V stave (1) je napájané vinutie fázy jedna, vypínač S1 je zopnutý. To znamená, že fáza jedna je buденá. Dva rotorové zuby sú zoradené s dvoma statorovými zubmi fázy jedna, ktorá je buденá. Takýto stav sa z pohľadu dynamiky nazýva rovnovážny stav. Ak sa zopne vypínač S2 a súčasne rozopne vypínač S1, fáza S2 sa nabudí a fáza jedna sa odpojí od zdroja a následne odbudí. Vytvorí sa magnetický tok fázy dva asúčasne sa vytvorí moment, kolmý na smer toku. V tomto prípade proti smeru hodinových ručičiek, ktorý otáča rotorom do novej rovnovážnej polohy (stav 3), v ktorej je reluktancia magnetického obvodu stroja minimálna. To znamená, že pokiaľ je nejaká cievka buденá, v stroji sa vytvorí moment, ktorý sa snaží pootočiť rotor do najbližšej rovnovážnej polohy. Čiže do polohy v ktorej je magnetický odpor (reluktancia) stroja minimálny. Tento moment sa nazýva reluktančný. Pri zmene spínacieho stavu sa rotor pootáča z jednej rovnovážnej polohy do druhej rovnovážnej polohy vždy o určitý uhol, ktorý nazývame uhol kroku. Uhol kroku je daný vzťahom :

$$\alpha = \frac{360}{m \cdot Nr}$$

- M je počet fáz krokového motora
- Nr je počet zubov rotora

V uvedenom prípade je tento uhol 30° . To znamená, že po nabudení fázy dva a ustálení prechodného deja (stav 3) je rotor pootočený voči východnej polohe (stav 1) o 30° . Poloha rotora môže byť riadená v násobkoch uhla kroku, spínaním príslušných fáz. Pokiaľ je spínanie fáz sekvenčné (to znamená postupné spínanie jednotlivých fáz v takom poradí, aby sa dosiahol pohyb rotora jedným smerom), rotor sa môže otáčať po krokoch a priemerná rýchlosť otáčania sa dá riadiť spínaním jednotlivých cievok. Z uvedeného vyplýva, že krokový motor je elektrický motor, ktorý mení vstupné elektrické impulzy na mechanický pohyb rotora. Dnes sú tieto elektrické impulzy generované modernými integrovanými elektrickými obvodmi. Samozrejme, že aj iné stroje môžu vykonávať rovnakú funkciu ako krokový motor. Krokový motor však vyniká hlavne týmito výhodami:

- bežne pracuje v pohonoch bez spätnej väzby
- chyba polohy nie je kumulatívna

- krokové motory sú kompatibilné s modernými digitálnymi zariadeniami, čo predstavuje použitie týchto strojov v zariadeniach vyžadujúcich riadenie polohy a presnosť polohovania ako napríklad počítačové zariadenia. [5]

1.4 Druhy krokových motorov

Krokové motory môžeme rozdeliť na rotačné a lineárne, ktoré sa ďalej rozdeľujú na niekoľko základných druhov vzhľadom na ich konštrukciu a princíp činnosti. Základné kategórie krokových motorov sú.

- motory s premenlivou reluktanciou,
- motory s permanentnými magnetmi,
- hybridné motory,

1.4.1 Motory s premenlivou reluktanciou

Krokový motor s premenlivou reluktanciou je považovaný za základný typ krokového motora. Prierez takéhoto motora vidíme na obrázku č. 10. Ide o trojfázový motor, ktorý má na statore šesť zubov a na rotore štyri zuby. Rotor a stator sú zložené z plechov s vysokou permeabilitou. Je však rozšírená aj navrstvená, kompaktná konštrukcia rotora. Vinutie jednej fázy je uložené na protilahlých statorových zuboch a jednotlivé cievky jednej fázy môžu byť zapojené v sérii alebo paralelne. Vzhľadom na smer vinutia cievok jednej fázy môžu mať statorové zuby jednej fázy kladnú aj zápornú polaritu. Na obrázku č. 10, majú zuby budenej fázy opačnú polaritu a síce severnú polaritu zuby jedna, dva, tri a južnú 1', 2', 3'. Pokiaľ je budená fáza jedna, vytvorí sa tok podľa obrázku č. 10 (stav jedna). Rotor potom zaujme takú polohu, v ktorej sú zoradené zuby fázy jedna statora a dva protilahlé zuby rotora. Takáto poloha sa nazýva súosovou alebo rovnovážnou polohou a reluktancia magnetického obvodu vzhľadom na fázu jedna je v tejto polohe minimálna. Pokiaľ je stroj zaťažený vonkajším momentom, rotor sa vychýli z tejto rovnovážnej polohy a statický uhol záťaže ϑ_L v stroji sa vytvorí statický moment, ktorý bude rovnováha so záťažovým momentom. Vzduchová medzera v krokovom motore by mala byť čo najmenšia aby sa dal dosiahnuť čo najväčší moment pri čo najmenšom objeme rotora, aby bolo polohovanie rotora čo najpresnejšie. Krokový motor má jednu výnimočnú vlastnosť. Tou je možnosť realizácie malých krokov. Pokiaľ chceme redukovať uhol kroku, musíme zvýšiť počet

rotorových zubov. Môže sa zdať, že počet zubov statora, nemá vplyv na uhol kroku. Na veľkosť uhla krku však vplýva počet fáz rotora. Na obrázku č. 10 je znázornený krokový motor, ktorý má malý uhol kroku. Stator je zložený z pólov na ktorom sú cievky a každý statorový pól má tri zuby, pričom zuby jedného statorového pólu majú vždy rovnakú magnetickú polaritu. Keďže tento stroj má dvadsať rotorových zubov a tri fázy, uhol kroku je 6° . [5]

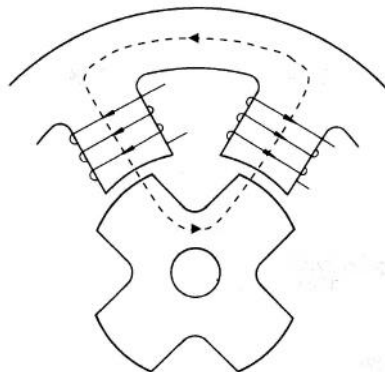
1.5 Spôsobu budenia krokových motorov

1.5.1 Jednofázové budenie

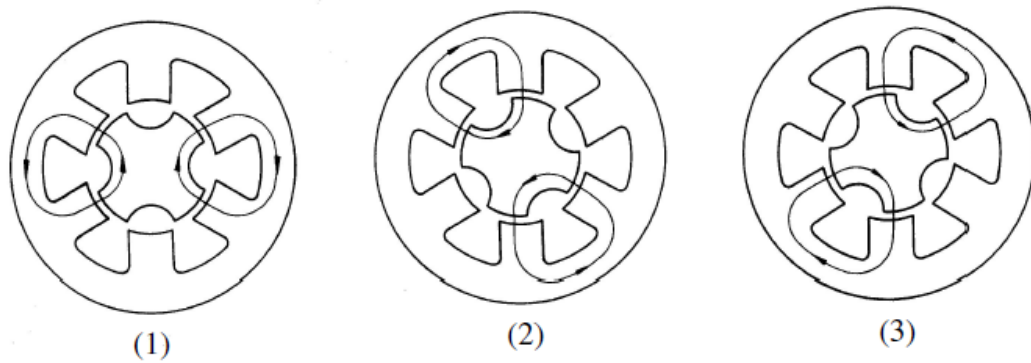
Jednofázové budenie znamená, že v danom okamihu je budená iba jedna fáza a rotor sa otáča po presne definovaných krokoch tak, že zuby rotora vždy zaujmú zoradenú polohu so zubami statora budenej fázy. [10]

1.5.2 Dvojfázové budenie

Budenie, pri ktorom sú súčasne budené dve fázy sa nazýva dvojfázové budenie krokového motora. Pri dvojfázovom budení rovnovážna poloha nie je totožná s polohou statorových a rotorových zubov. Veľkosť kroku je rovnaká ako u jednofázového budenia a rovnovážne polohy sú posunuté o polovicu kroku. Príklad spínania jednotlivých fáz pri dvojfázovom napájaní u trojfázového krokového motora s premenlivou relaktanciou je znázornený na obrázku č. 11.

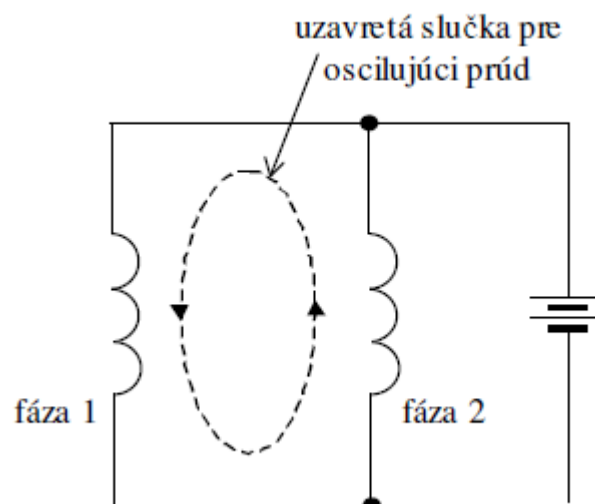


Obr. 11. Poloha rotora [5]



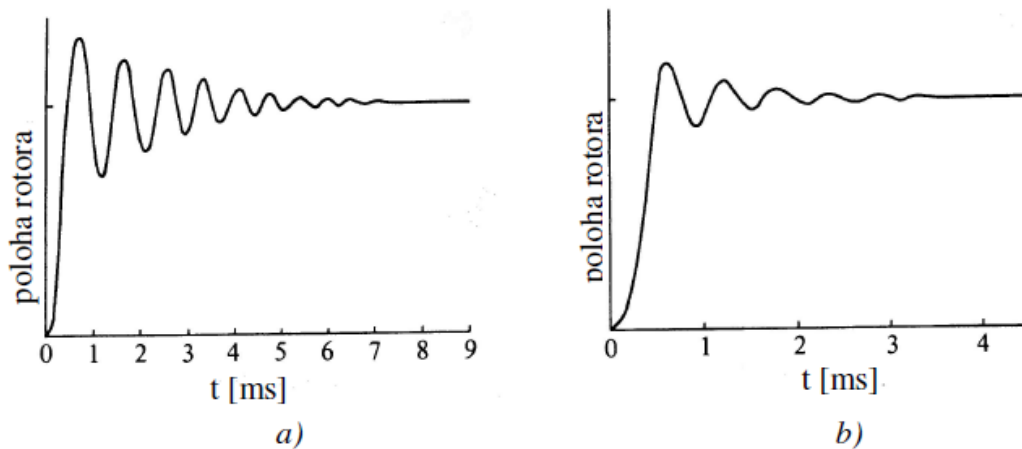
Obr. 12. Spínanie jednotlivých fáz[5]

Dvojfázové napájanie má voči jednofázovému napájaniu jednu veľkú výhodu a tou je tmenie oscilácií rotora pri prechode z jednej rovnovážnej polohy do druhej. Túto výhodu možno kvalitne vysvetliť pomocou obrázku č.13. Dve fázy, ktoré sú budené, tvoria vždy uzavretý obvod. Oscilujúca zložka prúdu, ktorá sa objaví pri osciláciách rotora sa uzavrie medzi týmito dvoma vinutiami a pôsobí proti zmene, ktorá ju vyvolala. To znamená, že vytvorí moment, ktorý pôsobí proti osciláciám rotora a tým ich tlmí. Pri sledovaní energií by sme mohli povedať, že kinetická energia spojená s osciláciami je konvertovaná na Joulove teplo počas procesu. Pri Jednofázovom napájaní sa môže v stroji vytvoriť tento tlmiaci moment a preto sú oscilácie tmené len mechanickým trením stroja. [5]



Obr. 13. Oscilujúci prúd pri dvojfázovom budení [5]

Na obrázku č.14 sú znázornené príklady oscilácii rotora pri prechode z jednej do druhej, pri a) jednofázovom a pri b) dvojfázovom buzení.



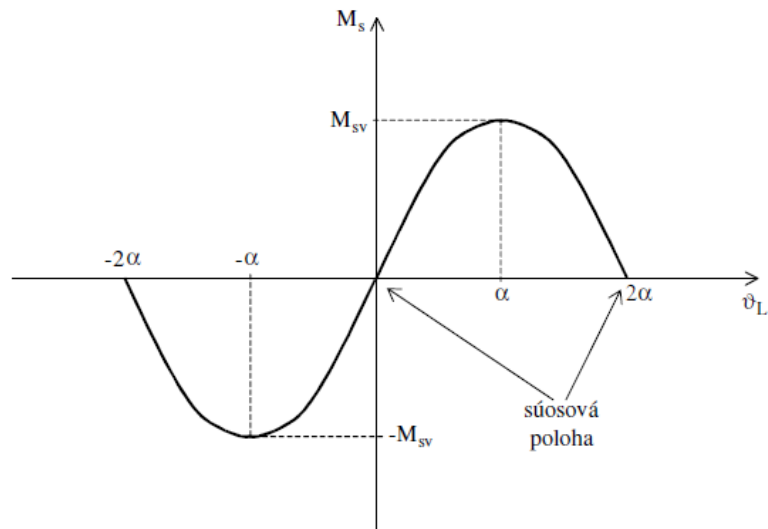
Obr. 14. Príklady oscilácii [5]

Pokiaľ chceme dvojfázové buzenie využívať u krokového motora s premenlivou reluktanciou je vhodné, aby mal tento motor buď bifilárne vinutie alebo bipolárne buzené monofilárne vinutie. Bipolárny spôsob dvojfázového buzenia umožňuje zmenšiť rozmery stroja pri nezmenených vlastnostiach. [5]

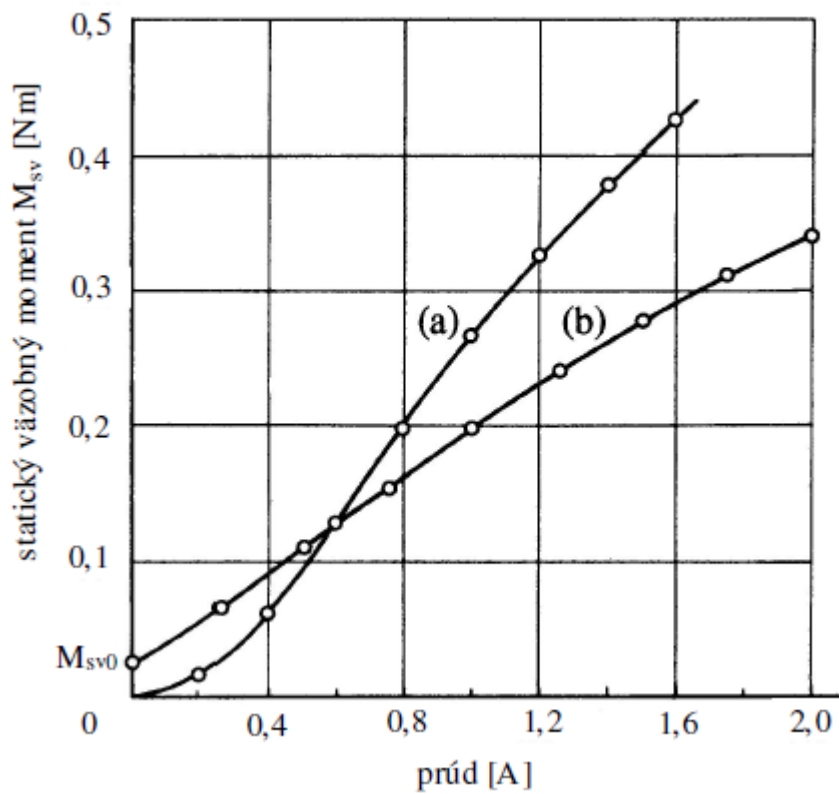
1.6 Charakteristiky krokového motora

Statické charakteristiky vyjadrujú vlastnosti krokového motora v stacionárnom stave. Rotor nezaťaženeho krokového motora sa pri buzení niektorej z fáz (respektíve dvojice fáz pri buzení) nachádza v pokojovej respektíve rovnovážnej polohe. Ak ho zaťažime vonkajším momentom, rotor sa vychýli z tejto rovnovážnej polohy na uhol ϑ_L . Závislosť medzi statickým momentom stroja, ktorý je v rovnováhe so záťažovým momentom a statickým uhlom záťaže, čiže uhlom vychýlenia rotora z rovnovážnej polohy, vyjadruje statická charakteristika $M_s = f(\vartheta_L)$. Príklad takejto charakteristiky je na obrázku č. 15. Z príkladu je zrejmé, že statický uhol záťaže sa zvyšuje so stúpajúcou hodnotou záťažového momentu až po maximum, ktoré je označované ako statický väzobný moment M_{sv} . Toto maximum v našom prípade nastáva v strede medzipólového rozstupu motora. Nemusí to však byť pravidlo. Presná pozícia maxima statického momentu a tvar charakteristiky závisí od konštrukcie statorových pólov a rotorových zubov. Pokiaľ prekonáme statický väzobný moment stroja, ten už nemôže vyvinúť vyšší vnútorný

moment a preto rotor už nemá tendenciu zaujať pôvodnú rovnovážnu polohu, ale bude sa pootáčať k novej, nasledujúcej rovnovážnej polohe.



Obr. 15. Statická charakteristika [5]



Obr. 16. Statická charakteristika [5]

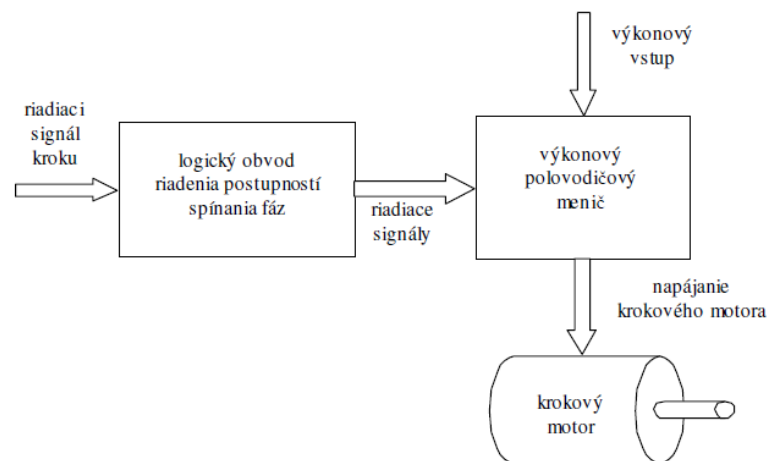
- a) 4-fázový krokový motor s proměnlivou reluktanciou s úhlem kroku $1,8^\circ$
- b) 2-fázový hybridný krokový motor s úhlem kroku $1,8^\circ$

Velikost statického vazobného momentu závisí od velikosti ustáleného proudu fáze, která je buzená. Túto závislost vyjadruje charakteristika $M = f(I)$ a jej tvar je na obrázku číslo 16. Charakteristika a) je pre štvorfázový krokový motor s proměnlivou reluktanciou s krokom $1,8^\circ$. U hybridného krokového motora, tak ako aj u motora s permanentnými magnetmi si môžeme všimnúť, že stroj je schopný vyvinúť statický moment aj v nabudenom stave. Maximálnu hodnotu tohto momentu nazývame statický vazobný nenabudeného motora. [11]

1.7 Riadenie krokového motora

1.7.1 Riadenie krokového motora v otvorenej slučke

Rozvoj výkonových polovodičových meničov umožnil rozvoj pohonov s krokovými motormi, pretože tieto, na rozdiel od striedavých strojov a jednosmerných strojov sú schopné pracovať len za pomoci elektrických spínacích prvkov. Pohony s krokovými motormi sa používajú hlavne na riadenie polohy alebo rýchlosti a môžu byť použité aj bez drahých spätných väzieb. Krokový motor je schopný reagovať na riadiaci impulz pootočením o definovaný uhol pokiaľ ho prevádzkujeme v jeho pracovnej oblasti, bez straty kroku. Preto môže pracovať aj bez spätnej väzby. Pohon krokového motora sa skladá z logického obvodu riadenia postupnosti spínania jednotlivých fáz, výkonového polovodičového meniča, krokového motora a záťaže. Logický obvod riadenia postupnosti spínania jednotlivých fáz spracováva vstupný riadiaci signál kroku jeho výstupom sú riadiace signály pre výkonový menič. Dnes sa už v širokej miere pre túto funkciu využívajú mikropočítače namiesto analógových vstupných riadiacich obvodov. Činnosť meniča spočíva v buzení jednotlivých fáz na základe vstupných riadiacich signálov. Fázy krokového motora sú buzené z jednosmerného zdroja a preto pred vlastným meničom krokového motora sa musí nachádzať usmerňovač, ktorý môže byť integrovaný v meniči krokového motora. Typ usmerňovača a konfigurácia výkonového meniča závisí od konkrétnej aplikácie. [5]

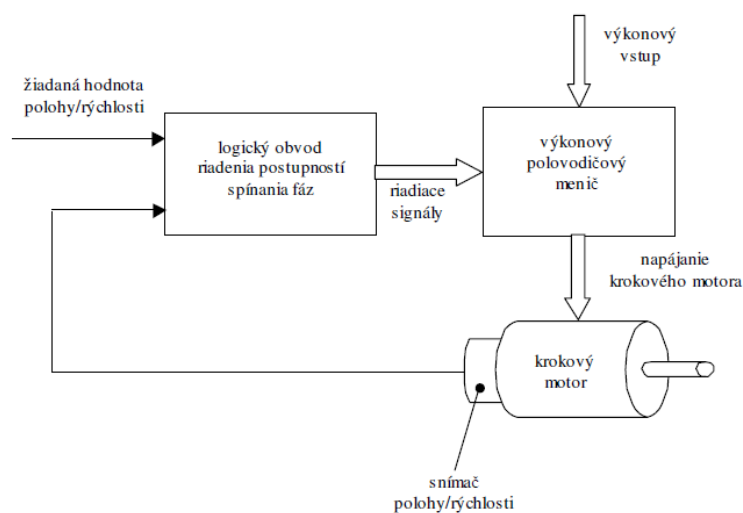


Obr. 17. Principiálne usporiadanie pohonu [5]

1.7.2 Riadenie krokového motora v uzavretej slučke

Pri riadení krokového motora v otvorenej slučke je z externého zdroja vysielaný riadiaci signál kroku a očakáva sa, že krokový motor vykoná pohyb na základe tohto riadiaceho signálu. Tento typ riadenia je veľmi výhodný a široko používaný, ale obmedzený pracovnou oblasťou krokového motora. V otvorenej slučke môže krokový motor stratiť krok alebo vypadnúť zo synchronizmu, pokiaľ je frekvencia krokov príliš vysoká alebo je veľký moment záťaže respektíve moment zotrvačnosti. K nevhodným riadeniam v otvorenej slučke ešte prispievajú oscilácie rotora, ktoré sa často pri takomto riadení vyskytujú. Uzavretá polohová, respektíve rýchlostná slučka nám umožňuje rozšíriť pracovnú oblasť krokového motora a obmedziť oscilácie rotora. Výhodou pohonu s uzavretou slučkou spočíva v rýchlejšej akcelerácii a hladšom chode stroja. Cena pohonu s uzavretou slučkou je však vyššia pretože takýto pohon vyžaduje snímač polohy respektíve rýchlosti. Principiálne usporiadanie pohonu krokovým motorom v uzavretej slučke je na obr. č. 18. Na rozdiel od pohonu s krokovým motorom v otvorenej slučke, v uzavretej slučke sa vyhodnocuje skutočná poloha rotora a na základe toho logický obvod postupnosti spínania fáz vyšle riadiaci signál na zopnutie vhodnej fázy. Tým sa dostáva krokový motor na úroveň bezkefového jednosmerného stroja. Pri riadení krokového motora v uzavretej slučke je potrebné definovať takzvaný uhol vedenia. Ak by sa napríklad krokový motor otáčal malou rýchlosťou pri jednofázovom budení. Ak je budená napríklad fáza jedna a postupnosť budenia fáz u trojfázového stroja je napríklad jedna, dva, tri pri danom smere otáčania, pri dosiahnutí zoradenej polohy je fáza jedna odbudená a nabudí

sa fáza dva. Hovoríme, že uhol vedenia sa rovná jednému kroku. Keď snímač polohy zistí, že rotor sa blíži k zoradenej polohe s fázou x , odbudí túto fázu a nabudí fázu $x+1$. Uhol vedenia rovnajúci sa jednému kroku však nemusí vždy zabezpečiť bezproblémovú prevádzku. Ak si predstavíme, že rotor je zaťažený a je budená fáza jedna, rotor nikdy nedosiahne zoradenú polohu s touto fázou, ale bude z nej vychýlený statický uhol záťaže ϑ_L , ktorý odpovedá rovnováhe interného momentu stroja a záťažového momentu. V tomto prípade by nedošlo k nabudeniu ďalšej fázy a tým by bola prerušená prevádzka stroja. A preto je požiadavka aby bol uhol vedenia väčší ako jeden krok.



Obr. 18. Usporiadanie pohonu – uzavretá slučka [5]

U štvorfázového stroja sa napríklad volí uhol vedenia 1,5 násobok kroku, kedy je moment pri danom prúde najvyšší. Ak by bol uhol vedenia spomínaného stroja vyšší, viedlo by to k zníženiu strednej hodnoty momentu pri malých rýchlostiach (pri uhle vedenia 2,5 násobku kroku je u tohto stroja stredná hodnota momentu nulová). Pri vyšších rýchlostiach, prúd v budenej fáze nemôže narásť na svoju neustálu hodnotu kvôli vysokej hodnote indukovaného napätia pri danej časovej konštante elektrického obvodu. Tým sa so zvyšujúcou hodnotou rýchlosti znižuje stredná hodnota prúdu fázy a tým aj hodnota statického väzobného momentu, pretože brzdný moment, ktorý vzniká pri poklese prúdu fázou sa približuje k hodnotám akceleračného momentu. Ak budeme zvyšovať uhol vedenia danej fázy, zvýšime strednú hodnotu prúdu budenou fázou, stredný moment stroja a tým aj rýchlosť otáčania. Napríklad u dvojfázového budeného štvorfázového hybridného krokového motora môžeme zvýšiť maximálnu frekvenciu

krokov z 1000 Hz na 14 000 Hz zvýšením uhla vedenia z 1 na 3,2 násobok kroku. Uhol vedenia sa preto z nejakej počiatocnej hodnoty, ktorá je o niečo vyššia ako jeden krok zvyšuje pri zvyšovaní rýchlosti. [6]

1.7.3 Použitie krokových motorov

Krokové motory našli uplatnenie hlavne vo výpočtovej technike. V tlačiarňach sa krokové motory používajú na pohon fotocitlivých valcov, na posun papiera, na premiešanie náplne a na posun náplne. Grafické zapisovače využívajú pohony s krokovými motormi na posun pier. V pevných diskoch a v mechanikách pružných diskov sa krokové motory využívajú na polohovanie čítacej hlavy. V kancelárskej technike sa krokové motory používajú hlavne v kopírovacích strojoch na posun optických zariadení pri zväčšovaní a zmenšovaní kópií, na posun čítacieho snímača a vo faxových prístrojoch na pohyb valca apera. V priemysle sa tieto stroje využívajú hlavne v obrábacích strojoch na polohovanie pracovného stola. Šijacie stroje, či už v priemysle alebo v domácnosti tiež v plnom rozsahu využívajú vynikajúce vlastnosti krokových ako sú vysoký moment pri malých rozmeroch, rýchla odozva, presné polohovanie a možnosť pracovať v otvorenej regulačnej slučke.





Samozrejme, že nemôžeme zabudnúť ani na široké použitie krokových motorov v hodinových strojčekoch, vo fotoprístrojoch a kamerách, kde sa používajú na pohon automatického zaostrovacieho zariadenia a na špeciálne animačné efekty. Boli skonštruované aj špeciálne krokové motory napríklad na prácu vo vákuu pri vysokých teplotách, pri výrobe polovodičov a podobne. Krokové motory už boli aj vo vesmíre, kde boli použité napríklad na polohovanie a zaostrovanie kamier. Dokonca boli použité aj na Mesiaci po prvýkrát v roku 1996, kde natáčali zrkadlo, ktoré bolo umiestnené pred kamerou na vesmírnom prieskumnom vozidle. [5]

2. RIADENIE KROKOVÝCH MOTOROV

Spôsobov riadenia krokových motorov je pomerne dosť. Pre určitý krokový motor však nie je možné využiť všetky, teda je treba vybrať podľa konkrétneho typu krokového motora. Ďalej niektorú z variant riadenia krokového motora volíme podľa požadovanej presnosti polohy, požadovaného krútiaceho momentu presnosti nastavenia polohy. V praxi sa rozoznávajú dva základné druhy riadenia krokového motora podľa napájania, a to unipolárny (kedy je budená jedna fáza) a bipolárny (dvojfázové budenie súčasne). [6]

1.8 Unipolárne riadenie

Pri unipolárnom riadení je vždy v jednom okamihu budená práve jedna cievka statorového vinutia. Krokový motor týmto budením má menší odber. Ale tiež menší krútiaci moment.

				
Cívka 1	-	0	0	0
Cívka 2	0	-	0	0
Cívka 3	0	0	-	0
Cívka 4	0	0	0	-

Tab. 1. Budenie jednotlivých cievokjednofázového riadenia [6]

1.8.1 Štvortaktné riadenie s magnetizáciou jednej fázy

Jedná sa o najjednoduchší spôsob riadenia krokového motora používaný pre štvorfázový reakčný krokový motor, prípadne pre dvojfázový hybridný v zapojení fáz pre unipolárne budenie. [6]

1.8.2 Riadenie krokového motora so zníženou energetickou náročnosťou

Najčastejšie používané riadenie krokových motorov predpokladá, že vždy jedno vinutie je napájané.

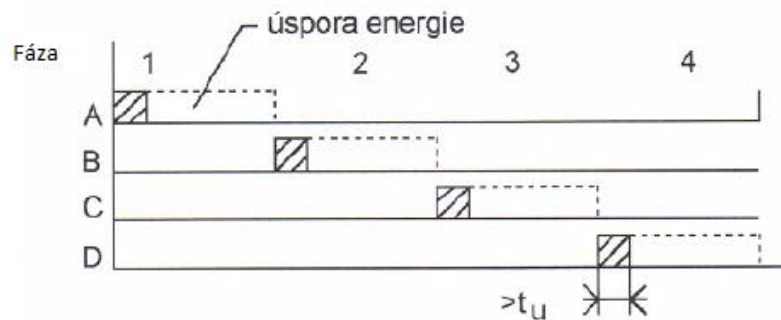
Po vykonaní kroku pohonu je rotor udržiavaný v rovnovážnej polohe prídržným momentom, ktorý vyvíja napájaný krokový motor. Odozva celého pohonu na jediný riadiaci impulz predstavuje tlmený kmitavý dej. Pomer doby prechodu t_p , kedy pohon po prvý krát prekmitne novým rovnovážnym stavom a dobou ustálenia t_u , po ktorú

sa pohon trvalo priblíži k novému rovnovážnemu stavu s odchýlkou pod $\pm 5\%$, je mierou tlmenia systému. Z tohto plynie, že čas ustálenia je možné považovať za dobu aktívnej činnosti pohonu. Pokiaľ po dobe ustálenia mechanická záťaž nevyvolá spätné silové pôsobenie na pohon, napájanie vinutia po dobe ustálenia zbytočne zvyšuje celkovú energetickú spotrebu pohonu preto je zbytočné v týchto prípadoch neustále napájať vinutie. Dosiadnutá poloha sa teda udržuje s pôsobením vlastného momentu. [6]



Obr. 19. Riadiace moduly [6]

Tento spôsob ovládania je možné použiť iba pri štvortaktnom riadení s budením jednej fázy a je teda energeticky tým výhodnejší, čím je frekvencia riadiacich impulzov menšia. V praxi toto usporiadanie môže viesť k zjednodušeniu napájacieho zdroja pre fázové vinutie krokového motora a zníženia tepelnej záťaže spínacích prvkov pre jednotlivé fázové vinutia. Na obrázku č.20 je uvedený časový diagram napájania dvojfázového krokového motora v štvortaktnom riadení. Prerušovanou čiarou je vyznačené budenie krokového motora pri napájaní príslušného fázového vinutia behom celej periódy riadiacich impulzov Δt . Šrafovaním je vyznačený režim impulzného budenia s vypínaním.



Obr. 20. Časový priebeh budenia hybridného motora [6]

1.9 Bipolárne riadenie

Pri bipolárnom riadení krokového motora je vždy budené najmenej jedno zo satorových vinutí. Krokový motor pri takomto budení poskytuje väčší krútiaci moment, ale za cenu väčšej spotreby a zložitosti napájacích a riadiacich obvodov.

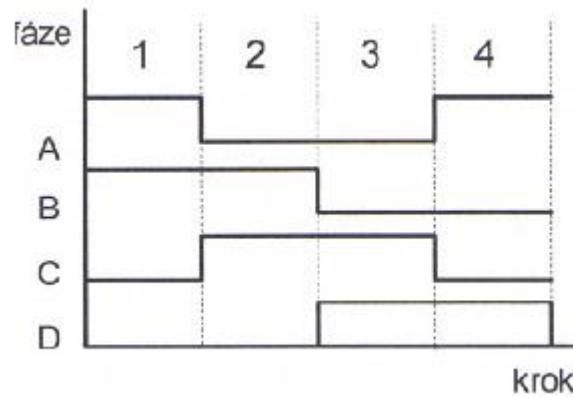
Cievka 1	-	0	+	0
Cievka 2	0	-	0	+
Cievka 3	+	0	+	0
Cievka 4	0	+	0	-

Tab. 2. Budenie jednotlivých cievok bipolárneho motora[6]

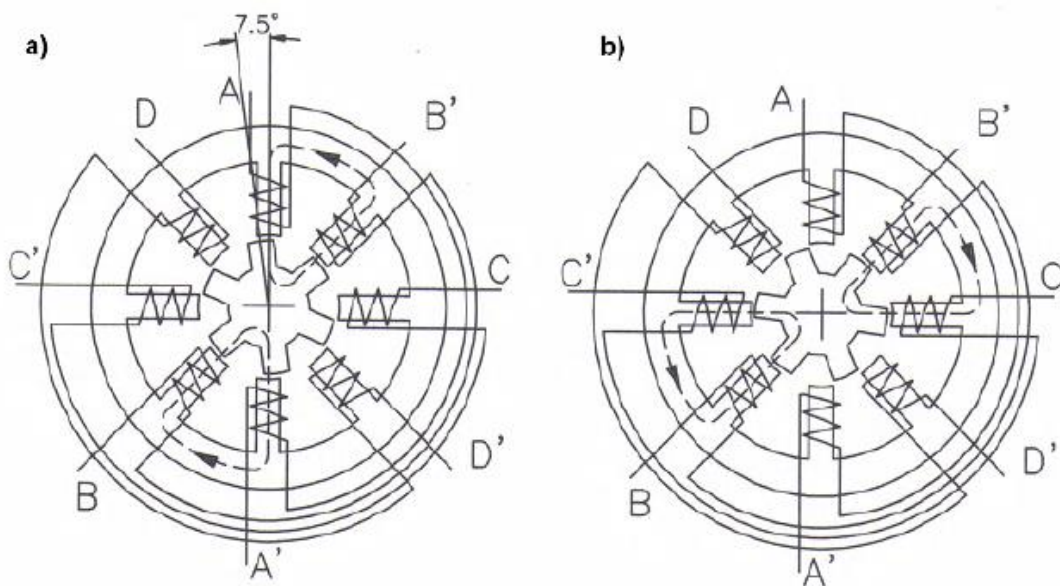
1.9.1 Štvortaktné riadenie s magnetizáciou dvoch fáz

Spôsob spínania jednotlivých fáz, kedy sú napájané dve susedné fázy sa nazýva štvortaktné s magnetizáciou dvoch fáz. Pri tomto spôsobe napájania leží rovnovážna poloha rotora medzi vybudenými, vedľa seba nachádzajúcimi sa pólovými nadstavcami statora a oproti predchádzajúcemu štvortaktnému riadeniu s magnetizáciou jednej fázy je teda vychýlená opolovicu kroku čo je $7,5^\circ$. Veľkosť kroku sa však nemení. Zostáva 15° . Potom je teda časový priebeh spínania jednotlivých fáz AB – BC – CD-DA pre jeden smer

a pre druhý smer pri spínaní fázy AD – CD – BC – AB na otáčanie v smere hodinových ručičiek.[6]



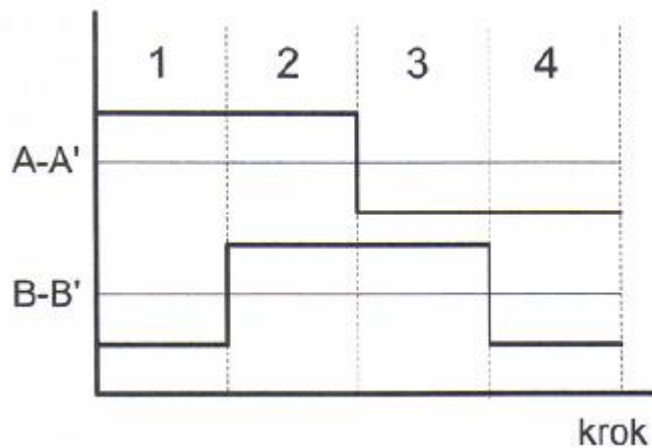
Obr. 21. Časové priebehy štvortaktného riadenia [6]



Obr. 22. Prvý a druhý krok štvortaktného riadenia s magnetizáciou dvoch fáz [6]

Na obrázku č. 22 a je zachytený stav, kedy sú súčasne budené fázy A a B. Tiež sú tam znázornené uzavreté magnetické toky s označením príslušného smeru. Do nasledujúcej rovnovážnej polohy sa takto budovaný rotor dostane odpojením budenia A a pripojením fázy C. Budú teda zopnuté fázy B a C ako je znázornené na obrázku č. 22. Pre dvojfázový

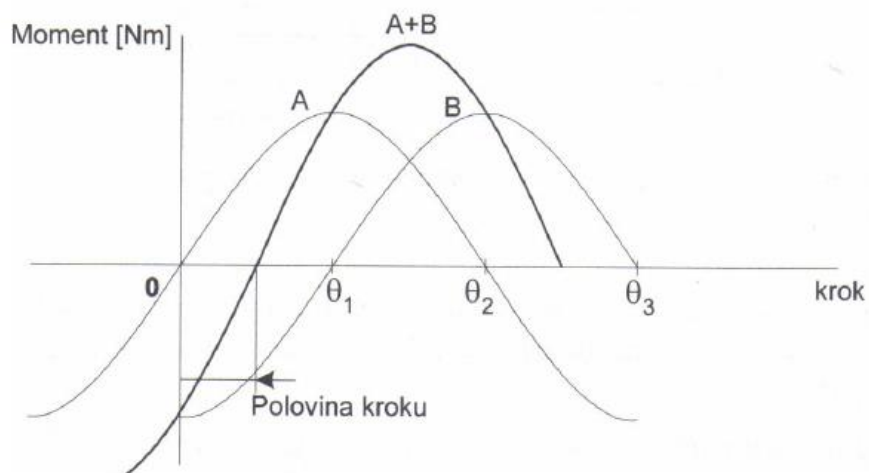
hybridný krokový motor je krokovacia postupnosť zachytená na obrázku č. 23. V tomto prípade je okrem spínania alebo rozspínania fázového vinutia tiež menená polarita pretekajúceho prúdu. [6]



Obr. 23. Časové priebehy dvojfázového hybridného motora [6]

Výhoda riadenia smagnetizáciou dvoch fáz oproti riadeniu s magnetizáciou jednej fázy

- Zvýšenie statického momentu krokového motora
- Väčšie tlmiace účinky mechanických oscilácií rotora pri krokovaní, spôsobené vyššou strmou výslednej statickej momentovej charakteristiky, čo dovoľuje dosiahnutie vyšších krokových frekvencií.



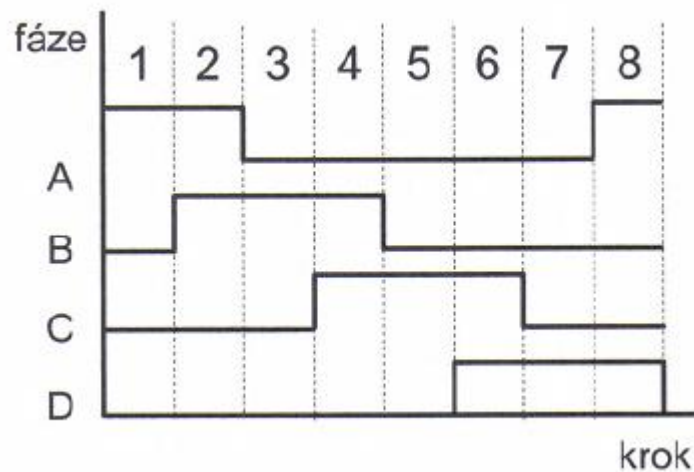
Obr. 24. Statická momentová charakteristika s buzením dvou fáz [6]

1.9.2 Osemtaktné riadenie

Osemtaktné riadenie vznikne zložením štvortaktného riadenia buzením jednej alebo dvoch fáz. Tento spôsob riadenia sa z toho dôvodu často nazýva „osemtaktné riadenie s buzením jednej alebo dvoch fáz“.

Pri tomto spôsobe sa postupne strieda buzenie jednej alebo dvoch fáz v sekcii A – AB – B – BC – C – CD – D – DA –.... pre jeden smer, prípadne pre druhý pre sekvenciu opačnú a to A- DA – D – CD – C – BC – B – AB-...

Rotor sa však pootočí o polovicu kroku v tomto prípade konkrétne o $7,5^\circ$. Sekvenciu kroku môžeme vidieť na obrázku č.25. [6]



Obr. 25. Časové priebehy osemtaktného riadenia [6]

Výhoda tohto spôsobu riadenia je dvojnásobný počet krokov na otáčku. Toto je dosiahnuté bez akýchkoľvek úprav budiacich obvodov.

Nevýhodou pri tomto spôsobe riadenia je rôzna veľkosť maximálneho momentu v statickej momentovej charakteristike, ktorá je rôzna pri napájaní jednej fázy a pre napájanie dvoch fáz. Táto vlastnosť je však odstrániteľná, avšak na úkor jednoduchosti budiacich obvodov. Je možné ju teda odstrániť tým, že v tých krokoch, kedy sú budené práve dve fázy súčasne, budeme napájať tieto fázy nižším prúdom. Presná veľkosť tohto prúdu závisí na veľkosti kroku alebo ako sú od seba polohy statických momentových charakteristík susedných fáz vzdialené. Ďalšou výhodou sú dva odlišné, postupne sa striedajúce časové priebehy oscilácii rotora. [6]

1.9.3 Mikrokrokovanie

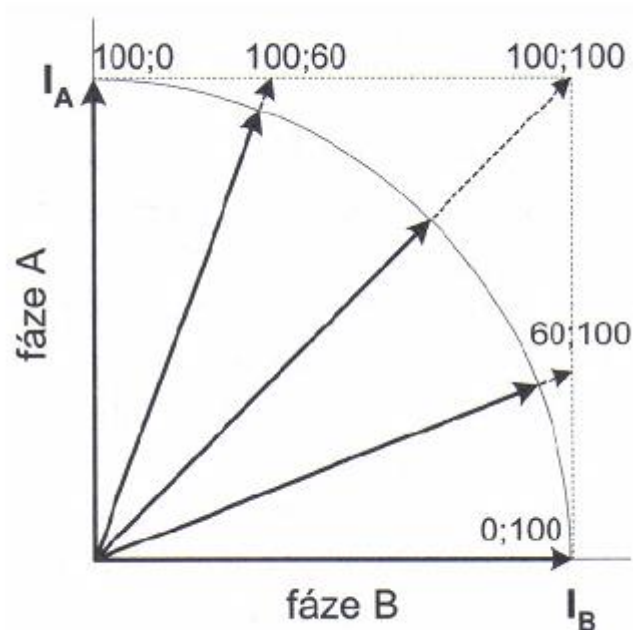
Tento spôsob riadenia krokového motora je aplikovaný tam, kde je vyžadovaná veľmi jemná rozlíšiteľnosť polohy krokového motora ako sú napríklad zlomky stupňa. Mikrokrokovanie je aplikované napríklad pri tlačiarňach, fototechnike, mikromechanike a robotike. Ďalej sa mikrokrokovanie uplatňuje tam, kde je potreba znížiť mechanické rázy vznikajúce pri zmene polohy hriadeľa. Uhol kroku môže byť zmenšený zvýšením počtu fáz alebo rotujúcich zubov. V praxi je ale nevhodné pracovať s počtom fáz väčším než štyri a je ťažké a nákladné vyrobiť rotor s viac než sto zubov. Z toho dôvodu sú krokové motory s uhlom kroku pod jeden stupeň výnimkou. Existuje však spôsob riadenia

krokového motora pod názvom „mikrokrokovanie“ ktorý zvyšuje počet krokov na otáčku. Tento spôsob vychádza z metódy „magnetizácia dvoch fáz“, popísaná vyššie v osemtaktnom riadení a delí tak každý krok na mikrokroky z pravidla rovnakej dĺžky a to do maximálneho počtu 64 – 128.

Poloha mikrokroku	Proud fáze 1	Proud fáze 1
0	I	0
1/4	I	kI
1/2	I	I
3/4	kI	I
1/0	0	I

Tab. 3. Budenie fáz [6]

Popis je nasledujúci. Najskôr je vo východzej fáze jedna budená menovitým prúdom I a fáza dva nie je budená vôbec. Z toho dôvodu je rotor vyrovnaný sfázou jedna. Nasleduje mikrokrok do štvrtinovej polohy základného kroku, ktorý je dosiahnutý súčasným buđením fázy jedna prúdom I a fázy dva časti prúdu kI. Druhý mikrokrok je dosiahnutý súčasným buđením oboch fáz menovitým prúdom I. K tomu, aby bol krok úplný je potreba vypnúť buďenie fázy jedna a plne vybudieť fázu dva prúdom I. Koeficient K je kladný avždy menší než jedna.



Obr. 26. Budenie fáz [6]

Pre takýto jednoduchý prípad vyššie uvedených mikrokrokov na jeden uvedený mikrokrok je potreba dvojhladinový napájací zdroj shodnotami I a kI . Z toho vyplýva, že pri vyššom počte krokov vzrastú požiadavky na napájací a spínací obvod. V súčasnej dobe sa vyrábajú špeciálne integrované obvody priamo určené na budenie krokových motorov a zaisťujúcich mikrokrokovanie. [8]

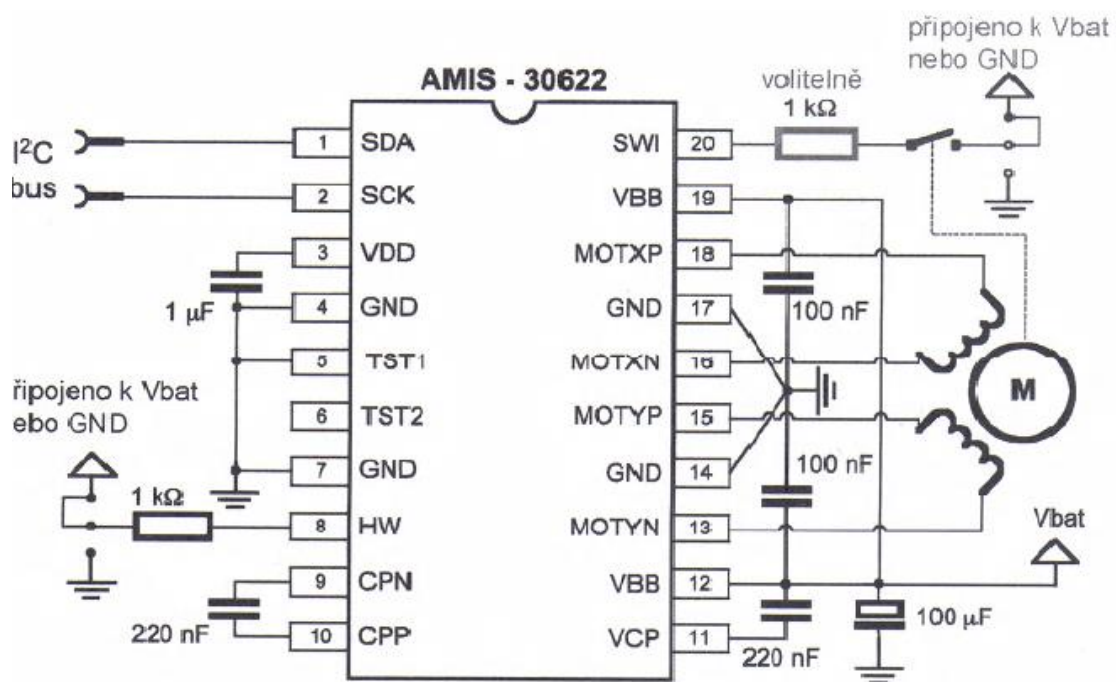
Prínosom mikrokrokovania je okrem rozlíšenia polohy krokového motora tiež zníženie jeho mechanických rezonancií. Tieto rezonancie závisia tiež na charakteristike poháňanej záťaže a spôsobe budenia jednotlivých fáz krokového motora. Rezonancie môžu spôsobiť stratu synchronizácie rotora, čo v dôsledku spôsobí stratu kroku alebo dokonca viac krokov. V prípade, že je použitý v riadiacom systéme bez polohovej spätnej väzby dôjde k závažnej a neodstrániteľnej chybe polohy.

1.9.4 Riadenie krokového motora pomocou integrovaných motorov

V tejto dobe je dostupná obrovská škála integrovaných obvodov určených pre ovládanie krokového motora. Od najjednoduchších integrovaných obvodov plniacich len funkciu spínačov cez regulátory prúdu až po najzložitejšie kontroléry so širokým inštrukčným súborom. Ako príklady niektorých obvodov môžeme uviesť:

- L297 rozdeľovač impulzov pre jednotlivé fázy krokového motora
- L6506 regulátor prúdu krokového motora
- ULN2001A až ULQ2805A darlingtonové spínače
- L298, L6114 až L6204 mostíkové spínače
- Moduly širokej rady GS pokrývajúce požiadavky na riadenie najjednoduchších typov krokových motorov až po špeciálne päťfázové krokové motory s prakticky plynulým nastavením požadovanej polohy, ovládanie je po sériovej linke priamo z počítača. [6]

AMIS-30621 a AMIS-30622 sú moderné mikrokontroléry s mikrokrokováním a inštrukčnou sadou pre riadenie polohy a rýchlosti dvojfázového hybridného krokového motora. Obvody obsahujú tiež budiace obvody. Príklad zapojenia AMIS – 30622 je uvedený na obr. č.27.



Obr. 27. Zapojenie mikrokontroléra [6]

Ako príklad zapojenia využívajúce vyššie uvedený obvod L297 je možné uviesť ovládač pre dvojfázový hybridný krokový motor.



Obr. 28. Mikrokontrolér [6]

Ďalším predstaviteľom mikrokontroléru sú často využívané obvody firmy MICROCON rady M1486. Tieto kontroléry integrujú v jednom obvode plno programovateľné riadenie krokového motora spolu s univerzálnymi riadiacimi funkciami (vstupy / výstupy) a umožňujú tak realizovať kompletne riadenie stroja či zariadenia. Tieto obvody neobsahujú výkonné stupne.

Všetky povely obvodu M1486 sú SCII znaky. Užívateľ môže použiť bežný textový editor pre prípravu povelového súboru. Nové povely sú posielané pomocou štandardnej sériovej linky kompatibilnej s RS232. Až 15 kontrolérov môže byť zreťazených pri zadaní adresy jednotlivých kontrolérov pre viaceré riadenie.

Kontrolér má vlastný súbor 50 inštrukcií pre riadenie pohonu s krokovým motorom spolu s inštrukciou pre vetvenie programu podľa stavu vstupných liniek. Vnútoraná pamäť umožňuje, aby predprogramované inštrukčné sekcie boli realizované samostatne aj pri odpojenej sériovej linke. Výstupom obvodu sú číslicové obvody prúdu pre obe fázy krokového motora. Štandardný výstup, pulzy a smer je tiež k dispozícii. Presné a plynulé riadenie rýchlosti aj v oblasti vysokých rýchlostí využíva maximálny moment motora kompaktniejšieho výkonového zosilovača. Aj keď trojuholníkový priebeh rýchlosti v závislosti na čase je pri dostupných riadiacich jednotkách pre krokové motory najrozšírenejší, je tento priebeh veľmi nevýhodný pre pásmo rýchlosti, kde moment motora klesá. Tento kontrolér ďalej podporuje mikrokrokovanie, ktoré výrazne obmedzuje oscilácie jednotlivých krokov a rezonancie pri nízkych rýchlostiach. Počet mikrokrokov

na celý krok může být naprogramovaný od 1 do 64 a to zvlášť pre oblasti nízkých a vysokých rychlostí za účelom dosiahnutia jak maximálních rychlostí, tak aj vysokého rozlíšenia pri nízkych.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 KONŠTRUKCIA RAMENA

2.1 Vlastnosti konštrukcie ramena

Rameno je vytvorené z hliníkových profilov rôznych veľkostí a hrúbok. Hliník má veľa výhod, preto by som chcel opísať zloženie tohto materiálu.

2.1.1 Fyzikálne vlastnosti hliníka

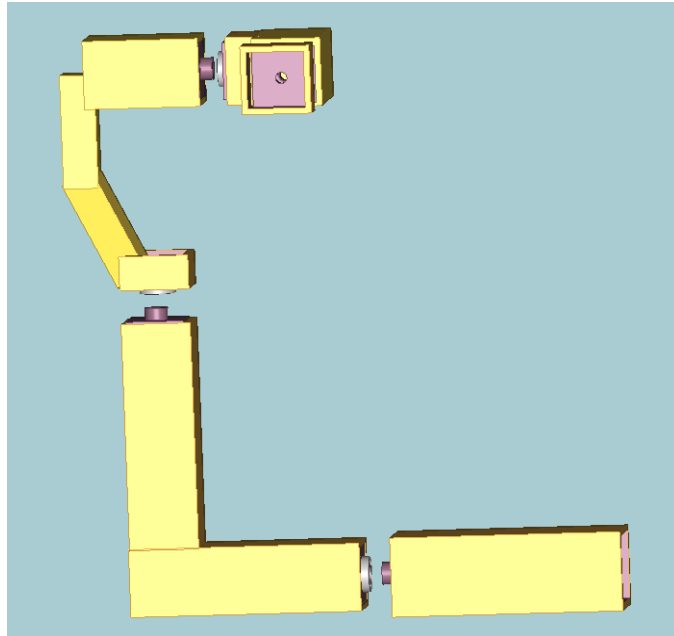
Hliník je tretím najrozšírenejším prvkom v zemskej kôre (až 8,13%). Väčšie zastúpenie má už len kyslík (46,6 %) a kremík (22,72 %). S ostatnými prvkami vytvára viacero zlúčenín, ktoré sa vyskytujú najmä v kremičitanech a hlinito-kremičitanech. Najvýdatnejšou ťažobnou surovinou pre získanie hliníka je bauxit.

Hustota hliníka je $2,7 \text{ g/cm}^3$, čo zodpovedá jednej tretine hustoty ocele. Čo sa týka pevnosti hliníkovej zliatiny majú bežne pevnosť v ťahu v rozmedzí od 70 do 700 MPa. Rozsah pre zliatiny používané pri technológii lisovania je 150 až 300 MPa. Na rozdiel od väčšiny druhov ocele sa hliník pri nízkych teplotách nestáva krehkým. Naopak jeho pevnosť sa zvyšuje. Pri teplotách, ktoré sú neustále nad 100°C je pevnosť ovplyvňovaná až do takej miery, že môže dôjsť k narušeniu štruktúry, teda k oslabeniu materiálu. [16]

Hliník je veľmi ľahko opracovateľný a je možné použiť takmer všetky spôsoby opracovania ako frézovanie, vŕtanie, dierovanie, ohýbanie, pílenie a podobne. Čo sa týka odolnosti voči korózii, hliník reaguje na vzduchu s kyslíkom a vytvára sa extrémne tenká oxidická vrstva. Aj keď má hrúbku len niekoľko stotín mikrometrov, vďaka svojej hustote poskytuje vynikajúcu ochranu pred koróziou. V prípade poškodenia sa vrstva sama obnoví. Anodická oxidácia zväčšuje hrúbku oxidovej vrstvy a tým zlepšuje ochranu pred koróziou.

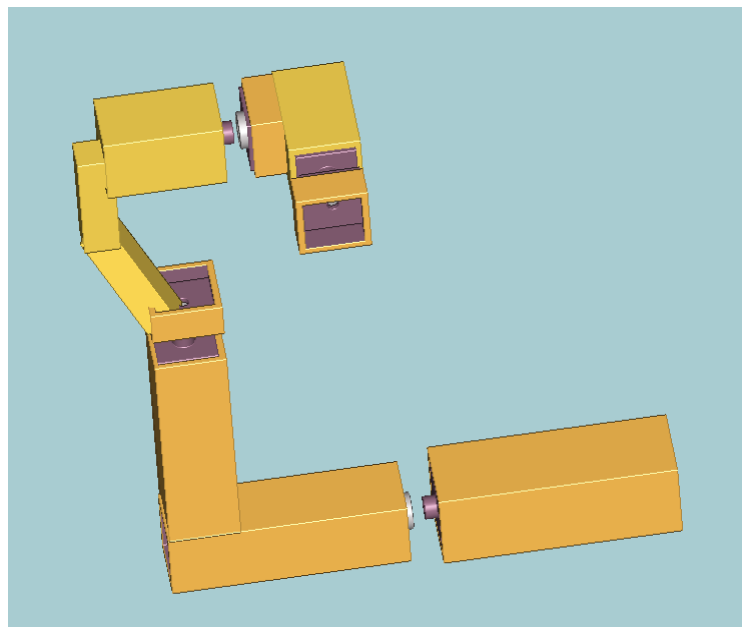
2.2 Tvar ramena

V konštrukčnom programe VariCAD som naprojektoval ako by malo elektricky ovládané rameno vyzerat'.



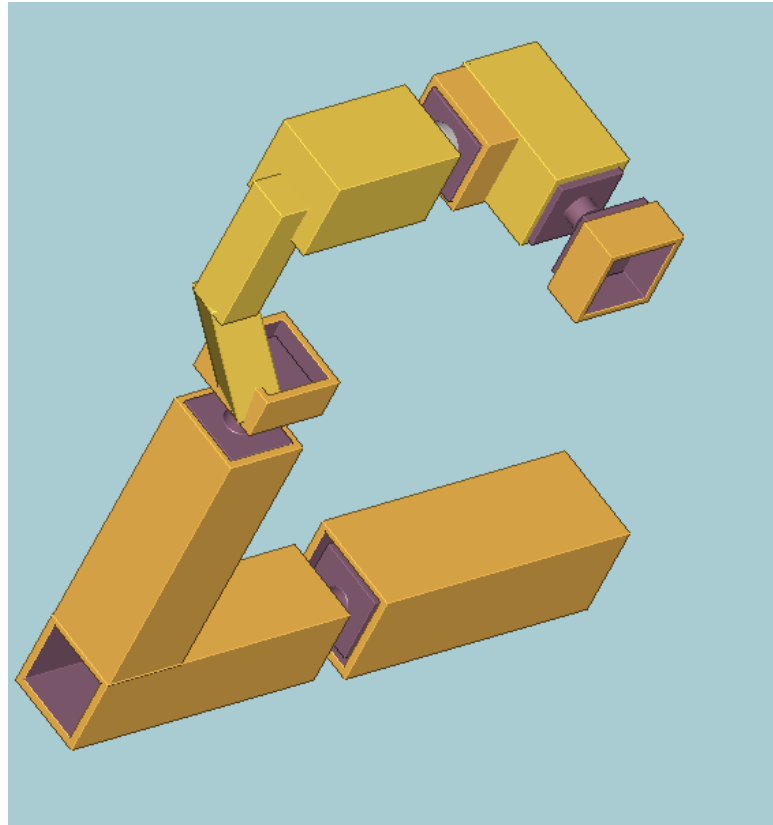
Obr. 29. Tvar ramena [Vlastné spracovanie]

Na obrázkoch je vidno len konštrukciu, ktorá je z narezaných a pozváraných hliníkových profilov. Ďalej je naprojektované osadenie a princíp točivého mechanizmu ramena.



Obr. 30. Pohľad na rameno [Vlastné spracovanie]

Do hliníkových profilov sú nasunuté tzv. otáčavé mechanizmy, ktoré sa skladajú z dvoch častí. Tieto časti sa do seba vsunú a tým vzniká točivý mechanizmus.



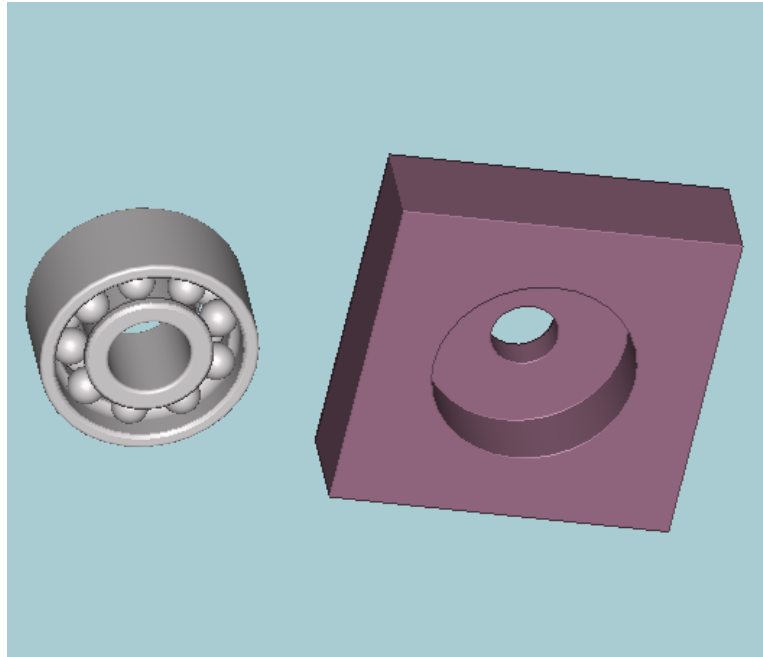
Obr. 31. Bočný pohľad ramena [Vlastné spracovanie]

Prikladám fotografiu zo súčasného stavu ramena. Ako môžeme vidieť na obrázku, hliníkové profily sú zvarené a dostávajú tvar ramena. Konštrukciu z hliníka som si vybral z toho dôvodu, že hliník je ľahký, dobre odolný poveternostným vplyvom a aj keď je profil 2 mm hrubý tak celkovo pôsobí pevne. Ľahko sa opracováva a je cenovo dostupný .



Obr. 32. Reálna ukážka po zváraní konštrukcie [Vlastné spracovanie]

Na obrázku nižšie je znázornené ako vyzerá časť mechanizmu, ktorá bude vložená do hliníkového profilu. Ide o hliníkový plný profil, ktorý je spracovaný na brúske do požadovaného tvaru.



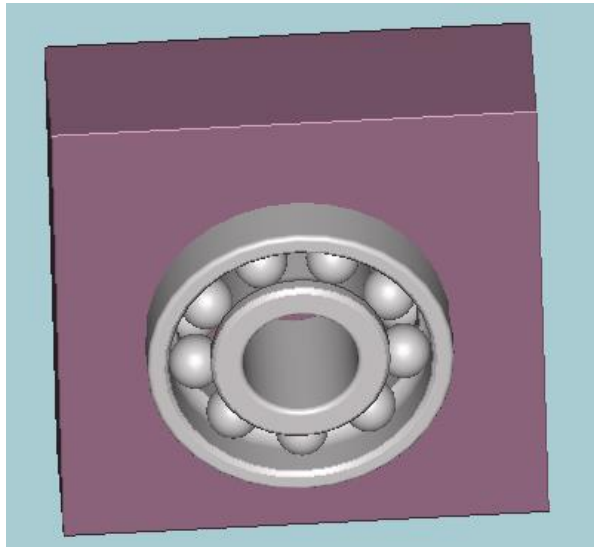
Obr. 33. Osadenie a ložisko [Vlastné spracovanie]

Na obrázku nižšie vidíme časť pohybového mechanizmu, ktorý sa zasunie do hliníkového profilu. Konkrétne táto časť bude umiestnená na spodnej strane ramena. Tu je použité dvojradové ložisko, ktoré je väčšie ako ostatné v ramene.



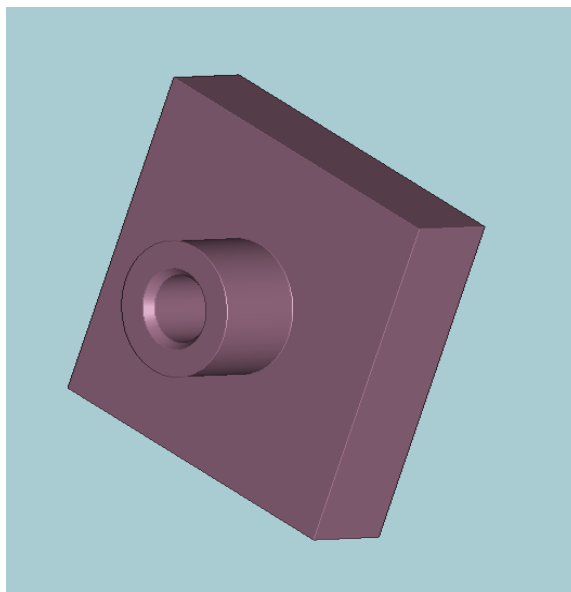
Obr. 34. Skutočné osadenie [Vlastné spracovanie]

Do tejto vyfrézovanej kocky bude vlisované dvojradové ložisko s vonkajším priemerom 35 mm a vnútorný m 15 mm.



Obr. 35. Ložisko v kotve [Vlastné spracovanie]

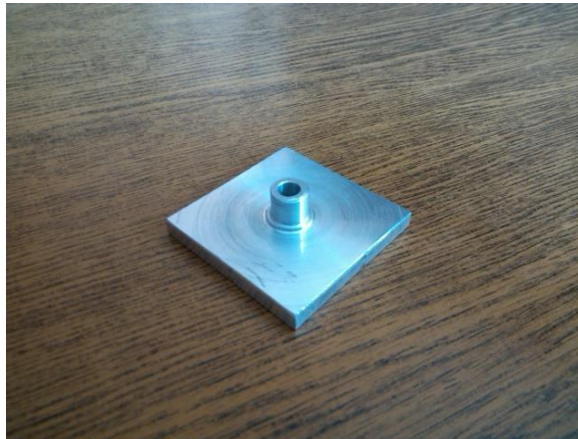
Doteraz bola uvedená iba jedna časť mechanizmu. Na obrázku dole je zobrazená druhá časť, ktorá sa vsunie do vnútorného priemeru ložiska.



Obr. 36. Protikus otáčavého mechanizmu [Vlastné spracovanie]

Táto časť bude tiež vložená do hliníkového profilu v protikuse. Zaistená bude príslušnými skrutkami aby malo rameno pevnosť.

Na obr. 37 obrázku je fotografia z ďalšej časti protikusu, ktorá bude v ramene použitá. Ide o hliníkovú zarážku. Táto zarážka sa zasunie do profilu tak, aby hrot prechádzal vnútornou stranou ložiska v ďalšom protikuse.



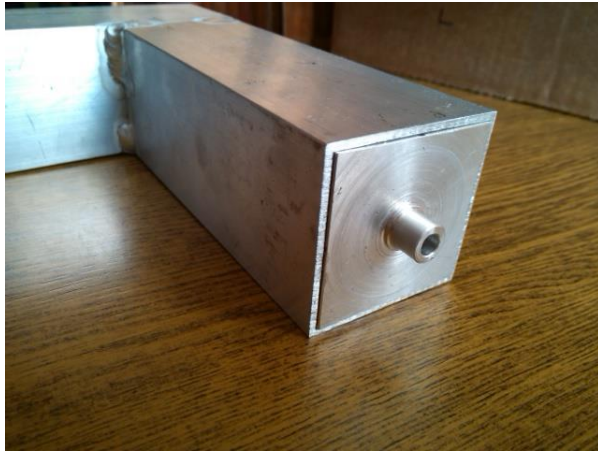
Obr. 37. Protikus pre otáčavý mechanizmus [Vlastné spracovanie]

Pre lepšie pochopenie na obr. 38 sú znázornené obe časti vsadené do seba. Tým vzniká kompletný mechanizmus, ktorý bude už iba vložený do profilov.



Obr. 38. Osadenie dvoch kusov [Vlastné spracovanie]

Na obr. 39 vidíme ako je táto časť vložená do profilu. Bude zaistená napr. skrutkami.



Obr. 39. Protikus osadený vprofile [Vlastné spracovanie]

2.2.1 Vlastnosti použitých ložísk

Jednou z možností uložiť jednu rotačnú súčiastku voči druhej umožňuje valivé ložisko. Valivé ložiská umožňujú vzájomný pohyb súčiastok v strojoch a prenos pôsobiacich síl a sú charakterizované vložením valivých telies medzi dva relatívne sa pohybujúce prvky. K výrobe valivých ložísk sa používajú také technológie, ktoré zabezpečia vysokú presnosť a trvanlivosť uloženia.



Obr. 40. Dvojrádové ložisko [17]

Výhody valivých ložísk sú malé hodnoty súčiniteľa trenia a jeho malá závislosť od prevádzkových podmienok (zvlášť pri rozbehu), dobré striedanie polôh hriadeľov, nepatrné opotrebovanie, jednoduché mazanie a úspora mazadiel, schopnosť prevádzky aj pri extrémnych hodnotách teploty, jednoduchá údržba a ľahká vymeniteľnosť.

Nevýhody ako je veľká tuhosť v dôsledku bezprostredného dotyku tuhých častí uloženia, ohraničená životnosť zvlášť pri veľkých zaťaženiach a rýchlostiach, veľký rozptyl životnosti aj pri rovnakých prevádzkových podmienkach, neschopnosť tlmiť kmitania. Valivé ložiská sa skladajú z dvoch obežných krúžkov s vytvorenými valivými dráhami, z valivých telies až klietky. Klietky udržiavajú valivé telesá v pravidelných rovnakých rozstupoch. [17]

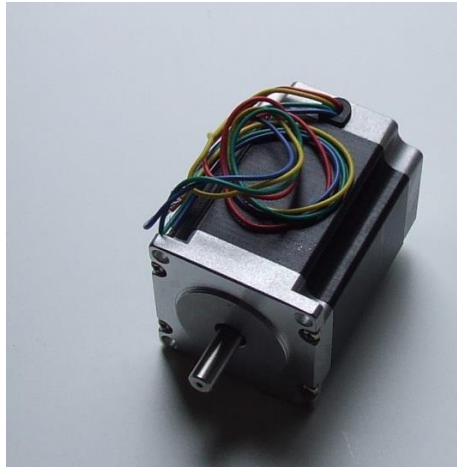
2.3 Natáčanie ramena

Natáčanie ramena bude pomocou štyroch krokových motorov, ktoré budú vložené do hliníkového profilu.

2.3.1 Použité krokové motory

Ako už bolo spomenuté v ramene sú použité štyri bipolárne dvojfázové krokové motory.

1. Na spodnej časti ramena je použitý najsilnejší motorček s označením 23HS8430. Ide o bipolárny krokový motorček, ktorý má uhol kroku $1,8^\circ$.



Obr. 41. Bipolárny motor typ 23LC76 [Vlastné spracovanie]

Krokový motorček má rozmery 55 x 55 x 77mm. Dĺžka hriadeľa je 20 mm a hrúbka 7 mm.

Typ		23LC76
Uhol kroku		$1,8^\circ$
Prúd		3A
Odpor vinutia		1 Ohm
Indukcia		3,5 mH
Moment		180N.cm
Hmotnosť		1050g

Tab. 4. Vlastnosti motora 23LC76 [Vlastné spracovanie]

2. V strednej časti ramena bude použitý krokový motor s označením 17HS8401.



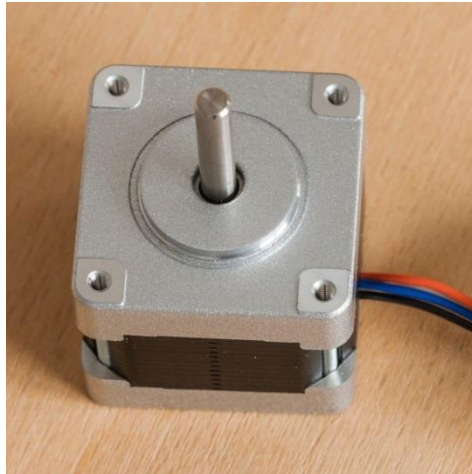
Obr. 42. Bipolárny motor typ 17HS8401 [Vlastné spracovanie]

Krokový motorček s rozmermi 42 x 42 x 47mm. Dĺžka hriadeľa je 24mm a šírka je 5mm.

Typ		17HS8401
Uhol kroku		1,8°
Prúd		1,8A
Odpor vinutia		0,5 Ohm
Indukcia		
Moment		50N.cm
Hmotnosť		250g

Tab. 5. Vlastnosti motora 17HS8401 [Vlastné spracovanie]

3. Vo vrchnej časti sú použité dva rovnaké krokové motory. Ide o motorčeky s typovým označením SX16-0402N



Obr. 43. Bipolárny motor typ SX16 [Vlastné spracovanie]

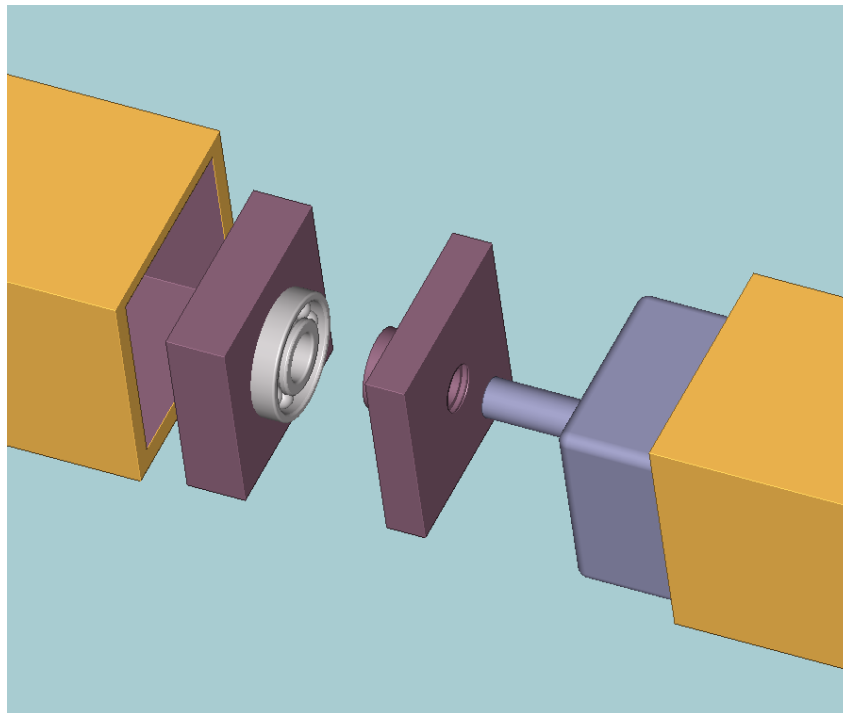
Krokové motory s rozmermi 39 x 39 x 33mm. Dĺžka hriadeľa je 25mm a šírka 6mm.

Typ		SX16-0402N
Uhol kroku		1,8°
Prúd		0,9A
Odpor vinutia		0,32 Ohm
Indukcia		
Moment		21N.cm
Hmotnosť		100g

Tab. 6. Vlastnosti motora SX16 [Vlastné spracovanie]

2.3.2 Osadenie krokového motora do profilu

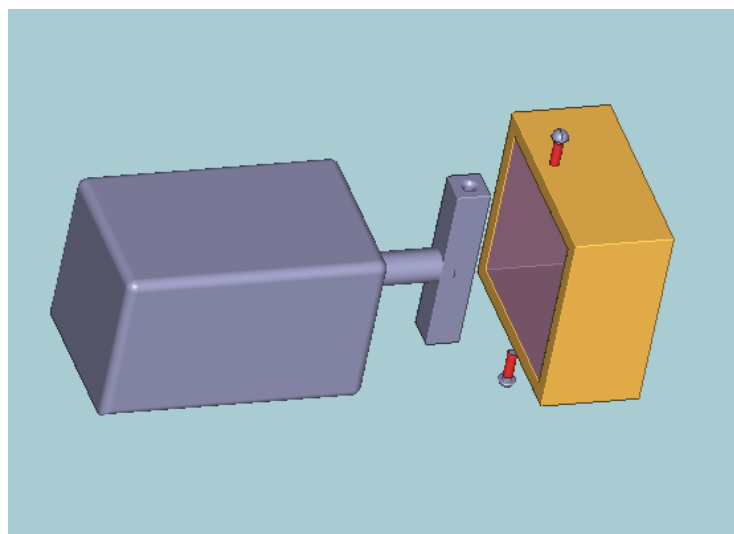
Motor ktorý bude mať na starosti rotáciu ramena bude osadený do hliníkového profilu. V profile bude zaistený skrutkami atý m bude motor vkonštrukcii pevne držať. Na obr. 44 vidíme osadenie krokového motora a pohybový mechanizmus, ktorý bude mať na starosť otáčať s ramenom.



Obr. 44. Osadenie motora [Vlastné spracovanie]

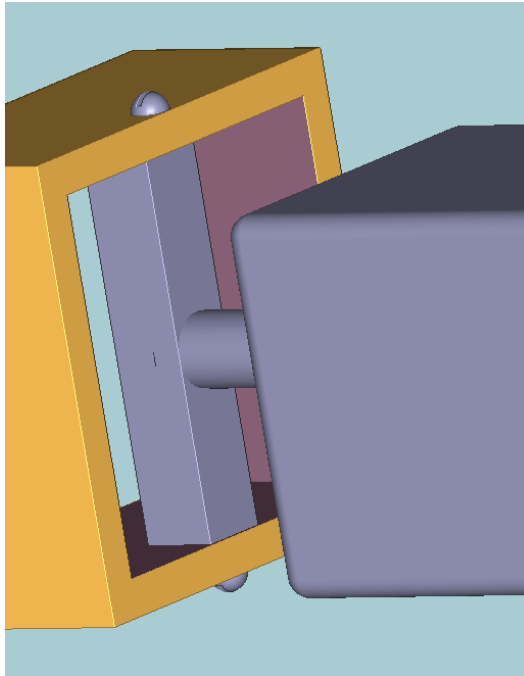
2.3.3 Uchytenie hriadele krokového motora do profilu

Hriadeľ z krokového motora, ktorá bude prechádzať cez pohybový mechanizmus a ložisko bude uchytená do ďalšieho profilu. Tento rotor bude teda priamo otáčať s ďalšou časťou ramena.



Obr. 45. Uchytenie hriadeľa [Vlastné spracovanie]

Ide o hliníkový valček, ktorý bude uchytený o hriadeľ krokového motora a o ďalšiu časť ramena.

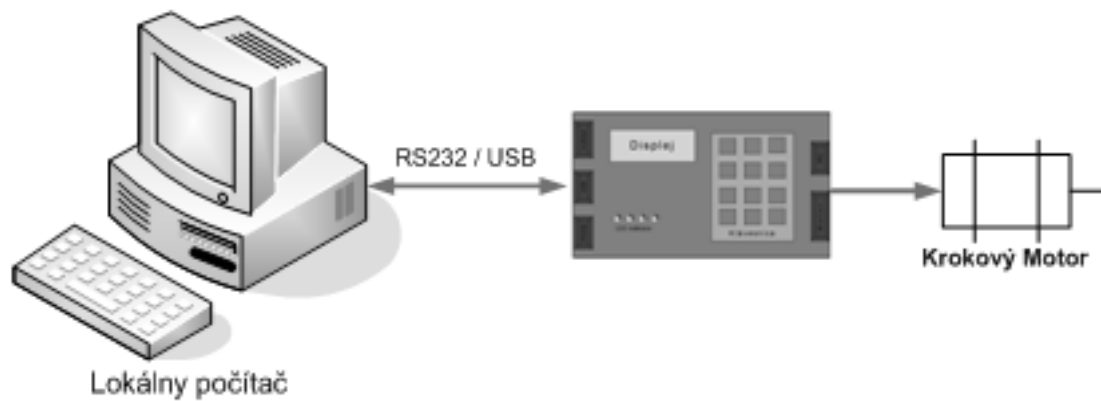


Obr. 46. Detail uchytenia [Vlastné spracovanie]

Tento hliníkový valček bude skrutkami pevne pripevnený ohliníkový profil atý m krokový motor zaistí rotovanie ďalšej časti ramena.

2.4 Elektrické ovládanie ramena

Rameno bude poháňané pomocou krokových motorov ako už bolo viackrát spomenuté. Ovládanie krokových motorov bude zabezpečené s použitím kontroléra H5, ktorý bude riadiť postupne jednotlivé motory.

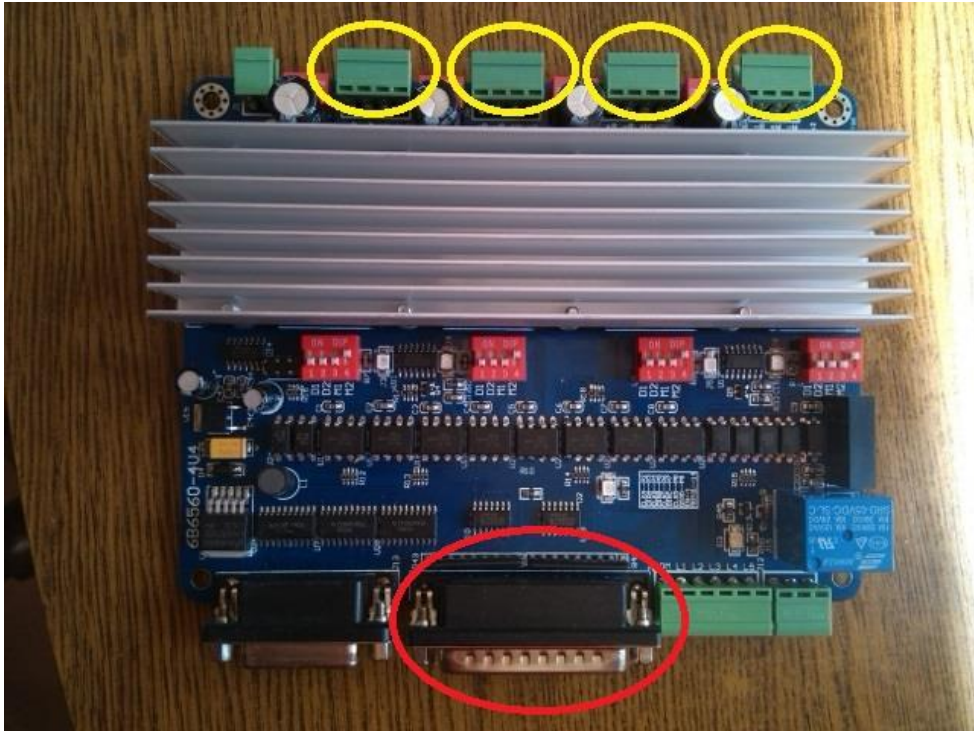


Obr. 47. Ukážka pripojenia krokového motora [12]

Kontrolér je pripojený k počítaču dátovým káblom. V počítači je nainštalovaný software, ktorý zabezpečí komunikáciu s týmto ovládačom. Kontrolér má rôzne možnosti pripojenia či už cez USB, RS232 alebo pomocou LPT - 25 pinového kábla, ktorý sa používal aj napr. na pripojenie starších tlačiarní k počítaču. [12]

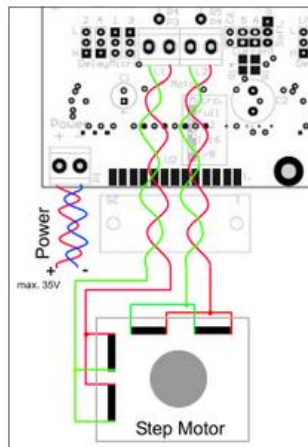
2.4.1 Ovládač krokových motorov

Ako ovládač jednotlivých častí elektrického ramena som si zvolil kontrolér H5, ktorý dokáže súčasne ovládať štyri krokové motory. Ovládač má tiež vstupy, na ktoré je možné pripojiť päť spínačov alebo rôzne indukčné spínače a podobne. Vstupy sú chránené diódami a 1 k Ω - ovým rezistorom. Reléovým výstupom sa dá riadiť spínanie krokového motora. Pri vyšších výkonoch sa doporučuje pomocné relé. [13]



Obr. 48. Použitý kontrolér [Vlastné spracovanie]

Na obr. 48 vidíme použitý kontrolér H5. Vyznačené sú výstupy pre krokové motory. Ako už bolo spomenuté konkrétne tento kontrolér má štyri výstupy, ktoré dokáže ovládať.



Obr. 49. Zapojenie krokového motora [14]

Pripojenie motorov je štvorvodičové A1+,A1-,A2+,A2-. Červeným je vyznačený port pre pripojenie kontroléra k počítaču pomocou LPT kábla. [14]

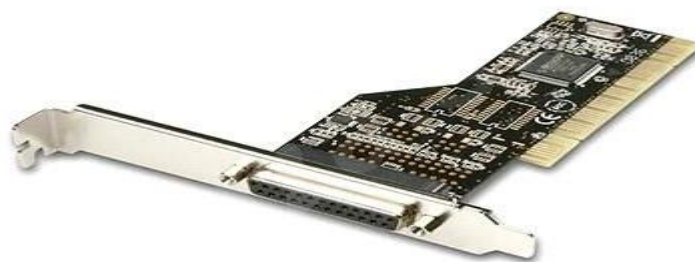


Obr. 50. LPT kábel [Vlastné spracovanie]

Kábel by nemal byť dlhší ako 1,2 metra pretože potom môžu nastávať rôzne rušivé momenty, ktoré by mohli negatívne ovplyvniť riadenie ovládača.

2.4.2 Rozširujúca karta

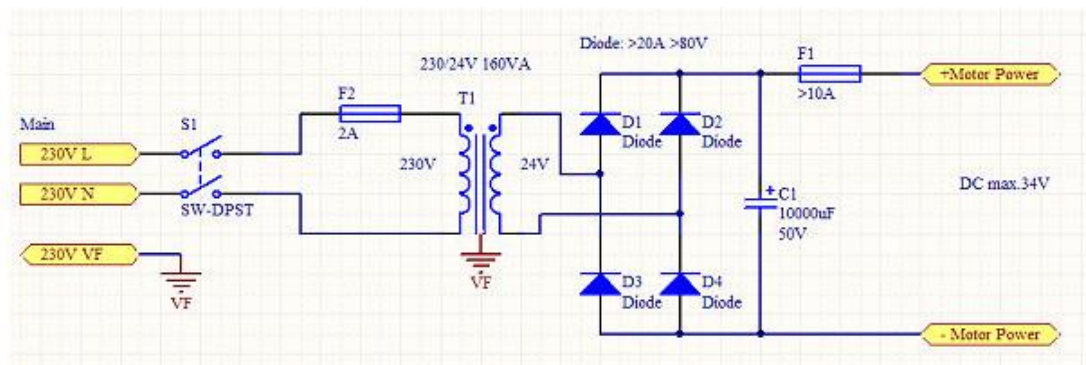
Pre pripojenie k počítaču je potrebná PCI karta s paralelným portom. Ide o AXAGO PCIA-P1 kartu umožňujúcu rozšírenie stolného počítača o jeden plnohodnotný paralelný port s DB-25 konektorom. Vďaka plnej podpore Plug and Play a tiež automatického výberu IRQ prerušenia a I/O adresy či možnosti zmeny čísla portu, bola inštalácia jednoduchá.



Obr. 51. Karta pre pripojenie LPT [14]

2.4.3 Použitý zdroj

Ovládač s označením H5 musí byť napájaný a tak sú napájané aj krokové motorčeky. Pri tomto kontroléry je dovolené napätie zdroja od 12 do 35 voltov. Prekročenie 35 voltov môže poškodiť ovládač. Doporučený transformátor by mal byť 230/24V AC minimálne 20 ampérový mostík akondenzátor s hodnotou minimálne 10000 μ F. Medzi zdrojom a ovládačom je doporučené použiť poistku.



Obr. 52. Pripojenie zdroja [14]

Hore je použitá schéma možného zapojenia zdroja. Ja som ale použil zdroj s napätím 24 voltov a 10 ampérov.



Obr. 53. Použitý napájací zdroj [Vlastné spracovanie]

Tento zdroj sa pripojí pomocou portu k ovládaču. Pomocou príslušného softwaru potom bude počítač komunikovať s kontrolérom.

2.5 Ovládací program MACH3

K ovládaniu kontroléra H5 je potrebné nainštalovať príslušný program, ktorý bude komunikovať pomocou LPT kábla s ovládačom. K ovládaniu kontroléra som si vybral program MACH3, ktorý je pomerne jednoduchý pre užívateľa a nevznikajú rôzne výpadky pri komunikácii. K dispozícii sú na internete rôzne manuály ako s daným programom narábať. Na úvod by som chcel opísať prostredie a princíp daného programu.

2.5.1 Prostredie programu

Na prvý pohľad nás môže zaskočiť či už rozsah daného programu alebo možnosti a zobrazované údaje v programe. Všetko je zoskupené v niekoľkých málo logických skupín. Budeme im hovoriť rodiny ovládacích prvkov. K vysvetleniu slova ovládací prvok – zahŕňa ako tlačidlá a k nim priradené klávesové skratky určené k ovládaniu Machu3, tak aj prvky zobrazujúce informácie (DigitalReadOuts), menovky a LED indikátory.

Prvky každej rodiny sú popísané nižšie. Jednotlivé rodiny prvkov sú vysvetlené v poradí dôležitosti pre väčšinu užívateľov. Môžeme si všimnúť, že obrazovky Machu3 neobsahujú všetky popisované prvky rodín. Je to z dôvodu zlepšenia činnosti jednotlivých obrazoviek alebo k zamedzeniu náhodných zmien pri riadení.



Obr. 54. Prvky pre prepínanie obrazoviek [14]

K dispozícii je ScreenDesigner, ktorý dokáže upravovať ovládacie prvky jednotlivých obrazoviek. Môže modifikovať alebo navrhovať obrazovky od začiatku, tiež je možné pridávať rôzne ovládacie prvky na jednotlivé obrazovky pokiaľ je to požadované charakterom použitia Machu3.

2.5.1.1 Prvky prepínania obrazoviek

Tento druh ovládacích prvkov sa objavuje na každej obrazovke. Umožňuje prepínanie medzi jednotlivými obrazovkami a tiež zobrazujú informácie o aktuálnom stave systému.

2.5.2 Resetovacie tlačidlo

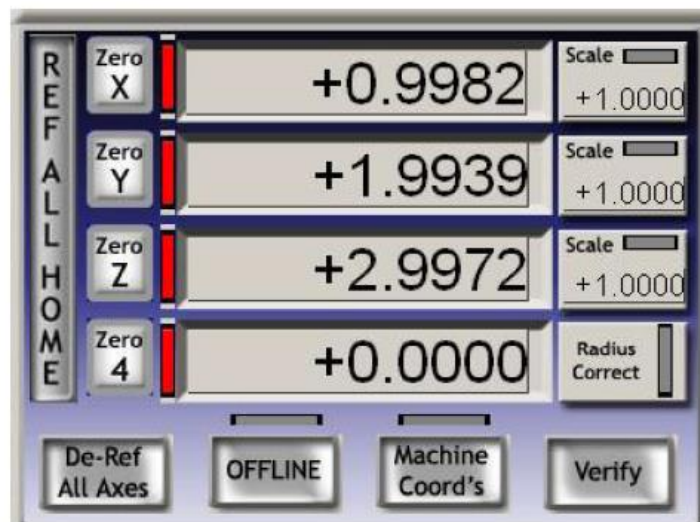
Jedná sa o prepínacie tlačidlo. Pokiaľ je systém zresetovaný, okraj tlačidla svieti stabilne na zeleno, pokiaľ je aktivovaná funkcia Chargepump, na priradenom výstupe sú generované odpovedajúce pulzy a zvolené výstupy Enable sú aktívne.

2.5.2.1 Popisy

Inteligentné popisy zobrazujú posledné chybové hlásenie, aktuálne režimy, názov práve otvoreného part programu či názov aktuálneho profilu.

2.5.3 Tlačidlá výberu obrazoviek

Tieto tlačidlá prepínajú jednotlivé obrazovky programu. Klávesové skratky sú odvodené podľa názvov obrazoviek. Pre jednoduchosť sú všetky písmená uvedené ako veľké, avšak v prípade klávesových skratiek nie je potrebné použiť klávesovú skratku Shift.



Obr. 55. Rodina prvkov pre ovládanie [14]

2.5.3.1 Hodnoty súradníc DRO

Hodnoty všetkých súradníc sú zobrazené v aktuálnych jednotkách (G20/G21), pokiaľ nie je aktivovaná funkcia zobrazovania iba v implicitných jednotkách. Hodnota reprezentuje súradnicu riadeného bodu v zobrazenom súradnom systéme. Ten je obecné daný aktuálnym pracovným ofsetom (na počiatku 1 to znamená G54) súčasne s ofsetmi g92. Súradnicový systém je možné však prepnúť na absolútne súradnice stroja. Do jednotlivých DRO je možné zapísať rôzne hodnoty. Tým sa pozmení aktuálna hodnota pracovného ofsetu tak, aby vzhľadom k aktuálnej polohe nástroja na novo zadaná hodnota odpovedala.

2.5.3.2 Zreferované

LED indikátor je zelený, pokiaľ bola príslušná os zreferovaná (teda je známa jej poloha). Všetky osy môžu byť zreferované kliknutím na tlačidlo Refall. Individuálne je možné referovať osy na obrazovke Diagnostics.

2.5.4 Ručné polohovanie klávesnicami

Pre ručné polohovanie ponúka program celkom tri režimy. Spojitý, krokový a MPG, ktoré sa vyberajú tlačidlom JogMode a aktívny režim je indikovaný leddiodou.



Obr. 56. Ručné polohovanie [14]

V režime spojité sa pohybuje os rýchlosti nastavenou hodnotou SlowJog Rate behom celej doby, kedy je klávesnica stlačená. Polohovacia rýchlosť v režime spojité je definovaná ako percentuálna časť z maximálnej nastavenej rýchlosti hodnotou v Slowpercentage DRO. Túto hodnotu je možné zadať v rozsahu 0.1 % až 100% jednoducho zapísaním do DRO. S využitím tlačidiel +/- je možné hodnotu meniť po 5%. Nastavenú polohovacu rýchlosť je možné prekročiť pri práve stlačenej klávesnici Shift a príslušnej jogging klávesnice (potom sa os pohybuje maximálnou rýchlosťou). LED dióda hneď vedľa ledky pre režim spojité signalizuje, že je aktivované polohovanie maximálnej rýchlosti. [13]

2.5.5 Tlačidlo stop

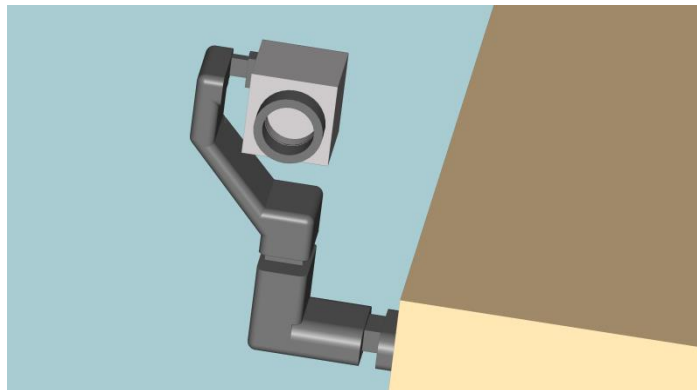
Tlačidlom STOP sa zastaví program v najkratšom možnom čase. To však môže viesť k strate kroku a reštartovanie tlačidlom CYCLE START potom už nie je možné.



Obr. 57. Stop tlačidlo [14]

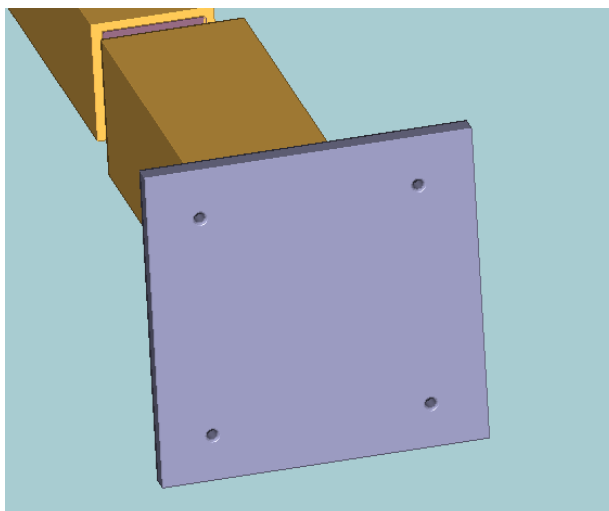
2.6 Využitie elektricky polohovateľného ramena

Umiestnenie kamery je možné či už v interiéri tak aj v exteriéri. Na vrchnú časť ramena sa prichytí analógová alebo IP kamera. Kabeláž bude zvedená vnútramena, alebo po vrchnej časti v káblovej chráničke do kontroléra. V miestach otáčavého spoja bude dĺžka kábla väčšia kvôli rotácii. Kabeláž bude chránená páskou a tým bude chránená pred nežiaducim pretrhnutím alebo porušením izolácie.



Obr. 58. Možné umiestnenie kamery [Vlastné spracovanie]

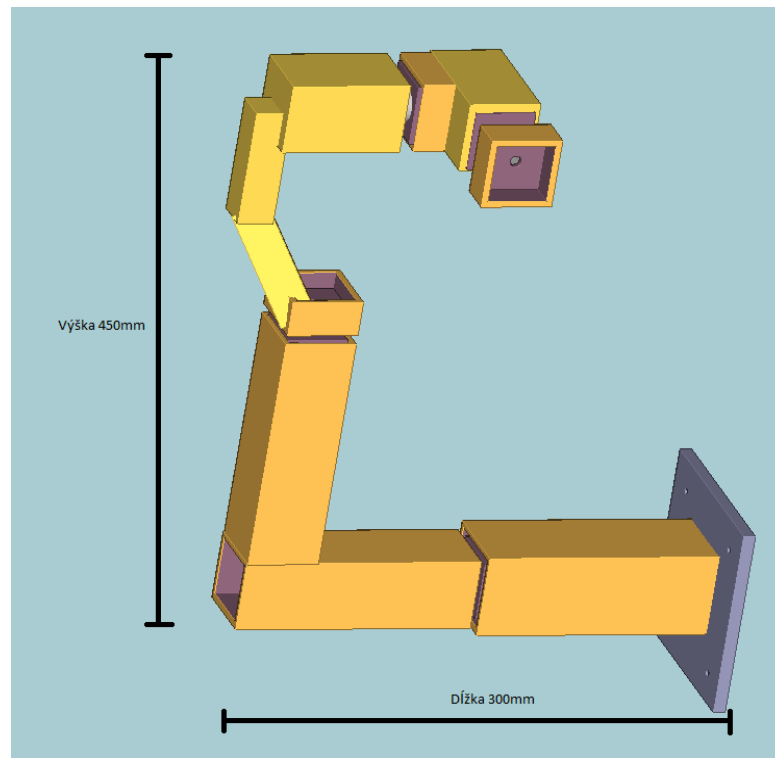
V spodnej časti ramena je plechový podstavec, ktorý bude skrutkami uchytený ku stene, konštrukcii a podobne. Ukotvenie musí byť pevné, pretože nesie pomerne veľkú váhu.



Obr. 59. Ukotvenie ramena [Vlastné spracovanie]

2.6.1.1 Rozmery ramena

Rozmery ramena sú pomerne dôležité z hľadiska využiteľnosti. Rameno môže byť umiestnené na rohu budovy a tým dokáže sledovať dianie z dvoch strán.



Obr. 60. Rozmery ramena [Vlastné spracovanie]

Výška ramena sa pohybuje okolo 45 centimetrov. Celková dĺžka ramena je 30 centimetrov čo robí z konštrukcie pomerne stabilný mechanizmus, ktorý by podľa mňa mal účinnosť pri zabezpečení objektov. Rameno je ovládané pomocou počítača a príslušného softvéru, ktorý sa stará okvalitnú a rý chlu reakciu.

2.6.2 Ovládanie pomocou senzorov pohybu

Ďalšou z možností ovládania ramena je pomocou senzorov pohybu. Sensory by boli umiestnené pri vchodoch a tak by sa mohlo rameno nakloniť na určitú časť objektu. K ovládaču je možné pripojiť pomocou vstupov rôzne snímače a podobne.



Obr. 61. Pohybový snímač [15]

Senzor pohybu pre spínanie rôznych typov svetiel a prístrojov. Čidlo pracuje na princípe infračerveného snímača, ktorý prijíma žiarenie v infračervenej časti spektra. Pre ľudské oko je toto žiarenie neviditeľné. Ak zaregistruje snímač zmenu, ktorú vyvolá napríklad pohyb osoby v oblasti dosahu dôjde k zapnutiu. Dosah sa pohybuje okolo 10 metrov. Detekčný snímací uhol je okolo 170° , všetko vo vodorovnej osy senzora. Záleží samozrejme na type snímača, preto sa môžu rôzne vlastnosti snímačov líšiť. [15]

ZÁVĚR

Moja diplomová práca je zameraná na vytvorenie niečoho, čo by bolo prínosom pre oblasť bezpečnostných systémov. Ide o mechanický systém, ktorý pomocou krokových motorov a príslušného riadiaceho systému dokáže ľubovoľným smerom natočiť rameno s kamerou na určitý cieľ. Toto natáčanie je riadené personálom, ktorý dokáže pomocou počítača a príslušného softwaru dané rameno natáčať do rôznych uhlov a strán. Prenášaný obraz, ktorý bude snímať kamera bude sledovaný daným personálom. V práci som spomenul, že natáčanie a pohyb ramena môže byť ovládaný doslova bez obsluhy a to tým, že by sa k ovládaciemu prvku pripojili pohybové senzory a tie by dávali povely k natáčaniu ramena na miesto, kde je priestor narušený pohybom alebo rôznymi fyzikálnymi javmi. Tiež som podrobne opísal priebeh realizácie ramena. Postupne som pridal fotografie na ktorých je vidieť tvar rôznych častí ramena. Prácu som doplnil aj snímkami z modelovacieho programu variCAD. Ten som využil ešte pred samotnou realizáciou ramena. V diplomovej práci som postupne opisoval, aké sú na trhu dostupné držiaky, tiež použité krokové motory, riadiaci systém, tvar a materiál z ktorého je rameno vytvorené. Program s názvom Mach3 primárne slúži v kovoobrábacej oblasti keďže kontrolér je navrhnutý na ovládanie krokových motorov strojárskych technike. Ovládací program je jednoduchý a panel s ovládacími prvkami je pomerne kvalitne spracovaný. Popísal som tiež princíp krokových motorov a uviedol som vlastnosti, ktoré sú dôležité z dôvodu funkčnosti. Ku kontroléru môžem pripojiť iba dvojfázové bipolárne krokové motory. V práci som uviedol aký som použil zdroj a tiež som sem pridal fotografie. Zaoberal som sa aj otáčavým mechanizmom, ktorý som tiež najskôr vytvoril v modelovacom programe a po uvážení som začal s výrobou. Jednotlivé časti som si dal vytvoriť na obrábacom stroji. Tieto časti otáčavého mechanizmu sa vkladali do hliníkového profilu, postupne zaistili skrutkami a tak vznikol mechanizmus, ktorý rotuje aj pomocou ložísk, ktoré sú vsadené do tvarovaného hliníkového púzdra. Uloženie a zaistenie krokových motorov bolo zo začiatku pomerne zložité navrhnuť, ale zdá sa, že sa mi to nakoniec podarilo. Zaistenie rotora z krokového motora v protikuse hliníkového profilu bolo potrebné vykonať s presnosťou. V závere svojej diplomovej práce som popísal miesto, kde by mohlo byť rameno umiestnené. Najlepšie umiestnenie ramena je na rohu budovy aby mohlo snímať napr. dva vchody, ktoré sú z rôznych strán. Tiež som sa zameral na kabeláž, ktorá vedie z krokových motorov do ovládacieho zariadenia. Kabeláž bude

v káblovej chráničke a v samostatnom profile. Zameral som sa aj na uchytenie ramena. Kotviaca plocha ramena bude v spodnej časti a bude niesť celú váhu.

SUMMARY

My thesis is focused on creating something that would be beneficial for the field of security systems. It is about mechanical design, which with the help of stepping motors and relevant control system is able to rotate in any direction arm with a camera for a specific purpose. This rotation is controlled by staff who can help with computer and related software rotates the arm to different angles and sides. Transmitted image that will capture camera will be monitored by the staff. At work, I mentioned that rotation and movement of the arm can be operated virtually unattended and thus it would be connected to the control motion sensors and they could give commands arm to the space where is disturbed by motion or different physical phenomena. I also described in detail the process of realization shoulders. Gradually adding photos, where we can see the shape of different parts of the arm. To the work I added the photos from modeling program VariCAD. That I used before the actual implementation of the shoulders. In the thesis, I gradually describe which holders are available in the market and also availability of used stepper motors, control system, the shape and material of which the arm is formed. Program called Mach3 primarily used in the field of metal whereas controller is designed for controlling stepper motors in engineering technology. The control scheme is simple and the control bar is fairly well processed. I also described the principle of stepper motors and I said qualities that are important for the functionality. To the controller is possible to connect only two-phase bipolar stepper motors. At work I have listed what source I used and I also posted photos. I was also concerned to the rotary mechanism which I also initially created in the modeling program and at the discretion I started with the production. Individual parts I had to create through a machine tool. These parts turning mechanism are put in the aluminum profile, ensured by the screws gradually and thus created a mechanism that rotates through the bearings, which are embedded in molded aluminum casing. Receive and secure a stepping motor was only allowed a fairly complex to design but it seems to me that it finally succeeded. Securing the rotor of the stepper motor in the counterpart aluminum was to be done with precision. At the end of my thesis I describe the place where the arm might be placed. The best location is on the corner of a building where the arm can capture, for example, two entrances that are from different sides. I also dealt with cabling leading to the stepping motor control device. Cabling will be in the cable protection and in a separate profile. I focused on the mounting arm. Area anchoring arm is at the bottom and shall bear the whole weight of the arm.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [7] *Ipssecure* [online]. Bratislava, 2014, 10.2.2014 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.ipsecure.sk/drziaky/br-03/>
- [2] *Kassotechnik: Výpočtová technika* [online]. Gold partner. Žilina, 2013 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.kassotechnik.sk/produkt/Drziak-z-hlinikove-zliatiny-28-cm---outdoor-SKGL-205N/>
- [3] *Ubiquiti* [online]. Bratislava, 2010, 10.1.2014 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.ubiquiti.sk/abracam-dome-bracket-drziak-na-stenu-pre-kameru-aircam-dome/>
- [4] *Eltrex: Kamerové systémy* [online]. Svidník, 2012, 2014 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.eltrex.sk/kategoria/konzoly-na-kamery/aluminium-drziak-na-kamery-montaz-na-stenu-sab-06-6708/>
- [5] KALAMEN, Lukáš. *Krokové motory: Základné vlastnosti*. Žilina, 2010. Dostupné z: <http://www.kves.utc.sk/kvesnew/dokumenty/%C5%A0ES/Krokov%C3%A9%20motory/Krokov%C3%A9%20motory.pdf>. Diplomová práca. Žilinská univerzita
- [6] *Řízení otáček krokového motoru*. Zlín, 2008. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
- [7] Zvára, Jaroslav: *Jednotný systém dopravních informací pro ČR* [prezentace]. 2013. Dostupné na [www:\[http://portal.dopravniinfo.cz/jsdi\]](http://portal.dopravniinfo.cz/jsdi).
- [8] Loskot, S., Slemer, M. (2010): *Zadávací dokumentace* ČJ. PPR-19615-9/ČJ-2010-0099EC část Zadávací dokumentace [2013-10-11]. Dostupné na stránce [www:\[http://www.policie.cz/clanek/mobilni-monitorovaci-centrum-187640.aspx\]](http://www.policie.cz/clanek/mobilni-monitorovaci-centrum-187640.aspx).
- [9] NOVÁK, Petr. *Mobilné roboty*. Praha: Ben - Technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-141-1.
- [10] *CNC : úprava krokových motorů* [online]. Praha, 2001 [cit. 2014-01-23]. Dostupné z: <http://www.c-n-c.cz>
- [11] ZÁSKALICKÝ, Pavol. *Krokové motory*. Košice: Košice, 2007. ISBN 978-80-8073-778-8.
- [12] TIMKO, Ján. *Elektrotechnika*. Košice. Košice: Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-8073-779-5.
- [13] *Hobby CNC* [online]. Bratislava, 2012, 23.1.2014 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://cnc1.eu/sk/h5controller.htm>

- [14] MILOSLAV, Štulpa. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. Praha: BEN-Technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-207-8
- [15] *Žárovky - svítidla: Osvětlení od specialisty* [online]. Litvínov, 2013 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.zarovsky-svitidla.cz/cidlo-pohybu-kanlux-aler-jq-30-w-bile,1168.html>
- [16] *Sapa* [online]. Žiar nad Hronom, 2005 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.sapagroup.com/sk/sapa-profil-y-as/o-hliniku/vlastnosti-hlinika/>
- [17] *EVROX* [online]. Žilina, 2005, 2013 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.evrox.sk/e-shop/loziska/5-Rozmer-a-specifikacia-loziska/14-Dvojradowe-valcekove-loziska>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

IP	Internet Protocol.
Hz	Hertz.
Ms	Odozva.
PCi	PeripheralComponentInterconnect
I/O	Input/Output
AC	Alternatingcurrent
LED	LightEmittingDiode

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Držiak kamery</i>	11
<i>Obr.2. Typy stojanov</i>	12
<i>Obr.3. Zakrivený držiak</i>	13
<i>Obr. 4. Držiak</i>	13
<i>Obr. 5. Držiak pre dome kameru</i>	14
<i>Obr. 6. Konštrukcia hlinikového stojana</i>	15
<i>Obr. 7. Ukotvenie stojana</i>	15
<i>Obr. 8. Krokový motor</i>	16
<i>Obr. 9. Funkcia krokového motora</i>	19
<i>Obr. 10. Stavy motora</i>	19
<i>Obr. 11. Poloha rotora</i>	22
<i>Obr. 12. Spínanie jednotlivých fáz</i>	23
<i>Obr. 13. Oscilujúci prúd pri dvojfázovom buzení</i>	23
<i>Obr. 14. Príklady oscilácii</i>	24
<i>Obr. 15. Statická charakteristika</i>	25
<i>Obr. 16. Statická charakteristika</i>	25
<i>Obr. 17. Principiálne usporiadanie pohonu</i>	27
<i>Obr. 18. Usporiadanie pohonu – uzavretá slučka</i>	28
<i>Obr. 19. Riadiace moduly</i>	31
<i>Obr. 20. Časový priebeh budenia hybridného motora</i>	32
<i>Obr. 21. Časové priebehy štvortaktného riadenia</i>	33
<i>Obr. 22. Prvý a druhý krok štvortaktného riadenia s magnetizáciou dvoch fáz</i>	33
<i>Obr. 23. Časové priebehy dvojfázového hybridného motora</i>	34
<i>Obr. 24. Statická momentová charakteristika s buzením dvoch fáz</i>	35
<i>Obr. 25. Časové priebehy osemtaktného riadenia</i>	36
<i>Obr. 26. Budenie fáz</i>	38
<i>Obr. 27. Zapojenie mikrokontroléra</i>	39
<i>Obr. 28. Mikrokontrolér</i>	40
<i>Obr. 29. Tvar ramena</i>	44
<i>Obr. 30. Pohľad na rameno</i>	44
<i>Obr. 31. Bočný pohľad ramena</i>	45
<i>Obr. 32. Reálna ukážka po zvaraní konštrukcie</i>	46

<i>Obr. 33. Osadenie a ložisko</i>	47
<i>Obr. 34. Skutočné osadenie</i>	47
<i>Obr. 35. Ložisko v kotve</i>	48
<i>Obr. 36. Protikus otáčavého mechanizmu</i>	48
<i>Obr. 37. Protikus pre otáčavý mechanizmus</i>	49
<i>Obr. 38. Osadenie dvoch kusov</i>	49
<i>Obr. 39. Protikus osadený v profile</i>	50
<i>Obr. 40. Dvojradowé ložisko</i>	51
<i>Obr. 41. Bipolárny motor typ 23LC76</i>	52
<i>Obr. 42. Bipolárny motor typ 17HS8401</i>	53
<i>Obr. 43. Bipolárny motor typ SX16</i>	54
<i>Obr. 44. Osadenie motora</i>	55
<i>Obr. 45. Uchytenie hriadeľa</i>	55
<i>Obr. 46. Detail uchytenia</i>	56
<i>Obr. 47. Ukážka pripojenia krokového motora</i>	57
<i>Obr. 48. Použitý kontrolér</i>	58
<i>Obr. 49. Zapojenie krokového motora</i>	58
<i>Obr. 50. LPT kábel</i>	59
<i>Obr. 51. Karta pre pripojenie LPT</i>	59
<i>Obr. 52. Pripojenie zdroja</i>	60
<i>Obr. 53. Použitý napájací zdroj</i>	60
<i>Obr. 54. Prvky pre prepínanie obrazoviek</i>	61
<i>Obr. 55. Rodina prvkov pre ovládanie</i>	62
<i>Obr. 56. Ručné polohovanie</i>	63
<i>Obr. 57. Stop tlačidlo</i>	64
<i>Obr. 58. Možné umiestnenie kamery</i>	65
<i>Obr. 59. Ukotvenie ramena</i>	65
<i>Obr. 60. Rozmery ramena</i>	66
<i>Obr. 61. Pohybový snímač</i>	67
<i>Obr. 62. Spodná časť ramena</i>	79
<i>Obr. 63. Rotácia</i>	79
<i>Obr. 64. Bočný uhol</i>	80
<i>Obr. 65. Detail z boku</i>	80

<i>Obr. 66. Kotviaca časť</i>	81
<i>Obr. 67. Detail umiestnenia motor</i>	81
<i>Obr. 68. Rotácia smerom nadol</i>	82
<i>Obr. 69. Rotácia do bočnej strany</i>	83
<i>Obr. 70. Natočenie kamery</i>	83
<i>Obr. 71. Natočenie do zadnej strany</i>	84
<i>Obr. 72. Pohľad natočenia z vrchu</i>	84
<i>Obr. 73. Svorky k pripojeniu motorov</i>	85
<i>Obr. 74. Svorkovnica napájania</i>	85
<i>Obr. 75. Pripojenie kontroléra</i>	86
<i>Obr. 76. Kompletné zapojenie</i>	86
<i>Obr. 77. Detail zapojenia</i>	87
<i>Obr. 78. Kontrolér pripojený na motory cez svorkovnice</i>	87

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Budenie jednotlivých cievok jednofázového riadenia.....</i>	30
<i>Tab. 2. Budenie jednotlivých cievok bipolárneho motora.....</i>	32
<i>Tab. 3. Budenie fáz</i>	37
<i>Tab. 4. Vlastnosti motora 23LC76.....</i>	52
<i>Tab. 5. Vlastnosti motora 17HS8401</i>	53
<i>Tab. 6. Vlastnosti motora SX16</i>	54

SEZNAM PŘÍLOH

Príloha P1: Tvar kompletného ramena	79
Príloha P2: Svorkovnicové pripojenie motorov	84
Príloha P3: Elektrická časť ramena	85

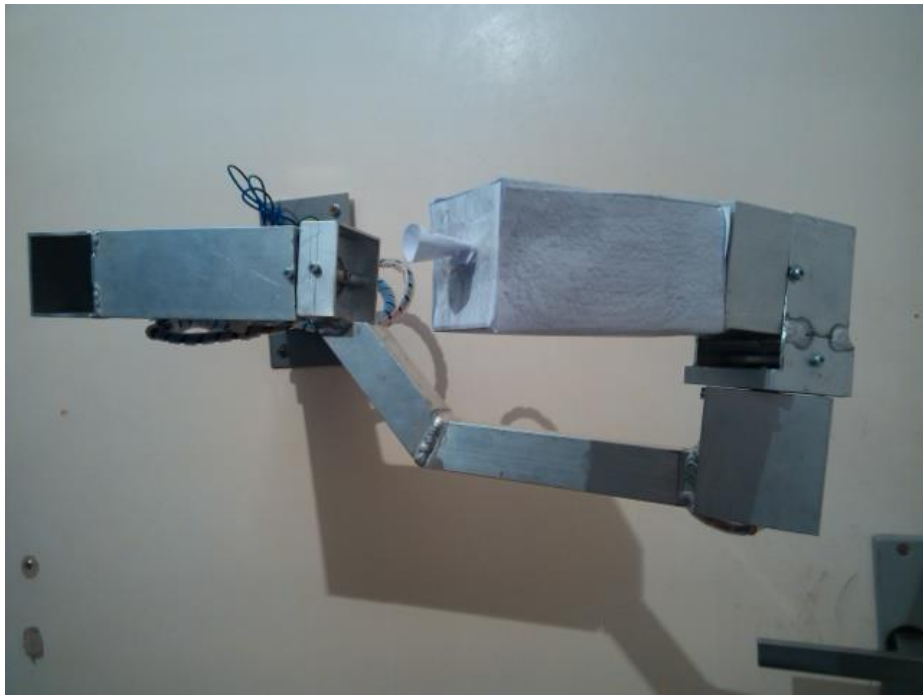
PŘÍLOHA P I: TVAR KOMPLETNÉHO RAMENA



Obr. 62. Spodná časť ramena [Vlastné spracovanie]



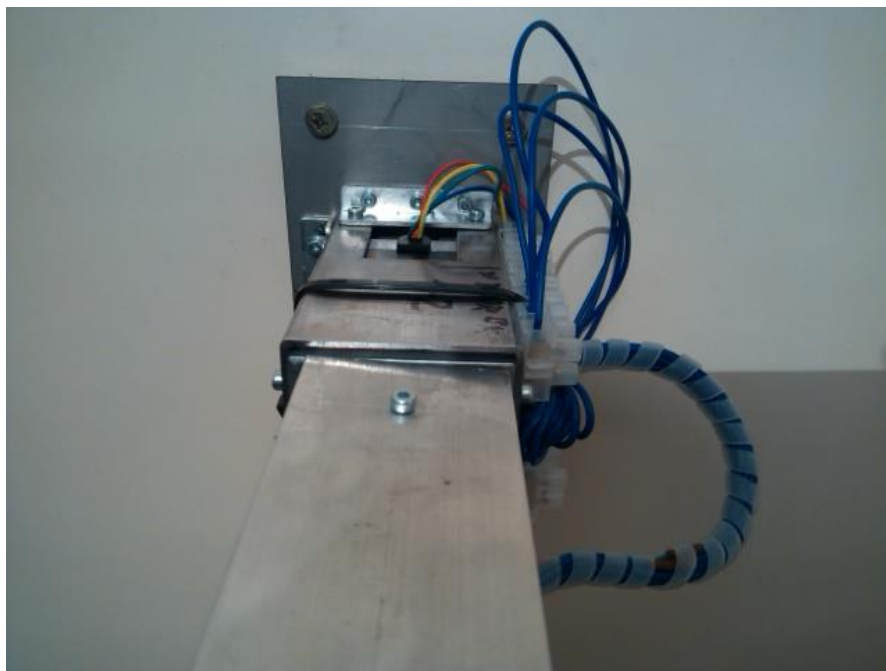
Obr. 63. Rotácia [Vlastné spracovanie]



Obr. 64. Bočný uhol [Vlastné spracovanie]



Obr. 65. Detail z boku [Vlastné spracovanie]



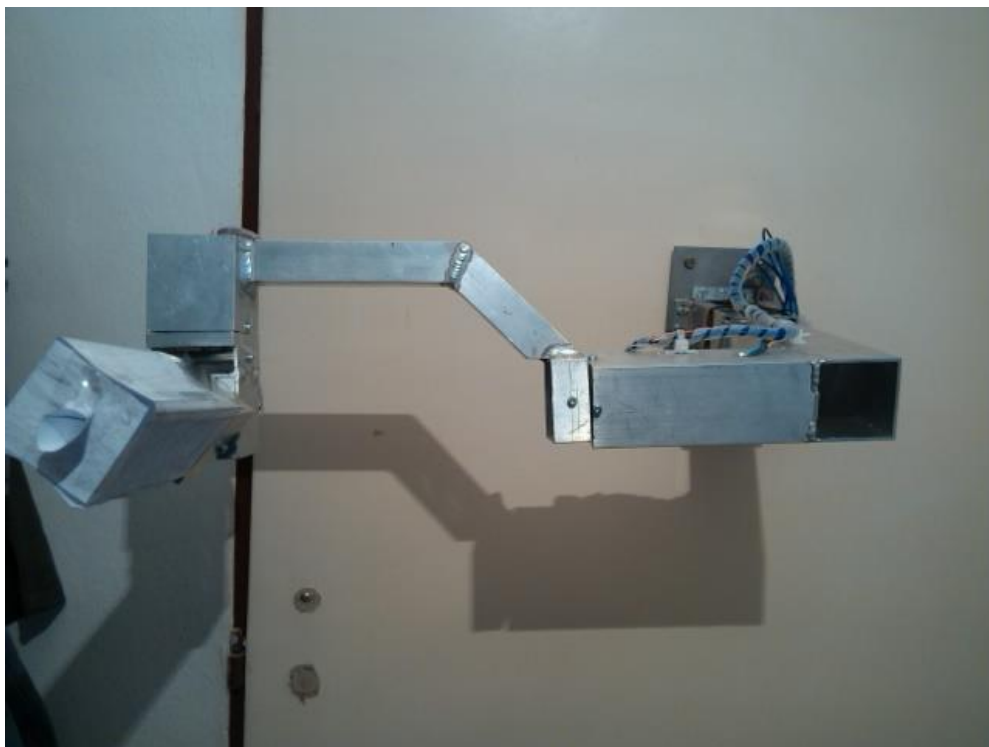
Obr. 66. Kotviaca časť [Vlastné spracovanie]



Obr. 67. Detail umiestnenia motor [Vlastné spracovanie]



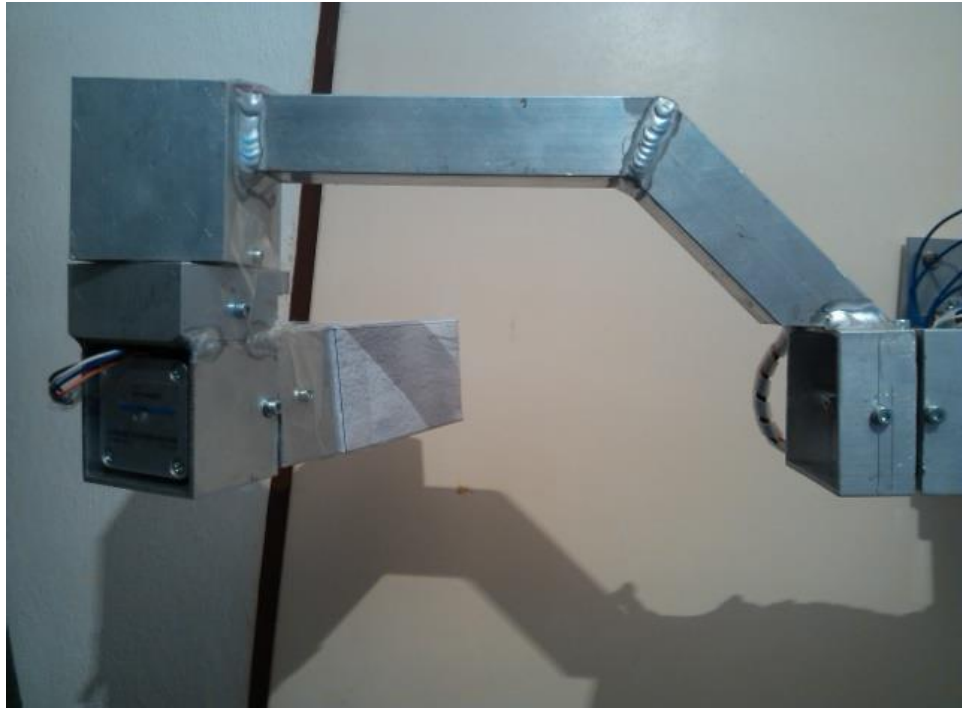
Obr. 68. Rotácia smerom nadol [Vlastné spracovanie]



Obr. 69. Rotácia do bočnej strany [Vlastné spracovanie]



Obr. 70. Natočenie kamery [Vlastné spracovanie]

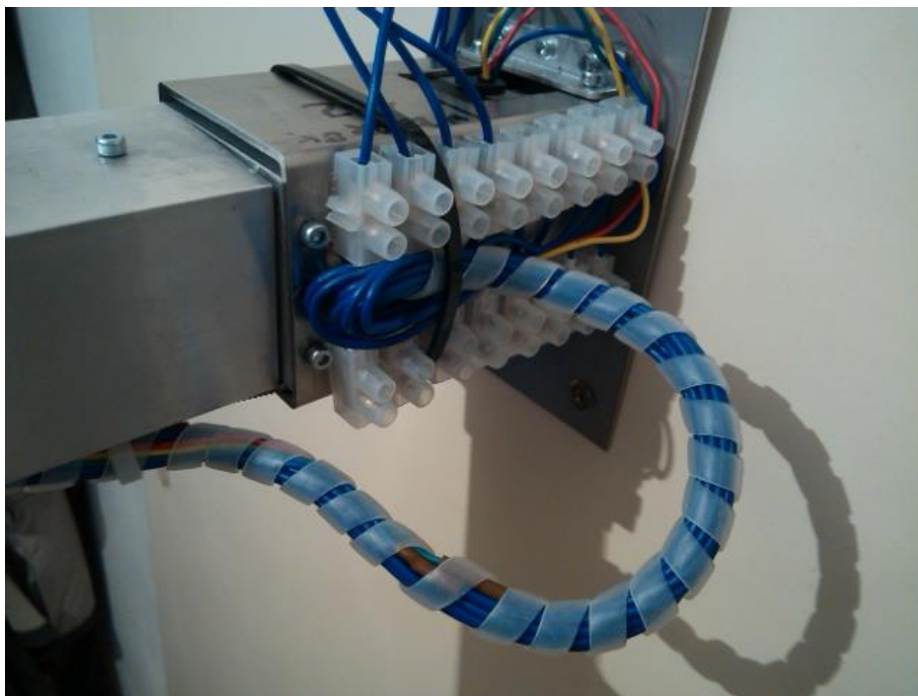


Obr. 71. Natočenie do zadnej strany [Vlastné spracovanie]

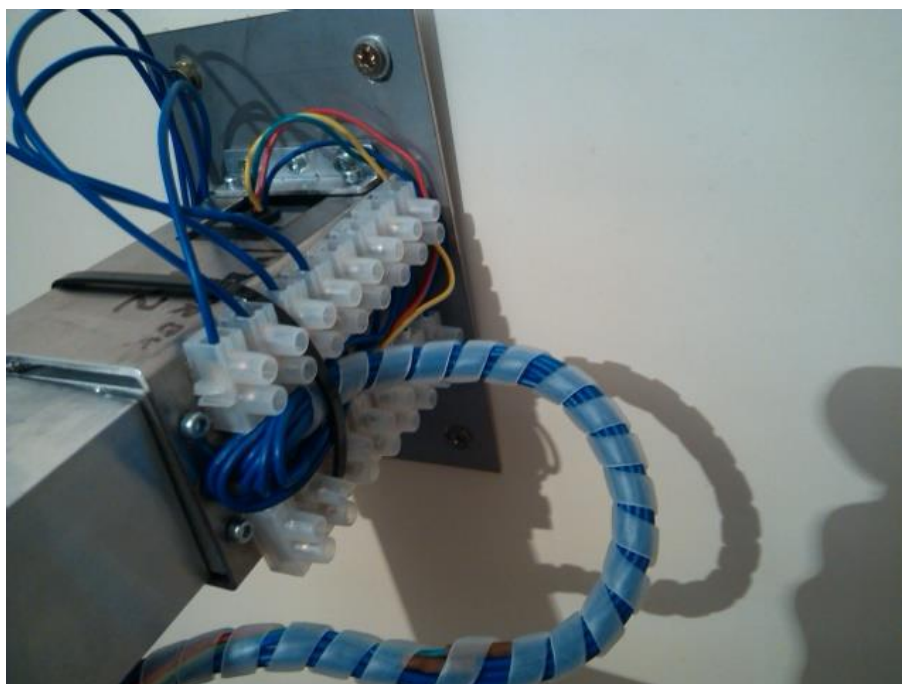


Obr. 72. Pohľad natočenia z vrchu [Vlastné spracovanie]

PŘÍLOHA P 2: SVORKOVNICOVÉ PRIPOJENIE MOTOROV

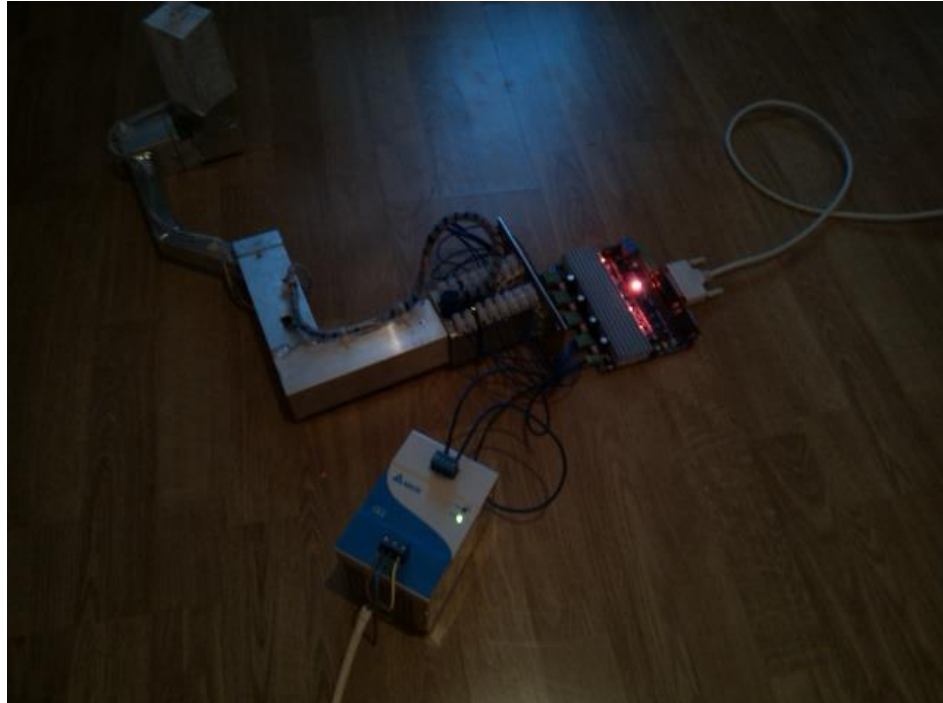


Obr. 73. Svorky k pripojeniu motorov [Vlastné spracovanie]

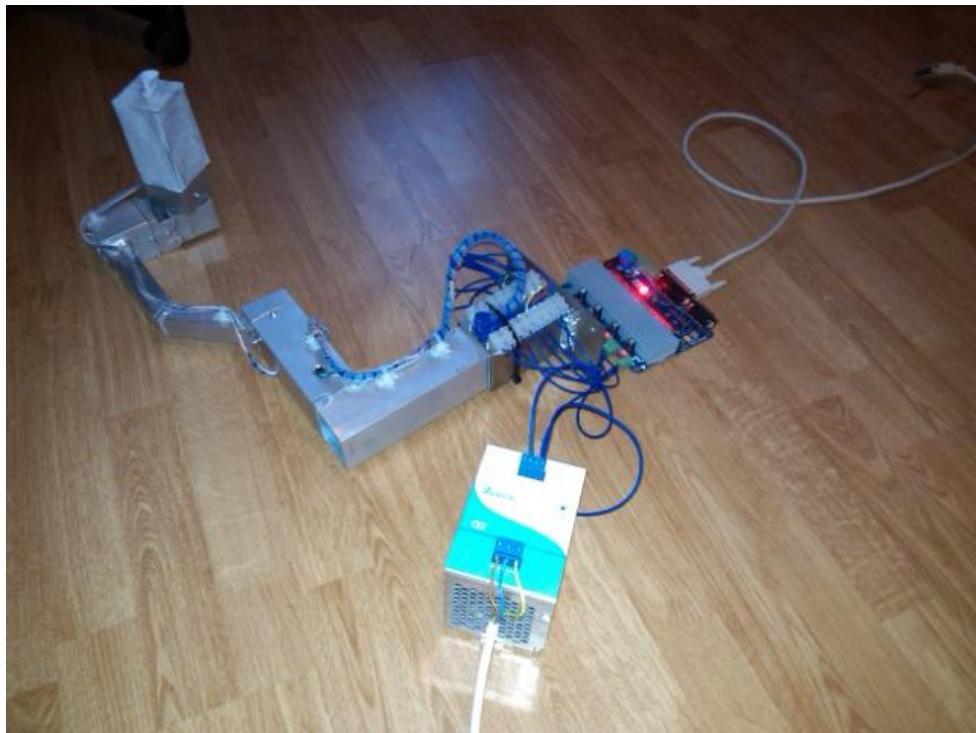


Obr. 74. Svorkovnica napájania [Vlastné spracovanie]

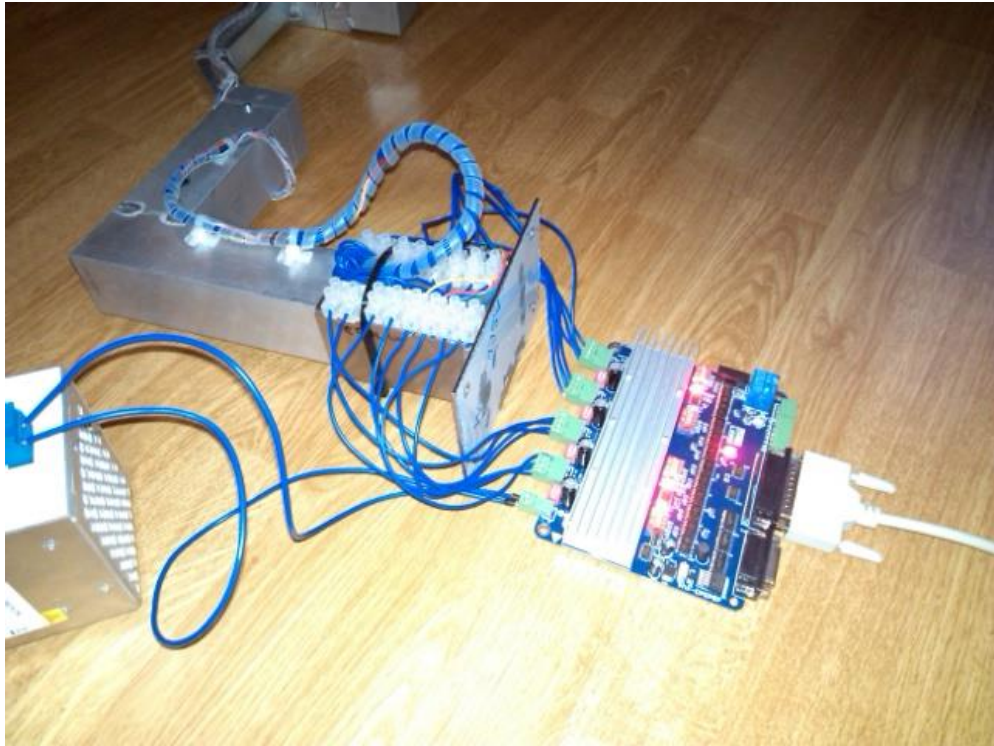
PŘÍLOHA P 3: ELEKTRICKÁ ČASŤ RAMENA



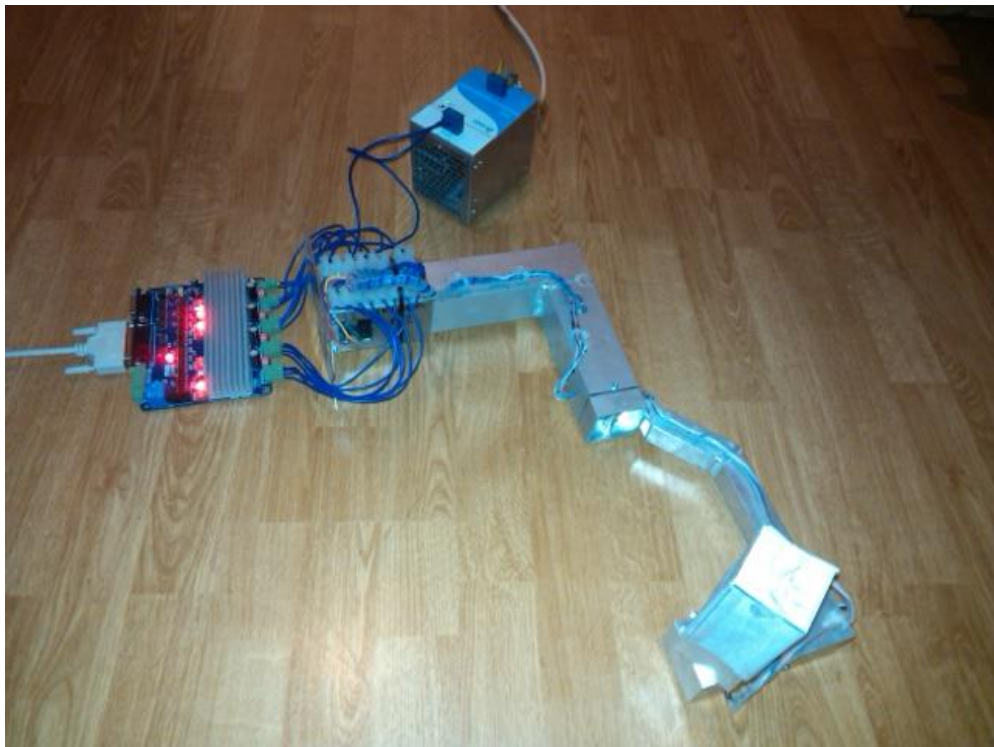
Obr. 75. Pripojenie kontroléra [Vlastné spracovanie]



Obr. 76. Kompletné zapojenie [Vlastné spracovanie]



Obr. 77. Detail zapojenia [Vlastné spracovanie]



Obr. 78. Kontrolér pripojený na motorycez svorkovnice [Vlastné spracovanie]