

Inteligentné polohové riadenie LMPM 1 - Teoretický základ

Radičová Tatiana · Elektrotechnika

23.12.2011



V súčasnosti vzniká v oblasti priemyselnej automatizácie trend zvyšovania kvality riadenia servopohonov. Z tohto dôvodu sú lineárne motory v oblasti priemyselnej automatizácie stále viac a viac preferované hlavne vďaka svojim nenahraditeľným vlastnostiam, ktoré poskytujú. Ako je napríklad rýchlejšia akcelerácia, vyššia presnosť a opakovateľnosť polohovania počas dlhej časovej periódy a v porovnaní s rotačnými motormi si nevyžadujú údržbu, pretože medzi jednotlivými časťami motora nie je trenie. Taktiež vedú vyvinúť väčšiu rýchlosť a akceleráciu, čo tiež hovorí o ich kvalitách.

1. Úvod

Lineárne motory si získali popularitu hlavne ich implementáciou do rýchlostných vlakov, ako je napríklad Maglev či Trans-rapid. Taktiež sa využívajú v armádnych zbraniach, vo výskume kozmických lodí, robotických technológiách, medicíne, automatizovaných inžinierskych systémoch atď. A v priemyselných aplikáciách, kde sa vyžaduje vysoká presnosť polohovania, sú nenahraditeľnou súčasťou, i keď v porovnaní s rotačnými pohonmi sú v inej cenovej kategórii. Priemyselné aplikácie servopohonov, či už v zastúpení lineárnych alebo rotačných pohonov, sú reprezentované napríklad pohonmi výťahov, dopravných pásov, čerpadiel, kompresorov, ventilátorov, papierenských strojov, ale aj servosystémami robotov, číslicovo riadenými obrábacími strojmi atď.

V prvej časti tohto článku sa bude venovať pozornosť hlavne teoretickému základu o lineárnych motoroch, ich rozdeleniu a štruktúre. Nasledovné dva články budú zamerané zväčša na riadenia lineárnych motorov.

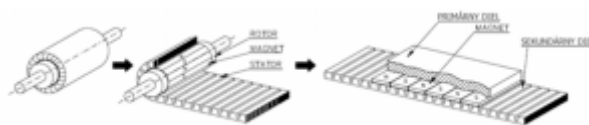
2. Súčasná problematika lineárnych motorov

2.1 Konštrukčné usporiadanie LM

História lineárnych elektrických motorov sa začala v rokoch 1840 prácou Charlesa Wheatstonea pre Londýnsku univerzitu King's College. Škoda len, že jeho model bol do takej miery neefektívny nato, aby bol praktický v tých rokoch. Až v roku 1905 Alfred Zehden of Frankfurt-am-Main sa podpísal pod americký patent (732312) ako vynálezca reálneho lineárneho indukčného motora ako pohon vlakov a výťahov.

Avšak zásluhy o vynájdenie lineárneho motora nesie profesor Eric Laithwaite, britský elektrický inžinier, ktorý zomrel ako 76-ročný v roku 1997. Naprojektoval člnok využívajúci lineárny motor cez tkacie krosná. Profesor Laithwaite opísal svoj objav ako „nič viac ako rozostretý elektrický motor“. Princípom je vytvorenie magnetického poľa, na ktorom objekt stojí, alebo sa posúva bez toho, aby bol spomalený trením. Táto magnetická levitácia bola už dávnejšie známa, ale bol to profesor Laithwaite, ktorý bol priekopníkom komerčného vývoja prvých praktických aplikácií a ktorý vytvoril priame lineárne pohony pre stroje aj pre transport [5].

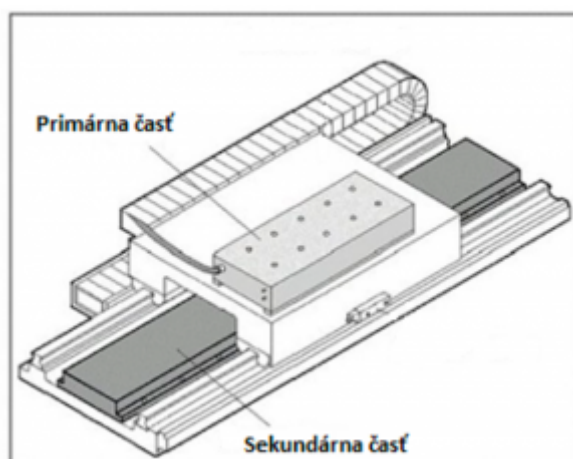
Lineárny motor si môžeme predstaviť ako klasický synchronný alebo asynchronný rotačný motor rozvinutý do roviny. Čiže namiesto krútiaceho momentu je výsledkom lineárna práca alebo lineárna sila. Táto sila môže byť významná, malé LM vedia vyprodukovať 2N sily a väčšie LM môžu vyprodukovať silu až do 13800N. Ale samozrejme základné technológie, ktoré sú využité v rotačných motoroch sa taktiež využívajú aj v lineárnych motoroch.



Obr. 2.1 Principiálne konštrukčné usporiadanie lineárneho motora

Primárny diel (stator) je zložený z elektrotechnických plechov a trojfázového vinutia uloženého v jeho drážkach.

Sekundárny diel (rotor) tvorí dlhšiu časť stroja. Pričom synchronne motory majú sekundárnu časť tvorenú permanentnými magnetmi zo vzácnych zemín (Nd-Fe-B), ktoré sú nalepené na ocelovú podložku a **asynchronne motory** majú sekundárnu časť tvorenú kliečkou buď nakrátko uložených drážok feromagnetického zväzku alebo pripevnenú na ocelovú podložku poháňaného zariadenia. Väčšinou sa pohybuje primárny diel po dráhe vytvorenej ľubovoľným počtom sekundárnych dielov [1].

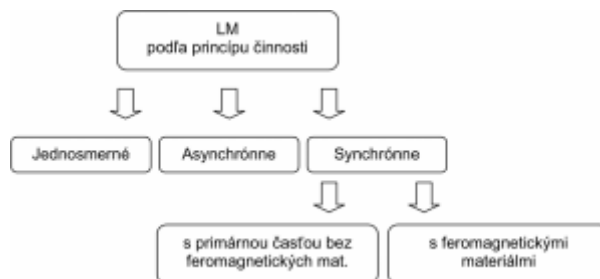


Obr. 2.2 Lineárny motor

2.1.1 Rozdelenie lineárnych motorov

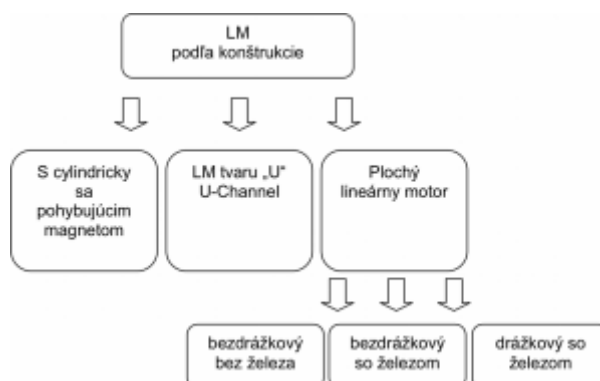
Lineárnych motorov je niekoľko typov, ktoré sa rozdeľujú z rôznych hľadísk. Napríklad LM z hľadiska princípu činnosti a konštrukcie rozdeľujeme na asynchronne a synchronne, ďalej môžu byť z hľadiska tvaru: plochý, U-chanel (v tvare U) alebo

rúrkovitý. Špeciálny skupinu tvoria krokový a piezoelektrický LM. LM ponúkajú veľa rozličných výhod oproti mechanickým systémom, ako sú napríklad veľmi vysoké alebo veľmi nízke rýchlosti, vysoká akcelerácia, takmer žiadna údržba (nie sú tam kontaktné časti) a vysoká presnosť bez spätnej väzby.



Obr. 2.3 Lineárne motory podľa princípu činnosti

Synchronné a asynchrónne LM sú konštrukčne veľmi podobné, ale ich správanie je však podstatne rozdielne. Synchronné LM majú vysokú dynamiku, vynikajúcu polohovaciu schopnosť a pracujú najlepšie v synchronných rýchlostiach. Asynchrónne LM v porovnaní so synchronnými LM majú nižšiu ťažnú silu v rovnakých mechanických rozmeroch.



Obr. 2.4 Lineárne motory podľa konštrukcie

2.1.1.1 Lineárny motor s cylindricky sa pohybujúcim magnetom

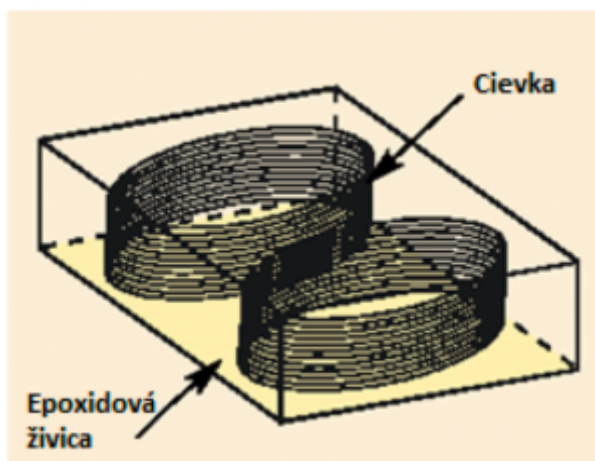
V týchto typoch motorov je primárna časť cylindrická a posúva hore alebo dole cylindrickú tyč, v ktorej sú zabudované magnety. Tieto motory boli medzi prvými, ktoré našli komerčné uplatnenie, ale bohužiaľ nevyužívajú všetky šetriace vlastnosti, ktoré obsahujú iné typy LM, ako je plochý LM a LM v tvare U.

2.1.1.2 U-Channel lineárny motor

Tento typ lineárneho motora má dve paralelné magnetické stopy umiestnené oproti sebe s primárnou časťou medzi doskami. Primárna časť je v magnetických stopách podopieraná nosným systémom.



Obr. 2.5 U-Channel lineárny motor

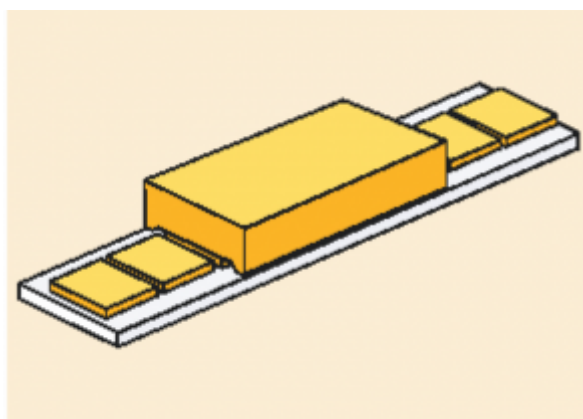


Obr. 2.6 Vinutie v U-Channel LM

Primárna časť je bez železa, čo znamená, že tam nepôsobí žiadna príťažlivá sila ani poruchová sila generovaná medzi primárnou časťou a magnetom. Konštrukcia cievky bez železa má nízku hmotnosť, ktorá umožňuje veľmi vysokú akceleráciu. Typicky je vinutie cievky 3-fázové s bezkefovou komutáciou. Zvýšený výkon môže byť dosiahnutý pridaním chladenia do motora. Tento typ LM je lepšie prispôbiť na zníženie rozptylu magnetického toku, spôsobeného magnetmi umiestnenými oproti sebe, ktoré sú ukryté v kanále v tvare U.

2.1.1.3 Plochý lineárny motor

Existujú tri typy tohto typu motora (viď Obr. 2.4). Samozrejme, všetky typy sú bezkefové. Avšak na správny výber jedného z týchto motorov je dôležité porozumenie danej aplikácie [5].



Obr. 2.7 Plochý typ LM

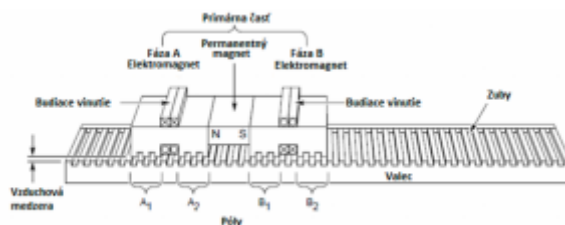
Špeciálne typy LM

2.1.1.4 Reakčný (reluktačný) LM

Tento typ LM má rovnakú konštrukciu primárnej časti ako synchronný alebo asynchronný motor. Sekundárna časť je bez magnetov alebo pomocných vinutí. Princíp činnosti je navrhnutý tak, aby motor vykazoval rozdielnu synchronnú indukčnosť respektíve reaktanciu v pozdĺžnom a priečnom smere. Motor má tým lepšie vlastnosti, čím je väčší rozdiel indukčností. Reakčný LM je vhodný do výbušných prostredí a taktiež aj do prostredí, kde môže byť mechanické znečistenie [2].

2.1.1.5 Krokový LM

Krokový LM sa vyznačuje svojou dlhou životnosťou a vysokou účinnosťou, a preto je určený na pomalé a zároveň veľmi presné polohovanie. Takisto ako väčšina LM aj tento typ motora patrí medzi bezúdržbové, čo mu pridáva na kvalite [4].



Obr. 2.8 Krokový LM

2.1.1.6 Piezoelektrický LM

Tieto pohony sa všeobecne radia medzi nekonvenčné pohony. Na pohyb využívajú piezoelektrický jav v kombinácii s trením. Vyznačujú sa predovšetkým veľmi malým jednotkovým krokom, samosvornosťou, vysokou hustotou výkonu, ale bohužiaľ aj náročnosťou riadenia, ktoré však pri dnešných výpočtových výkonoch a rozlišovacích schopnostiach senzorov približujú ku veľmi vysokým hodnotám presnosti kroku.

Piezoelektrické motory majú mnoho vhodných vlastností pre nasadenie do systému. Za zmienku určite stojí obrovská hustota výkonu, adaptivita a kompaktnosť. Svoje uplatnenie nachádzajú v pohone malých robotov, keď je potrebná presná regulácia polohy alebo ako pohonné jednotky v pružne reagujúcich automatických nastavovaniach polohy optických zariadení (autofokus) [3].



Obr. 2.9 Piezoelektrický LM

2.2 Štruktúry servopohonov s LM

Základné prvky lineárneho servopohonu sú vlastný motor a napájací zdroj – menič frekvencie. K týmto častiam sa pridáva ešte mechanické vedenie, prídavné chladiče a zabezpečovacie prvky. Samozrejme, k servopohonu patrí ešte aj riadiaci systém, obsahujúci najmenej regulátor a snímač polohy. Niektoré z uvedených častí patria priamo poháňanému zariadeniu a plnia súčasne niekoľko funkcií – napr. funkciu mechanického vedenia, funkciu odmerovacieho systému (snímača polohy) a funkciu zabezpečujúcich prvkov ako mechanických dorazov, koncových spínačov – funkčných a havarijných a mechanických krytov. Väčšinou sú však lineárne motory dodávané ako vstavané diely a spoločne s príslušenstvom tvoria stavebnicu.

2.2.1 Mechanické vedenie

Mechanické vedenie musí spĺňať dve základné podmienky: statickú a dynamickú únosnosť a požadovanú rýchlosť posuvu. Orientačne je možné uviesť nasledujúce odporúčania pre voľbu mechanického vedenia:

- Klzné kovové plochy so šmykovým trením sú vhodné pre rýchlosti do 0,5 m/s
- Guličkové puzdra so šmykovým trením vyhovujú do 1 m/s
- Lineárne ložiská guľčkové alebo valčekové s valivým trením umožňujú rýchlosť posuvu do 10 m/s
- Keramické klzné plochy nasýtené napr. s teflónom dovoľujú rýchlosť až do 20 m/s,
- Vzduchové ložiská a levitačné systémy sú určené pre rýchlosti až do 100 m/s,

2.2.2 Odmerovacie systémy

Odmerovacie systémy sú vo väčšine inkrementálne a pracujú na reluktančnom, magnetickom alebo fotoelektrickom princípe.

2.2.3 Riadiace systémy - regulátory

Takmer výhradne sa používajú číslicové regulátory. Realizujú sa inteligentné polohové striedavé servosystémy s vektorovou reguláciou. V niektorých prípadoch sú vložené ešte regulačné slučky zrýchlenia a pásmové filtre kvôli zlepšeniu mechanickej stability. Vyžaduje sa procesor s vysokou operačnou rýchlosťou až 10⁷ inštrukcií za sekundu a interpolátor. Komunikácia medzi riadiacim systémom a LM je obojsmerná. Okrem elektrických veličín (napätie, prúdy) a mechanických veličín (poloha) je možné merať aj teplotu, vypadnutie zo synchronizmu a pod.

Podakovanie

Tento článok vznikol s podporou APVV VMSP-II-0015-09.

Literatúra

1. www.vues.cz, Lineární motory - cz_lin-obecne_020909.pdf
2. Žalman M., Akčné členy, STU Bratislava 2003

3. <http://www.posterus.sk/?p=7993>
4. http://www.compumotor.com/catalog/c75_78.pdf
5. <http://www.simplex-cnc.com.au/download/TypesOfLinearMotors.pdf>

Zdroje k citovaným obrázkom

- Obr. 2.1 www.vues.cz
- Obr. 2.2 http://www.tubenet.org.uk/technical/tdlinear_m.html
- Obr. 2.5 <http://www.simplex-cnc.com.au/download/TypesOfLinearMotors.pdf>
- Obr. 2.6 <http://www.simplex-cnc.com.au/download/TypesOfLinearMotors.pdf>
- Obr. 2.7 <http://www.simplex-cnc.com.au/download/TypesOfLinearMotors.pdf>
- Obr. 2.8 http://www.compumotor.com/catalog/c75_78.pdf
- Obr. 2.9 <http://www.posterus.sk/?p=7993>

Spoluautorom článku je prof. Ing. Milan Žalman, PhD.
