

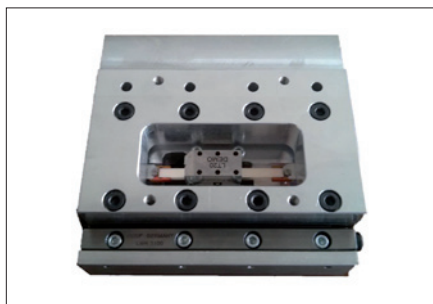
Přesnost polohování s motorem Piezo LEGS

Společnost PiezoMotor Uppsala AB zakládá své podnikání na mnohaletém výzkumu a vývoji v oboru piezoelektrických mikromotorů jakožto moderních pohonů, jejichž přednostmi jsou především velká dosažitelná dynamika pohybu, mimořádná přesnost nastavení polohy, nulová vůle a možnost snadné integrace do polohovacích zařízení s kompaktními tvary. Její lineární piezoelektrický motor řady Piezo LEGS Linear Twin 20N typu LT20 s řídicí jednotkou PDM101 patří ke špičkovým komerčně dostupným výrobkům svého druhu. Článek stručně informuje o metodice zkoušek tohoto motoru provedených ve firmě FEI Czech Republic, s. r. o., za účelem ověření jeho pohybových charakteristik a uvádí hlavní získané výsledky.

Piezoelektrické motory se používají především k velmi přesnému polohování. Jejich principiální předností je schopnost nastavit polohu ovládané osy s rozlišením jednotek nanometrů a s velmi velkou dynamikou pohybu. To z nich činí pohony vhodné pro jemnomechanická zařízení, z nichž asi nejznámější jsou zaostřovací pohony v objektivěch



Obr. 1. Piezoelektrický motor Piezo LEGS Linear Twin 20N LT20 (foto: PiezoMotor Uppsala)



Obr. 2. Zkušební přípravek s vloženým piezomotorem Piezo LEGS Linear Twin 20N LT20 (foto: FEI Czech Republic)

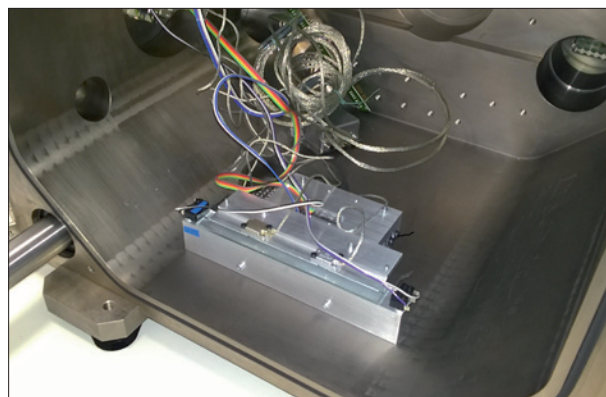
fotoaparátů a zařízení k nastavování polohy vzorků v elektronových mikroskopech a jiných vědeckých přístrojích, kde je třeba nastavovat polohu mimořádně přesně.

Piezomotory se stále častěji používají také v robotice, v lékařské technice, v automobilovém průmyslu i mnoha jiných oborech. Zde všude se prosazují, popř. se již prosadily, jako náhrada konvenčních elektromagnetických pohonů, jimiž jsou požadované přesnosti a dynamika pohybu v mnohdy nedosažitelné. Průvodní nespornou předností piezomotorů jsou velké hodnoty rychlosti a zrychlení dosahované při opakovaných mikroposuvech,

kdy piezomotory ve většině případů umožňují výrazně zkrátit periodu pracovního cyklu a tím dosáhnout časových úspor. Neméně významnou předností je nulová vůle v pohonu.

Motor Piezo LEGS Linear Twin 20N LT20

Lineární piezoelektrický motor Piezo LEGS Linear Twin 20N typ LT20 (obr. 1) je založen na funkčním principu patentovaném společností PiezoMotor Uppsala pod označením Piezo LEGS®.



Obr. 3. Zkušební přípravek s ověřovaným motorem v podtlakové komoře ve firmě FEI Czech Republic, s. r. o. (foto: FEI Czech Republic)

Samotný princip Piezo LEGS a technické parametry piezomotorů této řady nabízených společností PiezoMotor Uppsala jsou poměrně podrobně popsány v [1], ostatní detaily lze nalézt na www.piezomotor.com. Zde si jen připomeňme, že základem principu Piezo LEGS jsou „chodící nohy“ vyrobené z piezoelektrického materiálu, jenž je působením přiloženého elektrického napětí deformován, a správná posloupnost deformací jednotlivých noh následně zapříčiní pohyb. V konstrukci motoru se tak nacházejí bimorfnní akční členy slinuté do jediného tělesa se čtyřmi nohama neboli dvěma páry, které jsou v podstatě keramickými „svaly“. Protože motor na principu Piezo LEGS neobsahuje mimo deformační členy žádné pohyblivé mechanické díly, je jeho chod velmi přesný a lze dosahovat i kroků kratších

než 1 nm. V porovnání s tradičními stejnosměrnými motory má motor na principu Piezo LEGS zcela zanedbatelnou setrvačnost, téměř nulovou reakční dobu a také větší energetickou účinnost, neboť v klidové poloze nespotřebává žádnou energii a při rozběhu a zastavování nevykazuje proudové špičky.

Pokud jde o motor Piezo LEGS Linear Twin 20N LT20, je maximální rychlost jím vyvozeného pohybu 10 mm/s (násobek délky kroku a maximální možné krokové frekvence). Délka kroku tohoto piezomotoru je asi 5 μm , rozlišení (nejmenší změna polohy) závisí na schopnostech řídicí jednotky (funkce tzv. mikrokrokování). Stejně jako ostatní piezomotory značky PiezoMotor Uppsala používá motor typu LT20, na rozdíl od konkurence, napájecí napětí pouze 48 V, čímž odpadá jeden z velkých nedostatků piezomotorů – vysoké napájecí napětí.

K přesnému řízení motoru typu LT20 dodává společnost PiezoMotor Uppsala dva modely řídicí jednotky, a to PDM101 nebo PDM206. Jednotka PDM101 je určena k řízení jedné pohybové osy (jednoho piezomotoru, včetně řízení se zpětnou vazbou) a podporuje mikrokrokování do až 2 048 mikrokroků na krok. Lze tedy dosáhnout rozlišení až asi 2,4 nm. Výkonnější jednotka PDM206 může ovládat až šest pohybových os při podpoře až 8 192 mikrokroků v kroku motoru. Komunikace s jednotkami je vedena přes virtuální port COM prostřednictvím sběrnice USB.

Zkušební zařízení

Ověřovací měření se uskutečnilo na piezopohonu tvořeném piezomotorem Piezo LEGS Linear Twin 20N LT20 a řídicí jednotkou PDM101, zapůjčených za daným účelem firmou Routech, s. r. o., která je výhradním distributorem produktů společnosti PiezoMotor Uppsala pro Českou republiku a Slovensko.

Pro zkoušky byl vyroben přípravek s lineárním vedením SKF LWR 3100, na který bylo možné namontovat snímače polohy motoru přejíždějícího po vymezené dráze. Přípravek byl zkonstruován tak, aby byl použitelný při měřeních za atmosférického tlaku i ve vakuu (obr. 2).

K určení dosažené polohy byly použity snímače polohy Mercury 2000 s rozliše-

ním až 80 nm připojené ke kartě pro sběr dat (DAQ) typu NI 9411 a k jednotce PDM101 jako zpětná vazba polohy. Údaje získané z karty DAQ byly dále použity jako naměřené hodnoty pro statistické zpracování.

Přesnost polohování

Měření na vybraném piezopohonu se uskutečnilo mj. ve vakuové komoře elektronového mikroskopu v prostorách vývo-

mikroposuvu. Ukázka naměřených hodnot je na obr. 4, zobrazujícím odchylku naměřené polohy od žádané (svislá osa) v dané pozici na lineárním vedení (vodorovná osa, v relativním vyjádření polohy). Z grafu na obr. 4 je patrné, že naměřené hodnoty odchylky se nacházejí v pásmu od +1 do -2 inkrementů použitého snímače. Použitá sestava piezomotoru a řídicí jednotky je tedy schopna s daným snímačem nastavovat polohu s odchylkou na samé hranici rozlišení ve zpětné vazbě.

telem zpětnovazební snímač polohy se svým rozlišením 80 nm.

Závěr

Piezomotor Piezo LEGS Linear Twin 20N LT20 je mimořádně vhodný pro přesné polohování v režimu uzavřené regulační smyčky se zpětnovazebním snímačem polohy. Bez zpětnovazebního snímače je piezomotor použitelný jako velmi jemný posuv. Daný piezomotor je schopen pracovat jak při atmosférickém tlaku, tak i ve vakuu, a to bez změny provozních vlastností včetně dosažitelné přesnosti. Průměrná dosažitelná přesnost piezomotoru Piezo LEGS Linear Twin 20N LT20 je podle výsledků zkoušek na úrovni pouhých jednotek až desítek nanometrů podle maximální rychlosti, což odpovídá jednomu inkrementu zpětnovazebního snímače. Řídicí jednotka tedy byla schopna nastavovat polohu s chybou na samé hranici rozlišení zpětnovazebního snímače. Důležitou předností ověřovaného typu motoru je schopnost pracovat s budícím napětím do 48 V, což může být pro mnoho úloh výhodné. V porovnání s polohovacím zařízením poháněným stejnosměrným motorem dosahuje piezomotor výrazně větších hodnot zrychlení a zpomalení pohybu při téměř nulové prodlevě (době reakce na povel). Při opakovaných mikroposuvech lze tudíž dosáhnout výrazné úspory času. Další předností je nulová vůle v pohonu, což u stejnosměrných motorů s převodovkou je obvykle neřešitelný problém.

K plnému využití potenciálu motoru Piezo LEGS Linear Twin 20N LT20 je vhodné k jeho řízení použít řídicí jednotku vyšší řady, která nabízí jemnější mikrokrokování spolu s možností použít komunikační sběrnici s menší latencí a připojit a řídit současně několik motorů.

Další informace o piezomotech a řídicích jednotkách značky PiezoMotor Uppsala a jejich vlastnostech lze nalézt na stránkách www.routech.cz. Širší pohled na problematiku řízení piezoelektrických pohonů nabízí článek [2].

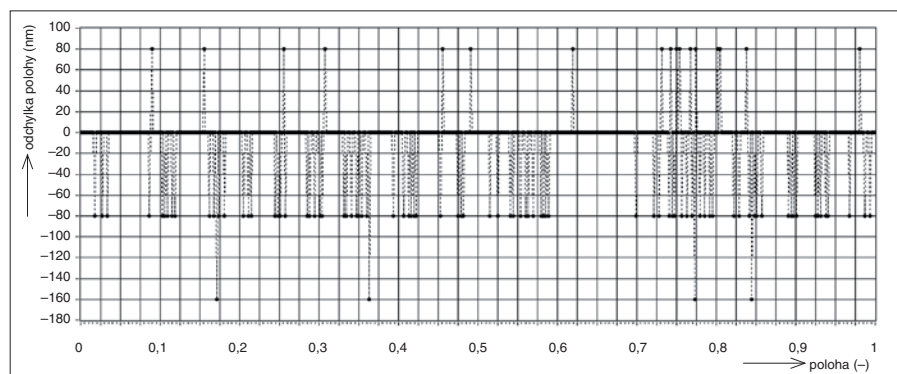
Poděkování

Článek vznikl při práci na projektu LO1202, finančně podpořeném MŠMT v rámci programu NPU I.

Literatura:

- [1] – Vlastnosti a použití motorů Piezo LEGS. Automa, 2013, roč. 19, č. 3, s. 66–68.
- [2] HURÁK, Z. – HOLUB, O. – ŠPILLER, M.: Řízení piezoelektrických pohonů pro mikropolohování. Automa, 2007, roč. 13, č. 4. s. 8–12.

Ing. Pavel Houška Ph.D.
(houska.p@fme.vutbr.cz),
Ing. Kamil Šubrt
(subrt@fme.vutbr.cz),
Ing. Zdeněk Hadaš, Ph.D.
(hadas@fme.vutbr.cz),
Vysoké učení technické v Brně

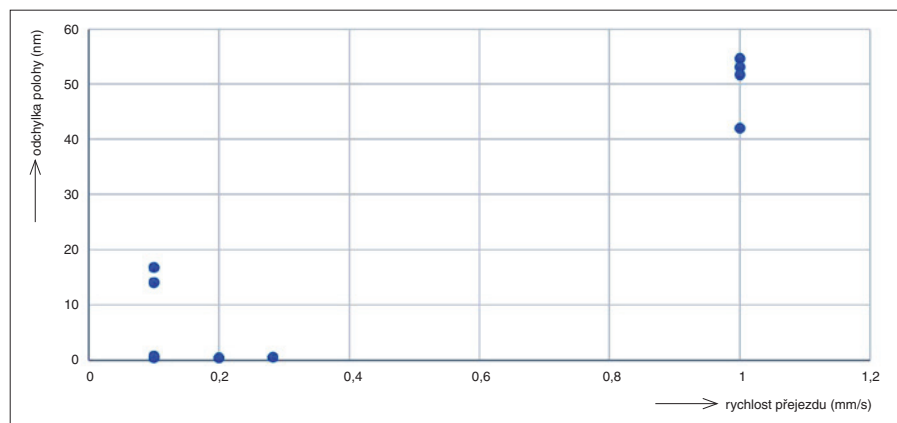


Obr. 4. Chyba nastavení polohy v uzavřené smyčce (mikroposuv 0,001 6 mm, rychlost pohybu 0,1 mm/s)

jového pracoviště firmy FEI Czech Republic, s. r. o. (obr. 3).

Po proměření přesnosti polohování v běžných laboratorních podmínkách při atmosférickém tlaku následovalo měření při podtlaku (ve vakuu). Nejprve bylo měřeno při absolutním tlaku 10^{-2} Pa. Při dalších měřicích sekvencích byl tlak v komoře postupně snižován až na hodnotu 10^{-5} Pa. Největší část měření se uskutečnila při absolutním tlaku 10^{-4} Pa. Během snižování tlaku v komo-

Graf na obr. 5 zobrazuje průměrnou odchylku od požadované polohy určenou přes všechny kroky při přejezdu vedení v závislosti na rychlosti pohybu při přejezdu. Každý bod tedy reprezentuje průměrnou odchylku z jednoho měření pro danou rychlost. Graf na obr. 5 tudíž potvrzuje známou skutečnost, že přesnost piezomotoru je ovlivněna rychlostí přejezdu. Délka přejížděné dráhy nemá na přesnost nastavení polohy vliv. Dalším parametrem ovlivňujícím přesnost nastave-



Obr. 5. Závislost průměrné odchylky nastavené polohy od požadované na rychlosti pojezdu zjištěná při zkouškách

ře nebyly v chování piezomotoru pozorovány žádné změny. Přehřívání nebo jiné teplotní ovlivnění lze vyloučit, neboť odvod tepla z piezomotoru až do pláště vakuové komory byl dostatečný. Teplota okolí byla trvale na úrovni 25 °C.

Zkušební sekvencí byly opakované mikroposuvy motoru v rámci rozsahu lineárního vedení s různou rychlostí přejezdu a velikostí

polohy může být zrychlení pohybu vyvozeného motorem, které bylo v daném případě nastaveno na hodnotu asi $0,5 \text{ mm/s}^2$. Graf na obr. 5 ukazuje, že při malých rychlostech přejezdu (přičemž při malých mikroposuvech ani není možné dosáhnout velké rychlosti) je poloha nastavována s průměrnou odchylkou pouze v řádu jednotek nanometrů. V této části zkoušky byl pravděpodobně omezujícím čini-