

Vlastnosti a použití motorů Piezo LEGS

Piezelektrické motory jsou světovými výrobci neustále vylepšovány. Jsou stále častěji řešením v úlohách, kdy konvenční elektromagnetický motor náročné požadavky nevládne nebo jeho použití představuje enormně vysoké náklady. Jde zejména o požadavky na neustále menší výrobky, větší energetickou účinnost a velmi vysokou přesnost spolu s náročnými požadavky na dynamiku pohybu.

Princip piezomotoru vychází z piezoelektrického jevu, objeveného francouzským matematikem a fyzikem Pierrem Curie (1859 až 1906). Jev spočívá v deformaci některých krystalů nebo keramických materiálů při přivedení elektrického napětí a je výrobci různými metodami aplikován při výrobě lineárních a rotačních piezomotorů.

Jedním z výrobců je švédská společnost PiezoMotor AB, která byla založena v roce 1997. Podnětem byl výzkum v oblasti vy-

vržen tak, aby se provedl požadovaný pohyb „chůze“. Deformace hnacích noh je třením převedena na lineární tyč nebo na rotační disk. Princip pohybu je vysvětlen na obr. 1.

Tvar křivky řídicího napětového signálu

Motor je sestaven ze dvou párů hnacích noh. Každý pár je řízen dvěma analogovými signály, jejich rozsah napětí je přibližně 46 V. Z elektrického hlediska představují tyto čtyři fáze motoru kondenzátory, kdy každá fáze piezomotoru má kapacitu v řádu 400 nF.

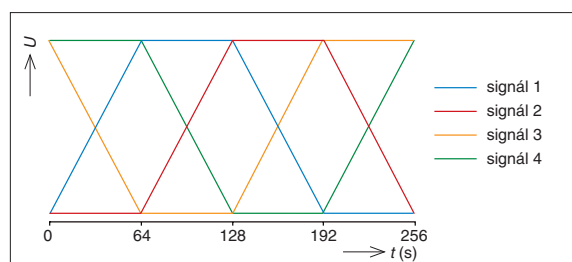
Na obr. 2 jsou signály přiváděné na čtyři fáze barevně rozlišeny a všechny jsou vzájemně fázově posunuty o 90°. Takový průběh signálů pohybuje hnacími nohami podél kosočtverečné trajektorie, jde o tzv. plný krok (*full step*). Tvar křivky odpovídá nabíjení a vybíjení kondenzátoru.

Často je zapotřebí lepší rozlišení, než odpovídá plnému kroku. Délka kroku může být zkrácena regulováním fázového posunu mezi signály. Průběh signálů na obr. 3 vyvolá krok o velikosti kolem 10 % ve srovnání s průběhem na obr. 2. Jsou-li fáze řídicího napětí takto posunuty, budou kroky kratší a jde o tzv. zmenšený krok (*reduced step*). Rychlost pohybu noh bude pomalejší, přestože rychlost nabíjení a vybíjení kondenzátorů budou stejné.

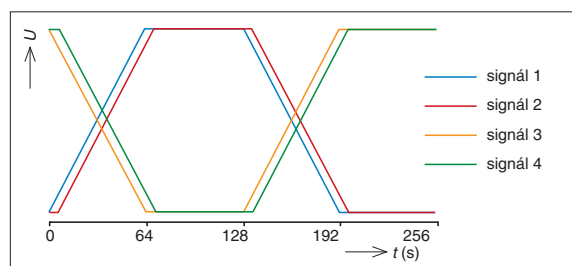
Řízením fázového posuvu bude řízena rychlost pohybu a motor bude pracovat v tzv. ohýbacím (*bending*) režimu, což odpovídá ohýbání noh pro nalezení požadované polohy s rozlišením v jednotkách nanometru.

Jiným způsobem řízení motoru je mikrokrokování, kterým se dosáhne velmi jemného rozlišení. Při této metodě je v řídicí jednotce mikroprocesorovou jednotkou (MCU) vytvořen napětový signál tak, že jeho křiv-

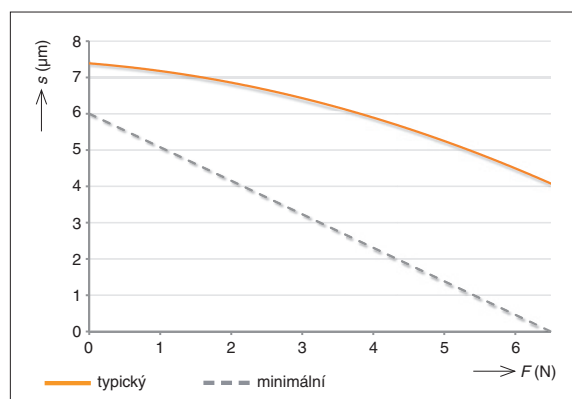
ka je interpolována velkým počtem malých napětových přírůstků. MCU vyhledá data signálu v tabulce a pomocí D/A převodníku je převede na čtyři analogové signály, které jsou pro každou fázi zesíleny zesilovacím



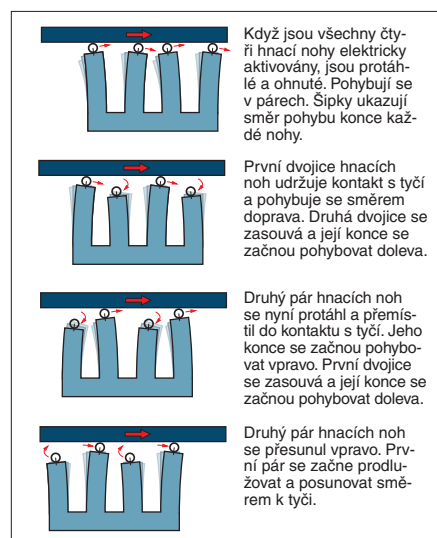
Obr. 2. Tvar křivky napětového řídicího signálu pro plný krok



Obr. 3. Tvar křivky napětového řídicího signálu pro zkrácený krok



Obr. 4. Závislost délky plného kroku lineárního motoru Piezo LEGS 6N na vnějším zatížení F



Obr. 1. Funkční princip pohybu motoru Piezo LEGS

užití piezoelektrického jevu na univerzitě v Uppsale. V sortimentu firmy jsou zejména patentované lineární a rotační motory Piezo LEGS®, které byly uvedeny na trh v roce 2005. Vedoucí pozici na trhu v oblasti mikropohonů si společnost ještě upevnila partnerstvím ve skupině firem Faulhaber, výrobců malých DC-, BLDC-, krokových a lineárních motorů.

Princip motoru Piezo LEGS

Funkční princip motoru Piezo LEGS je velmi podobný chůzi. V motorech jsou multibimorfni aktuátory slinuté do jediného tělesa se čtyřmi nohami, tj. dvěma páry, které jsou v podstatě keramickými „svaly“.

Deformace noh piezomotoru je řízena tvarem křivky přiváděného napětového signálu, který prodlužuje a ohýbá každou z nich, oba páry synchronně. Tvar křivky signálu je na-

stupněm a poté se zvolenou frekvencí přivedeny na fáze motoru.

Rychlost je řízena změnou frekvence krokování, nejde tedy o řízení fázového posuvu. Signály zůstávají vždy vzájemně posunuty o 90°. Každá malá změna napětí pohybuje motorkem jen o zlomek plného kroku, tj. o mikrokrok. Podle typu řídicí jednotky je možné maximální rozlišení 2 048 nebo 8 192 mikrokroků na jeden plný krok. Jeden mikrokrok při nastavení nejvyššího rozlišení je roven přibližně 2 nebo 0,6 nm u lineárního pohybu a přibližně 0,5 nebo 0,1 µrad při rotačním pohybu.

Dynamika a energetická účinnost

Výstupní lineární nebo rotační pohyb je zajištěn třecím převodem mezi hnacími nohami a posouváním hnaným dílem. Je-li třeba znát přesnou polohu, je proto nutné pracovat se zpětnou polohovou vazbou ze systému.

Mezi parametry, které souvisejí s třením, je zádržná síla (*stall force*) a přídržná síla (*holding force*). Zádržná síla je největší zatížení, které může motor přenést, aniž by došlo k prokluzu. Dosáhne-li zatížení této hodnoty, piezomotor se zastaví. Přídržná síla je největší zatížení, které piezomotor udrží bez

určitou pružnost. Naproti tomu piezomotory mají krátkou reakční dobu a zaručují úplnou kontrolu pohybu po celou dobu činnosti.

Motory Piezo LEGS mají ve srovnání s konvenčními elektromotory větší energetickou účinnost, protože v klidové poloze nespotebouvávají žádnou energii. Díky v podstatě nulové setrvačnosti nevykazují proudové špičky v režimech start a stop. Další výhodou je přímý pohon bez nutnosti převodových mechanismů a pohybových šroubů. Výhody se projeví tím více, čím více je pracovní cyklus střídavý.



Obr. 5. Motory Piezo LEGS

prokluzu ve vypnutém stavu, tj. při statickém zatížení. Protože tření za klidu je větší než za pohybu, je přídržná síla přibližně o deset % větší než zádržná síla.

Jednou z mnoha předností motoru je možnost extrémně pomalého pohybu. Například Piezo LEGS 6N se může pohybovat s řídicí jednotkou PMD101 rychlostí jen několik nanometrů za sekundu, s výkonnější elektronikou ještě pomaleji.

Maximální rychlost v nezátěženém stavu je pro každý typ motoru doporučenou hodnotou. Rychlost je funkcí zatížení: čím větší síla, tím menší rychlost. Důvodem je zkrácení plného kroku (obr. 4). Pro již uvedený motor Piezo LEGS 6N je maximální rychlost bez zatížení přibližně 14 mm/s (7 $\mu\text{m} \times 2 \text{ kHz}$). Vyšší rychlosti lze dosáhnout úpravou motoru na zakázku.

Motory Piezo LEGS nemají ve srovnání s tradičním DC motorem setrvačný moment. Jejich pohyb vzniká na molekulární úrovni, start a stop jsou téměř okamžité. Tato vlastnost je nezbytná v mnoha úlohách. Například při laserovém skenování, kdy je zapotřebí udělat stovky nebo tisíce cyklů start-stop, nezávisí rychlost skenování jen na reakční době snímače obrazu, ale také na tom, aby byly optické prvky uvedeny během měření do klidu. To je s elektromotory obtížné proveditelné, protože při režimech start-stop mají

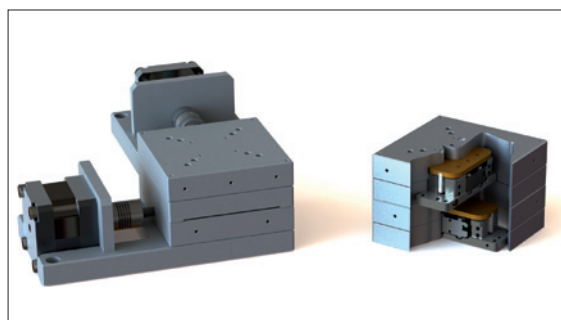
Lineární a rotační motory Piezo LEGS

Lineární a rotační motory jsou v provedení s jedním nebo dvěma tělesy (bimorfními aktuátory slinutými do jediného tělesa se čtyřmi nohami) pro vytvoření pohybu. Příklady jsou na obr. 5, technické parametry v tab. 1.

Řídicí jednotky

PiezoMotor AB nabízí řadu řídicích jednotek bez zpětné vazby a se zpětnou vazbou.

Nejjednodušší z nich je ruční tlačítkový ovladač PMCM21, ří-



Obr. 6. Použití motorů Piezo LEGS pro posuv křížového stolku mikroskopu (vlevo klasický pohon, vpravo piezopohon)

dicí jednotka bez zpětné vazby. Je určena pro lineární (6N až 40N) a rotační motory Piezo LEGS. Pomocí tlačítek vpřed a vzad je možné řídit motor kontinuálně. Při držení tlačítka roste rychlost po rampě na maximální hodnotu. Krátký stisk tlačítka generuje nejmenší krok, který je závislý na zatížení motoru a může být ve zlomcích mikrometru. Pomocí jednotlivých stisků tlačítek vpřed a vzad je možné polohování s rozlišením 0,1 μm . Tento způsob řízení je vhodný např. při náhradách za mikrometrický šroub nebo pro nastavování optických prvků.

PMCM31 je analogová řídicí jednotka pro řízení se zpětnou vazbou a je určena pro stejné typy motorů jako jednotka PMCM21. Napájecí napětí je 12 V DC, proudový odběr asi 0,3 A a řídicí napětí je $\pm 9,6 \text{ V DC}$. Rychlost motoru závisí na velikosti přivedeného řídicího napětí, směr je určen jeho

Routech

S námi je pohyb jednodušší

FAULHABER



DC motory s mechanickou komutací

- Válcové, diskové a převodové motory

Bezkartáčové DC motory (BLDC)

- Mikromotory technologie smooovy®
- Válcové servomotory standardní, technologie SMARTSHELL®, technologie 4 póly
- Diskové motory s plochým vinutím, technologie penny-motor®
- Motory s integrovanou elektronikou

Kompaktní servopohony

Krokové motory

- Technologie PREC1step®
- ### Lineární DC servomotory
- Technologie QUICKSHAFT®

Přesné převodovky

Enkodéry

Řídicí elektronika

- Řízení rychlosti / Řízení polohy

PiezoMotor



Piezomotory

- Lineární motory, technologie Piezo LEGS®
- Rotační motory, technologie Piezo LEGS®

Zveme vás na veletrh **AMPER, pavilon P, stánek 120**
Routech s.r.o., Dr. Milady Horákové 185/66, Liberec VII, 460 06, tel.: +420 489 202 971, mobil: +420 739 204 131, endler@routech.cz, www.routech.cz

Tab. 1. Technické parametry lineárních a rotačních motorů Piezo Legs

Označení	Provedení	Max. zdvih	Doporučená rychlost/otáčky (bez zatížení)	Doporučená zátěž/zádržný moment	Pracovní teplota
Linear 6N	z korozivzdorné oceli, z nemagnetické oceli, do vakua	80 mm	0 až 15 mm/s	0 až 3 N	-20 až +70 °C
Linear Twin 20N	z korozivzdorné oceli, do vakua	80 mm	0 až 10 mm/s	0 až 10 N	-20 až +70 °C
Linear Twin-C 20N	pro optické prvky a lasery (výstupní hřídel umožňuje montáž pomocí svěrného spoje nebo matice)	12,8 mm	0 až 10 mm/s	0 až 10 N	0 až +50 °C
Linear Twin-C 40N	pro větší zatížení a jemné polohování	12,8 mm	0 až 10 mm/s	0 až 20 N	0 až +50 °C
Linear Twin-C 300N	pro použití ve výrobě polovodičů, do vakua	20 mm	0 až 0,3 mm/s	0 až 150 N	-20 až +70 °C
Linear Twin-C 450N	z nemagnetické oceli, do vakua	20 mm	0 až 0,3 mm/s	0 až 225 N	-20 až +70 °C
Rotary 50mNm	z nemagnetické oceli, do vakua		0 až 20 min ⁻¹	50 mN·m	-20 až +70 °C
Rotary 80mNm	z korozivzdorné oceli, do vakua		0 až 20 min ⁻¹	80 mN·m	-20 až +70 °C

polaritou. Řídicí jednotka může být provozována v režimu plného kroku pro vysoké rychlosti a v tzv. ohýbacím režimu pro jemné polohování. Zpětná vazba vyžaduje PC se schopností číst signál snímače a podle potřeby regulace předávat jednotce analogový signál – řídicí napětí.

PMD 101 je výkonnější řídicí jednotka určená pro všechny motory Piezo LEGS pro řízení jedné osy v režimu mikrokroků (2 048 mikrokroků pro jeden cyklus). Vstup pro signál ze snímače polohy (otáček) umožňuje řízení se zpětnou vazbou. Jednotka podporuje dvoukanalové inkrementální snímače, analogové snímače a sériové absolutní snímače s výstupem SSI.

Řídicí jednotka komunikuje s nadřazeným PC přes rozhraní USB pomocí protokolu ASCII. Jednotka může být provozována v režimu se zpětnou vazbou nebo bez zpětné vazby, uživatel má přístup k nastavení rozlišení mikrokroků, frekvence kroků (rychlosti) a dalších parametrů. Jednotka může zpracovat signály z koncových spínačů a nastavit výchozí pozici (index). Snímač polohy ve zpětné vazbě umožní nastavit přesnou polohu. Pomocí rychlostních ramp se zajistí polohování bez překmitu.

PMD104 je řídicí jednotka se zpětnou vazbou pro možnost řízení ve čtyřech osách v režimu mikrokroků (2 048 mikrokroků pro jeden cyklus). K dispozici jsou různé průběhy tvarů křivek napětí optimalizova-

né pro zátěž, rychlost a přesné polohování. Vstupy pro signál snímače otáček dovolují řízení se zpětnou vazbou. Skript pro řízení chodu motorů v požadovaných sekvencích lze napsat v jednoduchém textovém souboru. Je umožněn synchronní pohyb ve dvou osách. Pro komunikaci má PMD104 sériové rozhraní (RS-232, RS-422/485) a rozhraní Anybus, které poskytuje možnost komunikovat prostřednictvím TCP/IP, USB, CAN nebo dalších sběrnic.

Nové řídicí jednotky PMD206 a PMD236

PMD206 je řídicí jednotka se zpětnou vazbou pro možnost řízení v šesti osách v režimu mikrokroků. Od předchozích řídicích jednotek se odlišuje větším rozlišením, kdy pro jeden cyklus křivky řídicího napětí je možné vytvořit 8 192 mikrokroků. Jeden mikrokrok s nastavením nejvyššího rozlišení je roven přibližně 0,6 nm u lineárního pohybu a přibližně 0,1 μrad při rotačním pohybu. Komunikace s PC je možná prostřednictvím TCP/IP nebo po sériové čtyřvodičové lince RS-485. Protokol pro komunikaci PC s jednotkou je v příkazech ASCII.

PMD236 je řídicí jednotka se zpětnou vazbou pro řízení v třiceti šesti osách v režimu mikrokroků. Blok šesti šestiosých jednotek je určen pro umístění do 19" skříně. Ostatní technické parametry jsou shodné s PMD206.

Nový piezomotor Piezo LEGS Caliper

Pohon Piezo LEGS Caliper je navržen speciálně pro integraci do stolků mikroskopů. Vysoce kompaktní rozměry a přímý pohon jsou zárukou jednoduché a velmi přesné motorizace jak lineárních, tak goniometrických stolků. Nová konstrukce piezoelektrického motoru umožňuje umístit kompletní pohybový systém uvnitř stolu. Ke stolku nemusí být připojeny žádné další objemné elektrické motory a lineární pohybové šrouby; srovnání je na obr. 6. Tyto piezomotory mohou nahradit jakékoliv konvenční elektrické pohony stolu. Jsou přesnější (rozlišení ve zlomcích nanometrů), mají velké zrychlení a umožní mnohem kompaktnější uspořádání stolu. Pohybový systém je zkompletován s elektronickým ovladačem a snímačem polohy. Na požádání firma PiezoMotor AB pomůže s integrací do systému.

Při zdvihu 29 mm se motor může pohybovat v plných krocích nebo dílčích mikrokrocích s rozlišovací schopností v nanometrech. Rychlost je nastavitelná od nanometrů za sekundu do 10 mm/s. Doporučený pracovní rozsah je 0 až 8 N. Motor je vyroben z korozivzdorné oceli nebo z duralu, rozměry jsou 60,0 × 20,7 × 20,4 mm, hmotnost 110 g. Rozsah pracovních teplot je 0 až 50 °C.

(Routech s. r. o.)



**Obchod s bílým masem.
Neodsuzujeme...
Zefektivňujeme!**

**AUTOMATIZACE, MODERNIZACE A ÚDRŽBA
V POTRAVINÁŘSKÉM PRŮMYSLU 2013**

Vstup na konferenci pro technický personál
potravinářských provozů ZDARMA!

WWW.KONFERENCE-TMI.CZ