

Hybridní aktuátory s krokovými motorky

Václav Sládeček¹⁾, Petr Palacký²⁾, Josef Opluštil³⁾, Karel Frydryšek⁴⁾

VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroniky,
Fakulta strojní, Katedra pružnosti a pevnosti ⁴⁾ 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava

<http://www.fe.i.vsb.cz/cs/okruhy/katedry-a-pracoviste/430/>

<http://www.339.vsb.cz/> ⁴⁾

¹⁾ tel: +420 596 993 166, email: vaclav.sladecek@vsb.cz,

²⁾ tel: +420 596 994 276, email: petr.palacky@vsb.cz,

³⁾ tel: +420 596 991 429, email: josef.oplustil@vsb.cz,

⁴⁾ tel: +420 596 993 495, email: karel.frydrysek@vsb.cz

ABSTRACT

Hybrid actuators transfer the rotation movement of the stepper to the movement of a linear screw with the help of a special patented nut. The actuator contains a hybrid stepper motor, which utilizes both the advantages of a reluctance motor and a motor with permanent magnets. The construction is based on a reluctance motor and ensures a small step angle (up to 0.9°) and fine resolution. The use of permanent magnets on the other hand increases the turning moment and provides a stronger motor. The composition of these two technologies together with the movement nut into a single case creates an affordable compact linear drive - a hybrid stepper actuator.

Keywords: hybrid actuators, stepper motors

1 ÚVOD

Hybridní aktuátory představují cenově výhodné řešení pro všechny aplikace, které vyžadují rozměrově malé a přesné řízení lineárního pohybu. Aktuátory vytvářejí velké síly v malém zástavném prostoru. Uvnitř aktuátoru je standardní krokový motor, který je možné jednoduše řídit jako klasický řízením pro krokové motory. Jádrem hybridního aktuátoru je přesný lichoběžníkový pohybový šroub a matice dimenzovaná na odpovídající zatížení. Integrace pohybového šroubu do motoru vytváří kompaktní a precizní pohonnou jednotku zjednodušující konstrukci výsledného stroje. Aktuátory nacházejí uplatnění v lékařství, měřicí technice, manipulační technice, a v dalších aplikacích.

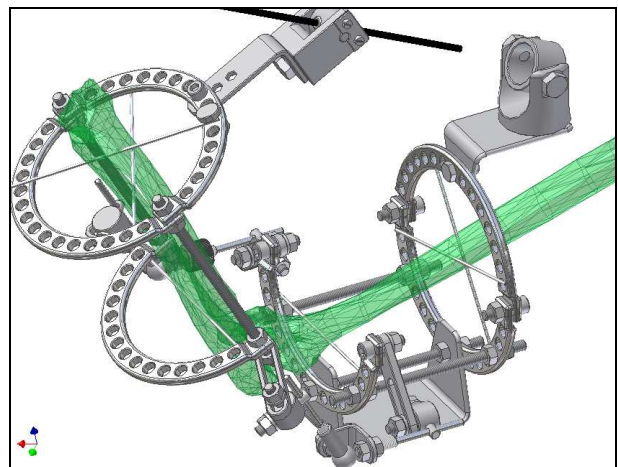
2 APLIKACE KROKOVÝCH MOTORKŮ V LÉKAŘSKÉ ELEKTRONICE

Mezi hlavní léčebné metody v léčbě otevřených, komplikovaných a nestabilních zlomenin v traumatologii, ortopedii a chirurgii (končetiny, klouby, pánev, čelisti, ...) zevní fixátory patří v současnosti zevní fixátory. Výhodou této léčebné metody je jednoduchost aplikace zevního fixátoru při dokonalé stabilizaci zlomeniny, čímž je umožněna včasná rehabilitace pacienta. Zevní fixátory lze používat také pro prodlužování končetin nebo při korekci osových deformací. Doposud však nebyl vyráběn fixátor, který umožňuje motoricky řízený pohyb kloubů – vhodný a žádaný pro léčbu spojenou s rehabilitací pacientů v bezvědomí či pacientů s

komplikovanými zlomeninami kloubů. VŠB-TU Ostrava ve spolupráci s Fakultní nemocnicí Ostrava již má s touto problematikou praktické zkušenosti, existují prototypy fixátorů s elektrickým krokovým motorem který řídí ohyb v kloubů pacientů.

2.1 Způsob řešení loketního fixátoru s elektronickým pohonem

Cílem řešení je návrh, konstrukce, výroba a klinické odzkoušení zevního fixátoru s elektricky řízeným motorickým pohonem pro léčbu otevřených nestabilních zlomenin lokte. Navržený prototyp fixátoru byl zpracován pomocí počítačového modelování v programu Autodesk Inventor.



Obr.1 Navrhovaná podoba fixátoru (bez motoru) pomocí počítačového modelování v Autodesk Inventor

Fixátor tvoří tři základní konstrukční prvky:

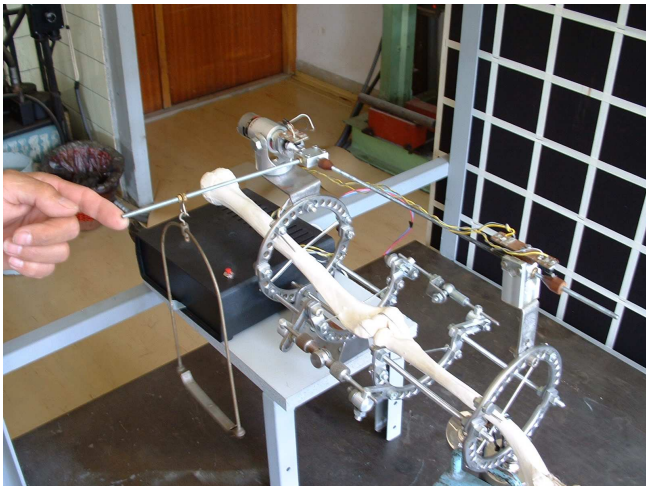
- tělo fixátoru (kruhy, segmenty, objímky, spojovací prvky)
- držáky podpůrných elementů
- vlastní podpůrné elementy osteosyntézy – hřeby (šrouby), resp. K-dráty

2.2 Řešení vlastního pohonu fixátoru

Původně byl pro pohon navržen stejnosměrný elektromotor s následujícími parametry:

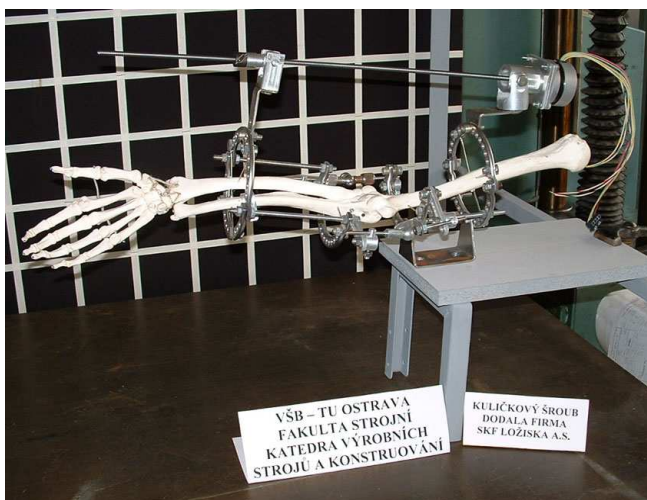
- napájecí napětí 10 V
- jmenovitý proud 5 A
- maximální otáčky 5600/min
- účinnost 67 %

V rámci vývoje bylo provedeno praktické ověření tohoto pohonu na fixátoru (obr. 2) při zatížení 4 kg.



Obr.2 Původně realizovaný model fixátoru při měření maximálního vyvinutého momentu

Fixátor byl funkční, bylo však zjištěno velké proudové zatížení motorku při rozběhu. Na fixátoru byl experimentálně ověřen točivý moment nutný k rozběhu fixátoru, $M_k = 0,1207$ Nm (pohybový šroub M4, mosazná matice). Vzhledem k tomu, že praktické uplatnění tohoto motorku by bylo značně problematické (relativně malá účinnost, velký proudový odběr a zejména problematické vyhodnocení polohy), bylo záhy od tohoto řešení upuštěno. Na základě dále prováděných experimentů byl posléze vybrán krokový motor s řídicím systémem firmy Microcon - SL 23-0704, 0,35 Nm s výstupním průměrem hřídele 6,35 mm (obr. 3). Pro zmenšení odporů na pohybovém šroubu a matici byl vybrán z katalogu firmy SKF pohybový šroub s kuličkovou maticí.



Obr. 3 Prototyp navrhovaného zevního fixátoru s krokovým motorkem a pohybovým šroubem s kuličkovou maticí

Pro napájení krokového motorku byla použita řídicí jednotka firmy Microcon (www.microcon.cz), jejíž výhodou byla možnost jednoduchého ladění programu prostřednictvím vývojového prostředí, spustitelného na běžném počítači PC. Rovněž volba pohybového šroubu s kuličkovou maticí se projevila jako značně opodstatněná, vzhledem k vysoké účinnosti tohoto řešení (větší než 85%).

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉHO PROBLÉMU

Od roku 2011 se Fakulta strojní a Fakulta elektro VŠB-TU Ostrava podílí na řešení projektu FR-TI3/818 - *ZEVNÍ FIXACE (2011-2013, MPO/FR). Dalšími účastníky je firma MEDIN a.s., Úrazová nemocnice v Brně a Fakultní nemocnice Ostrava. Jedním z bodů řešení je právě realizace vlastního elektrického pohonu variabilních typů fixátoru s elektronicky řízeným pohonem.

Pro realizace vlastní pohonné jednotky motorického fixátoru existuje několik variant. Vzhledem k požadavkům na relativně širokou změnu parametrů v nastavení musí jít o regulovaný pohon, který zajistí i ošetření kolizních stavů, aby při potenciální poruše nemohlo dojít k úrazu pacienta. Z hlediska možných použití lze v zásadě použít stejnosměrný nebo střídavý motorek s malým napájecím napětím (z hlediska bezpečnosti). Vzhledem k tomu, že vlastní pohon musí řešit polohování mezi dvěma koncovými body, jde vlastně o úhel v jakém se bude pohybovat fixovaná končetina. Protože půjde o požadavek, aby tento úhel byl minimálně po dobu jednoho nastaveného časového cyklu konstantní, případně se dal měnit v předem definovaných rozsazích, musí být do řídicího systému zavedena informace o počáteční a koncové poloze vlastního pohonného mechanismu. Při použití klasických stejnosměrných nebo střídavých motorků je tato záležitost možná pouze prostřednictvím inkrementálního čidla a koncových snímačů polohy. Koncepce použití malých střídavých motorků pro nízké napájecí napětí není příliš obvyklá, použití stejnosměrných motorků je sice možné, nicméně ty jsou převážně realizovány jako vysokootáčkové, případně s integrovanou převodovkou (např. od firmy Maxon). Zde svou roli hraje relativně vysoká cena takovéto konfigurace. Jako optimální se proto jeví využití pohonu s krokovým motorkem, který umožňuje při dodržení mechanických parametrů (nepřekročení maximálního momentu na hřídeli) polohování systému bez nutnosti použití otáčkového čidla, relativně malou rychlost otáčení při dostatečně vysokém momentu (odpadá nutnost použití převodovky) a při použití tzv. mikro-krokování prakticky téměř spojitý pohyb otáčení ve velmi širokém rozsahu otáček. I v tomto případě musí být sice systém vybaven koncovými spínači pro případ havarijního překročení stanovené polohy, ale uvedená koncepce se jeví jako nejvýhodnější z hlediska poměru cena-výkon-užitné vlastnosti. Vzhledem k tomu, že uvažované krokové motorky pracují s bezpečným napájecím napětím, je tímto zajištěna i zvýšená bezpečnost takto navrhované koncepce.

3.1 Varianta pohonu s hybridním aktuátorem

Pro pohon motoricky řízeného fixátoru je na základě předcházejících zkušeností tedy uvažováno s použitím dvufázového hybridního aktuátoru (krokového motorku) s napájecím napětím 12 (24 V) a odpovídající napájecí jednotkou (produkty firmy Servo-drive <http://www.servo-drive.com>).

Jeden z uvedených typů takovýchto aktuátorů je uveden na obr. 4, na obr. 5 je pak používána napájecí jednotka. Tyto

napájecí jednotky obsahují jak výkonovou, tak řídicí část pro daný krokový motorek. Vzhledem k předpokládaným otáčkám používaných motorků 200/min, umožňují tyto napájecí jednotky i možnost mikrokrokování v rozmezí až 64 mikrokroků/celokrok což zajišťuje možnost plynulého rozběhu a doběhu motorku, a také možnost částečné eliminace mechanických rezonančních frekvencí celého systému.



Obr.4 Hybridní aktuátor firmy Haydon Kerk



Obr.5 Řídicí jednotka R356 firmy RMS Technologies

Parametry použité řídicí jednotky:

- napájecí napětí 12 – 40 V DC
- maximální výstupní proud 3 A
- rozlišení až 256 mikr./celokrok
- počet vstupů 4
- počet výstupů 2
- komunikace s PC RS 485 (nebo USB)
- ovládání AT příkazy, log. vstupy
- možnost připojení až 16 jednotek/sběrnici

4 ZÁVĚR

V rámci dříve realizovaného prototypu, na kterém se podílely katedry Výrobních strojů a konstruování a katedra Elektroniky VŠB-TUO byla tato koncepce prakticky ověřena a shledána jako optimální pro další vývoj. Výhodou navrhované koncepce je možnost jednoduchého ladění programu řídicí jednotky prostřednictvím vývojového prostředí, spusti-

telného na běžném počítači PC. Vzhledem k tomu, že pro realizaci prototypu byly použity jednotky s pamětí typu EEPROM, je možné po odladění software tento systém provozovat nezávisle bez spojení s počítačem. Pro ruční nastavení bude možné celý systém vybavit ovládacím panelem, který umožní základní změny nastavení volitelné uživatelem (rychlost pohybu, poloha, doba provozu). Vzhledem k relativně malým výkonům použitých motorků se pak naskytá možnost napájení celého zařízení i bez přímého připojení k napájecí síti a tím zajistit i jistou „větší mobilitu pacienta“.

PODĚKOVÁNÍ

Uvedený příspěvek byl vytvořen za podpory následujících projektů:

MPO: FR-TI3/818
ENET: CZ.1.05/2.1.00/03.0069

LITERATURA

- [1] Frydrysek K., P. Kostial, K. Barabaszova, et.al., “New ways for Designing External Fixators Applied in Treatment of Open and Unstable Fractures,” World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 7, 639-644, 2011. ISSN 2010-376X (print version) ISSN 2010-3778 (electronic version)
- [2] Brandstetter P., Skotnica M.: ANN Speed Controller for Induction Motor Drive with Vector Control. International Review of Electrical Engineering - IREE, Vol. 6, N. 7, pp. 2947-2954, 2011, ISSN 1827- 6660.