

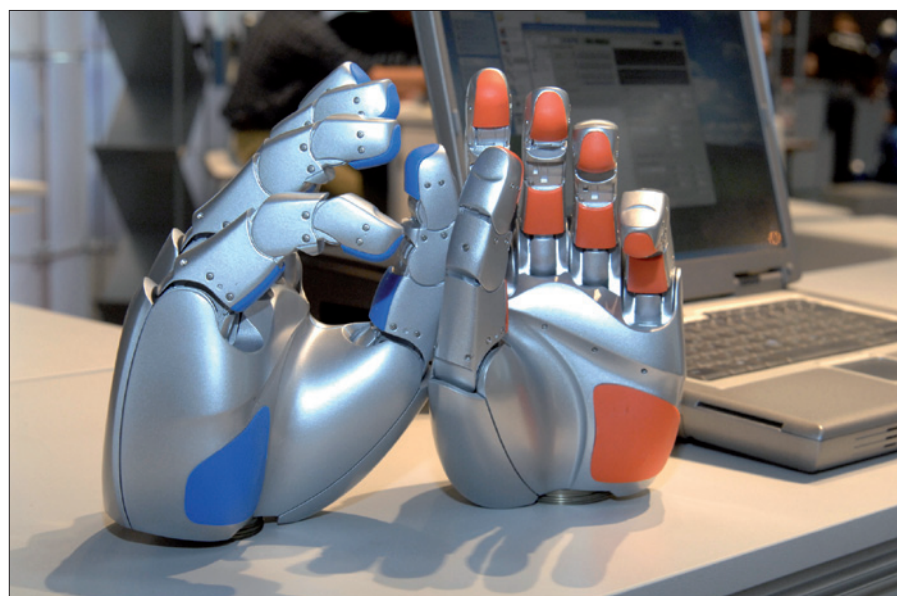
Využití elektrických mikropohonů pro zlepšování kvality života

Doménou robotů není jen průmysl – stále častěji se používají i v jiných oblastech života. V minulém čísle časopisu *Automa* byl představen robot *da Vinci* pro podporu chirurgických týmů při vykonávání miniinvazivních operací laparoskopickou metodou (s. 48 až 49). V tomto článku budou představeny některé příklady z oblasti protetiky, robotické podpory rehabilitace a zlepšování pohyblivosti pacientů, humanoidní robotiky a na závěr z oblasti biomechaniky. Jako „umělé svaly“ těchto robotů se obvykle používají vysoce kvalitní stejnoměrné elektromotory.

Robotická analogie lidské ruky

Lidská ruka je bezpochyby jedním z nejuniverzálnějších a nejsložitějších orgánů v pří-

rodě. Vytvoření nástroje obdobných vlastností je velkou výzvou pro generace výzkumných pracovníků a konstruktérů a výzkum a vývoj robotických rukou jsou jedněmi z nejsledovanějších problémů robotiky. V poslední době nastal v této oblasti vývoje významný pokrok. Realitou jsou robotické ruce, které napodobují jak anatomii, tak pohyby a funkce lidské ruky včetně jemného úchopu.



Obr. 1. Pohled na robotickou ruku DRL-HIT-Hand II

rodě. Vytvoření nástroje obdobných vlastností je velkou výzvou pro generace výzkumných pracovníků a konstruktérů a výzkum a vývoj robotických rukou jsou jedněmi z nejsledovanějších problémů robotiky. V poslední době nastal v této oblasti vývoje významný pokrok. Realitou jsou robotické ruce, které napodobují jak anatomii, tak pohyby a funkce lidské ruky včetně jemného úchopu.

Příkladem je produkt německé společnosti German Aerospace Centre (DRL), vyvinutý společně s čínskou univerzitou Harbin Institute of Technology (HIT). Tato ruka s označením DRL-HIT-Hand II má pět prstů, každý se čtyřmi klouby a třemi stupni volnosti (obr. 1). V každém prstu je umístěno několik bezkartáčových motorů Maxon EC 20 s digitálními Hallovými snímači polohy (obr. 2), které jsou nezávisle řízeny. V prezentované konstrukci robotické ruky je použito celkem patnáct těchto motorů. Jde o levný, komerčně

dostupný výrobek s vysokým měrným výkonem a kompaktními rozměry. Má výkon 3 W, je dostupný v provedení 12 nebo 24 V, poskytuje maximální krouticí moment 8,04 mN·m a dosahuje otáček naprázdno 9 300 min⁻¹. Včetně Hallova snímače je jeho délka pou-

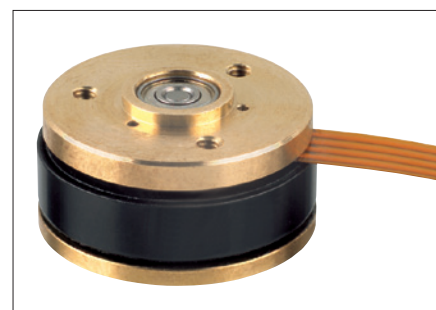
ze 10,4 mm, vnější průměr je 21,2 mm a jeho hmotnost je 15 g. Každý z motorů je připojen k harmonické převodovce HDUC 05 o stejném průměru. Výborné dynamické vlastnosti motoru a předepjatá kuličková ložiska zabezpečují přesnou odezvu na řídicí veličiny včetně změny směru rotace. Pro dosažení jemné manipulace je každý kloub prstu vybaven bezkontaktním snímačem polohy a snímačem momentu a oba senzory mají vysoké rozlišení. Díky vynikající funkční a prostorové integraci včetně zpětnovazebního členu a rychlému přenosu dat je ruka DRL-HIT-Hand II řízena velmi jemně a přesně.

Neuroprotézy ruky

Jako příklad úplné protézy ruky řízené nervovými signály je možné uvést protézu vyvinutou na Technické univerzitě ve Vídni

(obr. 3). Uvedená inteligentní neuroprotéza může být selektivně aktivována nervy, které byly původně zodpovědné za pohyb paže. Má sedm aktivních kloubů a umožňuje postiženému člověku vykonávat mnoho činností. Klouby mohou být aktivní současně. Dříve nutná změna úsudku, potřebná pro použití konvenčních protéz, již není nutná – pacient pohyby, které jsou přímo vykonávány protézou, ovládá intuitivně.

Při instalaci protézy je nutné nejprve chirurgickým zákrokem přemístit nervy. To umožňuje nervové signály, které byly



Obr. 2. Pohled na bezkartáčový motor Maxon EC 20 s vestavěným digitálním Hallovým snímačem polohy



Obr. 3. Plně řízená protéza ruky



Obr. 4. Terapeutický robot Lokomat firmy Hocoma pro podporu motoriky

původně zodpovědné za řízení paže, využít k řízení protézy. Elektrody, které snímají řídicí nervové signály, jsou začleněny do dřívku protézy. Snímané signály jsou elektronicky analyzovány a je určen požadovaný pohyb.

V nejnovější protéze od firmy Otto Bock, známého výrobce protéz a dalších pomůcek pro osoby s pohybovým znevýhodněním, zajišťují přesné pohyby ruky a prstů pohony Maxon. Zde je použito množství různých motorů EC-PowerMax. Poháněny jsou dva klouby prstů a kloub palce v dlani. Malá spotřeba elektrické energie a malá hmotnost bezkartáčových DC motorů hrají důležitou roli při poskytování plného rozsahu pohybů uživateli protézy.

Podpora rehabilitace a pomůcky pro zlepšení mobility pacientů

Terapeutické roboty pro podporu rehabilitace, které pomáhají pacientům se znovučením důležitých pohybů, jsou již běžně používány v celé Evropě. Jako příklad je možné uvést léčebný systém Lokomat firmy Hocoma (obr. 4), který podporuje rehabilitaci pacientů trpících neurologickými nemocemi (roztroušená skleróza, stavy po mozkové mrtvici), pacientů po zranění páteře nebo po traumatickém poranění mozku s následnou částečnou ztrátou schopnosti chůze. Při rehabilitaci pacientů se používají robotické ortézy

v kombinaci s pohyblivým pásem a dynamickým systémem podpory těla, které jim pomáhají znovu získat schopnost využívat vlastní nohy. K aktuaci byly zvoleny pohony Maxon. Spolu se značným snížením fyzické zátěže terapeuta umožňuje robot delší a intenzivnější tréninky, a tedy i dosahování lepších výsledků léčby.

Exoskeletony

V nejbližší budoucnosti se očekává, že na trh budou uvedeny celotělové robotické ortézy, tzv. exoskeletony, které znásobují schopnosti člověka. Příkladem může být motoricky poháněný exoskeleton od japonské společnosti Cyberdyne

s názvem HAL-5 (obr. 5). Toto zařízení má hmotnost 23 kg a je vybaveno různými typy čidel, elektromotory, měřicími přístroji a malým počítačem. Umožní např. nosit břemena osobám s tělesným postižením nebo usnadní ruční manipulaci s těžkými břemeny. Exoskeleton se navléká na tělo podobně jako rytířské brnění. DC motory Maxon a senzory, skryté pod plastovými dlahami, jsou upevněny na ruce a nohy a postroj je připevněn na hrudi. Baterie, dimenzovaná



Obr. 5. Exoskeletony HAL od firmy Cyberdyne

na tři hodiny, se připojuje k opasku. Bio-kybernetické řízení exoskeletonu využívá senzory připojené na kůži, které snímají nervové impulzy. Připojený počítač přijímá tyto signály a rozpozná, zda se nositel tohoto „obleku“ chce pohybovat, nebo být v klidu. Chce-li např. udělat krok vpřed, počítač vyšle příkaz hydraulice mechanické nohy, aby změnila úhel odpovídajícího kloubu. Bezkartáčové stejnosměrné motory Maxon reagují na tento impulz ve zlomku sekundy, stejně rychle jako vlastní nervový a svalový systém těla reaguje na signály vysílané mozkem. Pro lidi s omezenou pohyblivostí a seniory budou mít takové roboty velký význam.

Androidní roboty

Hlavním problémem dvounohých robotů – známých také jako androidy – je složitá imitace lidské lokomoce. Roboty, které stojí

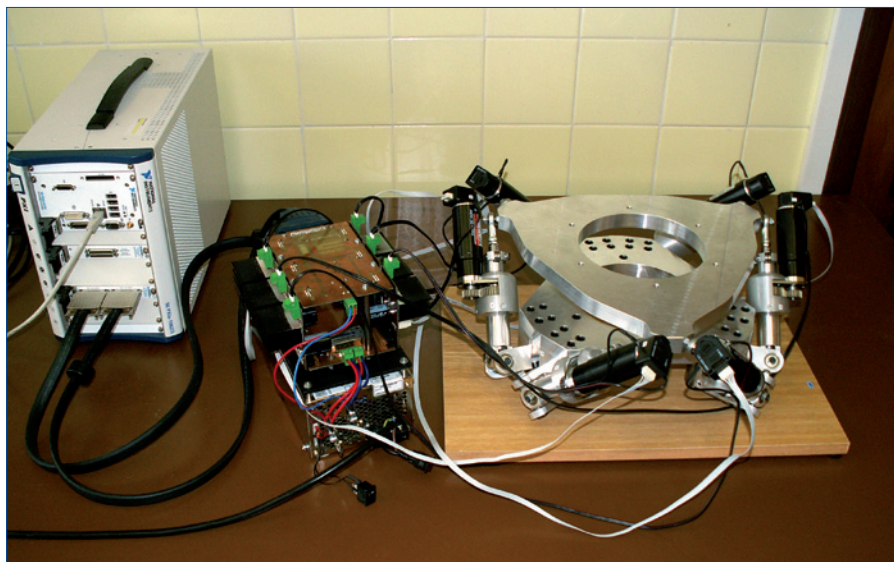


Obr. 6. Pohled na robot Albert Hubo

na dvou nohách, jsou z principu nestabilní. Důvodem je to, že těžiště těla leží ve výšce pasu a kontaktní plocha nohy se zemí je relativně malá. Dokonce i malá vnější změna, jako je nerovnost povrchu, může způsobit pád robotu. Způsob, jak překonat tyto obtíže, je demonstrován na příkladu robotu Albert Hubo (obr. 6). Tento android umí chodit, mluvit, poznávat osoby, a může dokonce změnit výraz tváře. Speciální materiál, který umožňuje měnit výraz tváře robotu, vytvořila hollywoodská filmová studia a nazývá se Frubber. Albert Hubo má aktivní klouby, jeho výška je 137 cm, hmotnost 57 kg, je zcela poháněn z baterií a je koncipován jako bavič nebo jako asistent v geriatrické péči.

Pro změnu výrazu obličeje a pohyby těla je použito mnoho elektrických motorů. V samotném obličejí je jich 28 a robot jejich aktivací napodobuje výrazy jako radost, smutek, vztek, překvapení atd. Plynulé pohyby těla jsou vytvářeny pohony s DC motory Maxon, z nichž čtrnáct ovládá paže, vlastnosti rukou

omechanické problémy spojené s určováním mechanického chování biomechanických soustav s implantáty a fixátory a na určování mechanických vlastností biologických materiálů a materiálů používaných v klinické praxi na implantáty a pomocné fixační materiály. Pokročilým zaří-



Obr. 7. Testovací zařízení pro určování chování biomechanických soustav s implantáty a fixátory



Obr. 8. Sortiment pohonů značky Maxon

ovládá deset jednotek, pohyby v pase ovládá jeden pohon a dalších deset pohonů ovládá nohy. Použité motory mají průměry od 10 do 40 mm. Menší z nich jsou např. v prstech, zatímco výkonnější ovládají pohyby nohou a trupu.

Biomechanika

Řešením vybraných biomechanických problémů se zabývá mimo jiné i několik pracovníků Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně. Výzkum je zaměřen na bi-

zením, vyvíjeným na fakultě, je testovací zařízení na bázi Stewartovy platformy, které umožňuje aproximaci základních pohybů vybraných prvků lidského těla. Obecného pohybu je dosaženo dvojicí robotů s paralelní kinematikou. Stewartova platforma je tvořena pohyblivou základnou, která je spojena s pevnou základnou šesti lineárními akčními členy uchycenými na obou koncích sférickými vazbami. Lineární akční členy musí splňovat základní požadavky úlohy – pomalý pohyb a přesné polohování při velké vyvozané síle.

Tyto požadavky vylučují použití lineárního elektromotoru. Na základě stanovených požadavků byl vyvinut lineární pohon tvořený elektrickou pohonnou jednotkou Maxon s motorem RE35, jednostupňovou planetovou převodovou skříní GP32C a inkrementálním snímačem otáček MR ENC typu L, čelním ozubeným soukolím a kuličkovým pohybovým šroubem s maticí od firmy Kuličkové šrouby Kuřim. Řízení platformy je koncipováno jako dvouvrstvé, kde horní vrstva synchronizuje předepsáním momentů na hřídelích motorů všech šest pohonů tak, aby bylo dosaženo požadovaného natočení matic kuličkových šroubů, které vede k požadované poloze a orientaci plošiny. Dolní vrstva představuje izolované řízení momentů na jednotlivých pohonech, pro které je vstupem napětí.

Pohled na celou soustavu včetně real-time řídicího PC je na obr. 7.

Závěr

V článku jsou stručně popsány vybrané roboty a manipulátory s elektrickými mikropohony používané v medicínské technice, humanoídní robotice a biomechanice. Pro výrobu cenově přijatelných výrobků pro takto náročné úlohy je nutné použít standardní komponenty. Podmínkou pro implementaci těchto komponent do složitých mechatronických soustav je kromě nízké ceny také vysoká kvalita a jejich vhodnost pro další funkční a prostorovou integraci celé robotické soustavy. Pohony firmy Maxon, nabízející v podstatě úplné řešení s vysokým stupněm integrace, jsou reprezentativním příkladem mechatronického přístupu k řešení potřeb širokého spektra popsanych robotických soustav.

Poděkování:

Příspěvek vznikl s podporou specifického výzkumu Fakulty strojního inženýrství Vysokého učení technického v Brně Výzkum a vývoj nekonvenčních robotů a manipulátorů.

Literatura:

- [1] BREZINA, T. – FLORIAN, Z. – CABALLERO, A. A.: *The design of the device for cord implants tuning*. Recent Advances in Mechatronics, 2007, ISBN 978-3-540-73955-5.
- [2] BŘEZINA, T. – HOUŠKA, P. – SINGULE, V.: *Vývoj zařízení pro dynamické pevnostní zkoušky kostních implantátů*. Automa, 2009, č. 8-9, s. 47-49, ISSN 1210-9592.
- [3] VDI 2206: *Design methodology for mechatronic systems*. Beuth Verlag, Berlín, 2004.
- [4] RÜEGG, M.: *Nothing runs without Movement*. Technical report, maxon motor AG, 2009.

doc. Ing. Vladislav Singule, CSc.
(singule@fme.vutbr.cz),
Ing. Pavel Houška, Ph.D.
(houška.p@fme.vutbr.cz),
Ing. Bedřich Balabán
(balaban@fme.vutbr.cz),
Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně