

Řízení pohonů tříosého robotu

Zdeněk Kehl

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky
Fakulta elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
kehlz@rice.zcu.cz

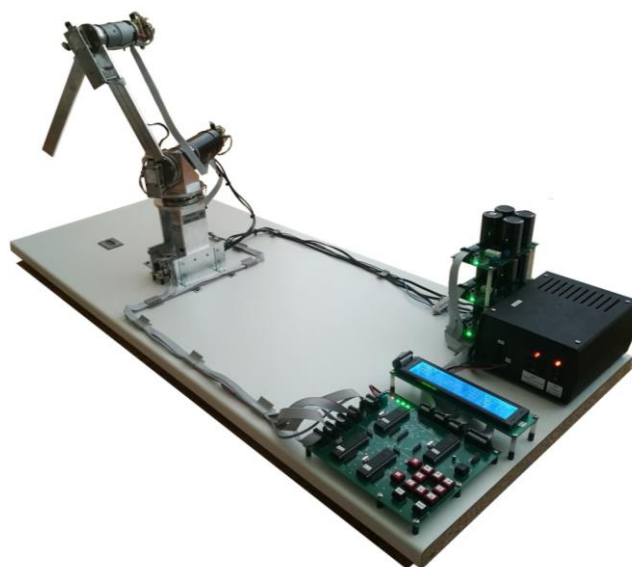
Drive Control of Three-Axis Robot

Abstract – This paper describes a proposed three axis robotic system. The first paragraph is focused on general description of a three axis robot. The next paragraph describes topology of electric drives of this robot. There is described solution of a power converter and its control in this paragraph. Next part of this paper deals with sensors system, where position and rotation sensors respectively are described. At the end of this paper, the robot control system is described.

Keywords – Robot; Axis; Converter; Topology; Electric Drives; Control System; Sensory System.

I. ÚVOD

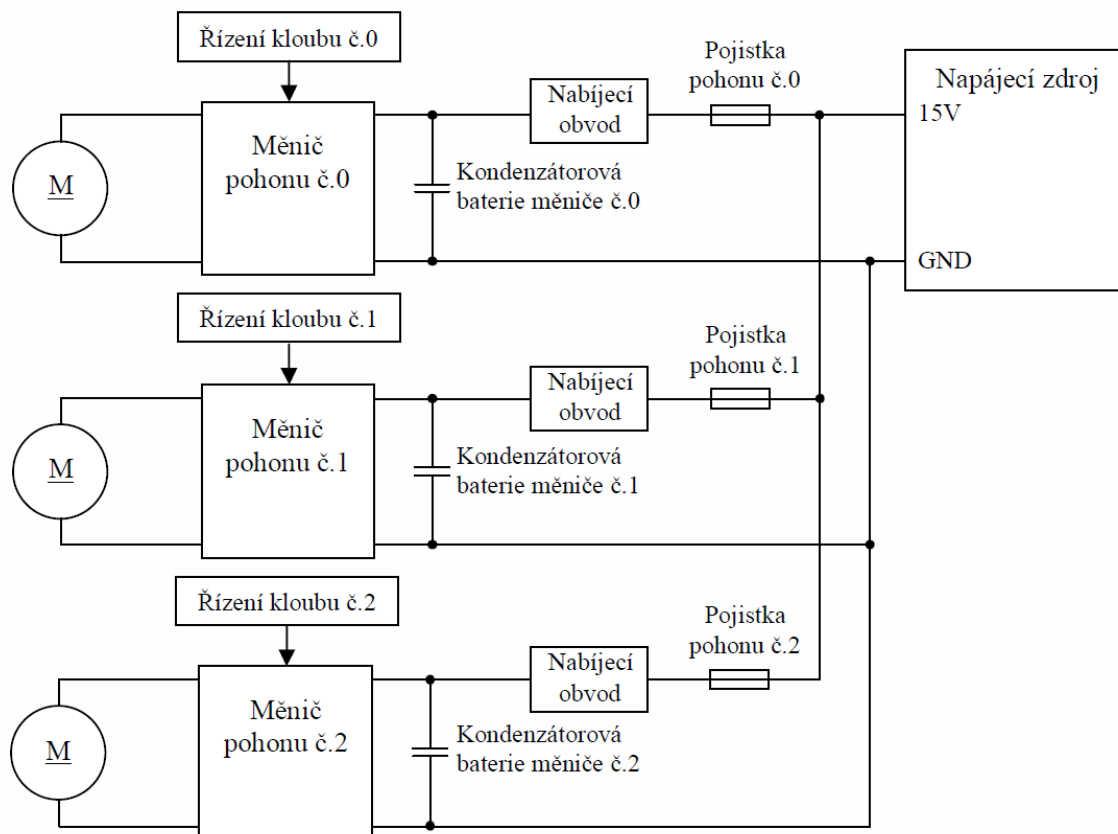
Tento článek je zaměřen na popis vytvořeného robotického systému. Jedná se o robotickou paži se třemi stupni volnosti. Každý kloub je osazen stejnosměrným motorem s permanentními magnety, senzorem rychlosti a senzorem polohy. Jednotlivé motory jsou napájeny pulzními měniči. Hardware řídicího systému je založen na mikroprocesorech Atmel ATmega. Navržený řídicí systém umožňuje automatickou regulaci vybraných kloubů robotu, řízení celého robotu na základě přímé a inverzní kinematiky a režim kalibrace robotu. Do řídicího systému byl také implementován zabezpečovací algoritmus, který hlídá správnou činnost robotu. Celý robotický systém včetně pracovního prostředí je znázorněn na *Obrázku 1*.



Obrázek 1. Tříosý robotický systém

II. TOPOLOGIE ELEKTRICKÝCH POHONŮ TŘÍOSÉHO ROBOTU

Topologie elektrických pohonů tříosého robotu je naznačena na *Obrázku II.*



Obrázek II. Topologie elektrických pohonů tříosého robotu

Každý motor je napájen jedním měničem, který je řízen z příslušné kloubové řídicí jednotky. Jednotlivé měniče jsou od zdroje napětí oddělené kondenzátorovou baterií, která slouží jako zdroj energie při rozjezdu motoru nebo jako akumulátor energie při brzdění. Při prvotním zapnutí napájení je zkratový proud kondenzátorové baterie omezen nabíjecím obvodem, který je po nabití kondenzátorové baterie odpojen. Jako zdroj napětí pro napájení výkonových obvodů byl zvolen spínaný zdroj MEAN WELL s výstupními parametry 15V/7A, 102W. Jednotlivé pohony jsou chráněny pojistkami.

Měníče jsou řešeny modulárně, tzn. že každý měnič má svůj plošný spoj, kde je samotný obvod měniče BTM7752G, kondenzátorová baterie, externí čidlo proudu a pomocná elektronika. Obvod BTM7752G je čtyřkvadrantový pulzní měnič, který může pracovat s maximálním napájecím napětím 48V, trvalým výstupním proudem 4A a spínacím kmitočtem až 25kHz. Výkonové spínače tohoto obvodu jsou MOSFET tranzistory, které jsou společně s drivery a řídicí logikou integrované v jednom čipu. Díky integrovaným driverům a řídicí logice je možné ovládat měnič přímo výstupními piny mikroprocesoru, protože logické úrovně řídicích pinů měniče jsou totožné s logickými úrovněmi řídicího systému robotu. Tento obvod je kromě výkonových tranzistorů a řídicí logiky vybaven i diagnostickými a ochrannými prvky, jako je detekce přepětí, podpětí, přehřátí čipu a detekce nadproudu. [2]

Jednotlivé měniče jsou řízeny tříúrovňovým řízením. Tříúrovňové řízení je charakteristické tím, že se výstupní napětí měniče mění mezi třemi hladinami. Jednotlivé hladiny jsou U_{DC} , $-U_{DC}$, a 0, kde U_{DC} je napětí stejnosměrné strany měniče. Výhoda tohoto řízení spočívá ve značné minimalizaci zvlnění výstupního proudu

měníče, tedy i momentu stejnosměrného motoru, oproti zvlnění, které by nastalo při dvouúrovňovém řízení.

III. SENZORICKÝ SYSTÉM TŘÍOSÉHO ROBOTU

Senzorický systém tříosého robotu se skládá z čidel proudu, senzorů rychlosti a senzorů polohy.

A. *Senzory proudu*

Senzory proudu jsou realizovány integrovanými obvody ACS712, které jsou doplněny o zapojení s operačním zesilovačem, aby bylo docíleno nejvyššího možného zisku výstupního signálu. Čidlo ACS712 se skládá ze dvou vzájemně izolovaných částí. První část je tvořena integrovanou měděnou cestou, kterou prochází měřený proud. Druhá část se skládá z Hallových senzorů. Proud protékající měděnou cestou první části obvodu vytváří magnetické pole, které je snímáno Hallovými senzory druhé části obvodu. Výstupem čidla ACS712 je tedy Hallovo napětí, které je úměrné měřenému proudu. [3]

B. *Senzory polohy a rychlosti*

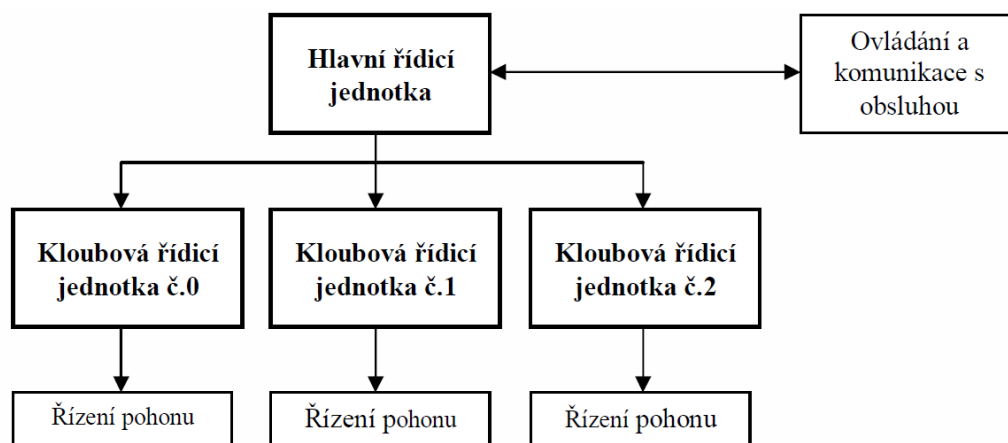
Senzory polohy jsou umístěny na straně nízkých otáček převodovky motoru, tudíž změřená absolutní poloha není zakreslena vůle v převodovce. Senzory rychlosti jsou naopak umístěny na straně vysokých otáček převodovky motoru. V obou případech jsou senzory založeny na integrovaném obvodu AS5040. Jedná se o bezkontaktní rotační enkodér, který v kombinaci s dvoupólovým magnetem umožňuje měřit jak absolutní polohu, tak i rychlost otáčení magnetu. Magnet je vždy umístěn na hřídeli motoru, tedy na rotující části. Plošný spoj s obvodem AS5040 je umístěn na nosníku, který je připevněn k příslušenému rameni. Umístění je vždy provedeno tak, aby osa hřídele procházela středem magnetu a středem povrchu integrovaného obvodu AS5040.

Princip obvodu AS5040 je založen na Hallově jevu. Hallové elementy jsou rozmístěny na povrchu integrovaného obvodu, což umožňuje snímat rozložení magnetického pole na povrchu čipu. Na základě znalosti rozložení magnetického pole a jeho změn, je obvod AS5040 schopný určit absolutní polohu nebo rychlost otáčení magnetu. V nejvyšším rozlišení 10bitů je senzor AS5040 schopný snímat absolutní polohu s přesností $0,35^\circ$. Maximální rychlost otáčení magnetu, kterou je schopen senzor AS5040 zaznamenat je 30 000ot/min. [4]

IV. ŘÍDICÍ SYSTÉM TŘÍOSÉHO ROBOTU

Řídicí systém tříosého robotu se skládá z hlavní řídicí jednotky a třech kloubových řídicích jednotek. Komunikace mezi hlavní řídicí jednotkou a kloubovými řídicími jednotkami je realizována pomocí SPI. Komunikace SPI je zabezpečena CRC algoritmem. V řídicím systému je také implementován zabezpečovací algoritmus, který hlídá správnou činnost robotu.

Hardware řídicího systému je implementován na dvouvrstevném plošném spoji, kde je umístěna i klávesnice pro ovládání řídicího rozhraní. Pro komunikaci s obsluhou je hardware řídicího systému vybaven LCD displejem. Blokové schéma řídicího systému je znázorněno na *Obrázku III*.



Obrázek III. Topologie řídicího systému tříosého robotu

Hlavní řídicí jednotka zajišťuje ovládání řídicího rozhraní a komunikaci s obsluhou, řízení komunikace SPI a výpočet přímé a inverzní kinematiky robotu. Tato jednotka zadává vstupní požadované parametry do regulačních smyček jednotlivých kloubů robotu. Jako hlavní řídicí jednotka byl vybrán mikroprocesor Atmel ATmega644, který je taktován krystalem o frekvenci 16MHz.

Kloubové řídicí jednotky zajišťují výpočet jednotlivých regulačních smyček, vyhodnocení signálů z čidla proudu, rychlosti a polohy, tříúrovňové řízení měniče a zabezpečovací smyčku řídicího systému tříosého robotu. Jako kloubové řídicí jednotky byly vybrány mikroprocesory ATmega16, které jsou taktované krystalem o frekvenci 16MHz.

V. ZÁVĚR

Tento článek slouží jako úvod do problematiky vytvořeného tříosého robotického systému. Jsou zde stručně popsány základní části robotického systému. V kapitole II. je naznačena a popsána topologie elektrických pohonů robotu včetně popisu vytvořeného měniče a způsobu jeho řízení. V následující kapitole je popsána sensorika tříosého robotu, kde byl především kladen důraz na základní obvody jednotlivých senzorů. Poslední kapitola je věnována navrženému řídicímu systému tříosého robotu. Je zde popsána topologie a činnost jednotlivých řídicích jednotek systému.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2017-008 a projektu SGS-2015-038.

LITERATURA

- [1] KEHL, Zdeněk. Řízení pohonů tříosého robotu. Plzeň, 2017. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická.
- [2] *Datasheet BTM7752G* [online]. Infineon [20.9.2017]. Dostupné z: http://www.infineon.com/dgdl/Infineon-BTM7752G-DS-v02_00-n.pdf?fileId=db3a30432e1525b3012e24c6ed042357
- [3] *Datasheet ACS712* [online]. Allegro Microsystems [20.9.2017]. Dostupné z: <http://www.allegromicro.com/~media/Files/Datasheets/ACS712-Datasheet.ashx>
- [4] *Datasheet AS5040* [online]. Ams [20.9.2017]. Dostupné z: <http://ams.com/eng/content/download/1285/7214/494>