

Riadenie polohovania pomocou jednosmerných motorov cez riadiaci systém Simatic S7-300

Tento článok vznikol ako odpoveď autora na otázku jedného z čitateľov AT&P journalu, pracujúceho v spoločnosti zaoberajúcou sa prevažne strojárskou výrobou (pozn. red.).

K polohovaniu neoddeliteľne patrí nutnosť meniť rýchlost pohonného motora. Preto je prvým kritériom rozdelenia pohonov spôsob regulácie rýchlosti. Pri jednosmerných motoroch je dnes prakticky výlučným spôsobom regulácia rýchlosti pomocou meniča. Pri asynchrónnych motoroch je ešte možné prepínanie počtu pólů, ktoré však nemá reálny ekvivalent v oblasti jednosmerných motorov. Firma Siemens vyrába na reguláciu rýchlosti jednosmerných motorov tyristorové meniče radu SIMOREG DC Master. Základným spôsobom regulácie rýchlosti týchto meničův je zmena napätia kotvy a zmena budiaceho prúdu. Menovité prúdy týchto meničův pokrývajú oblasť od 15 A po tisícky ampérov.

Treba poznamenať, že i keď sú meniče SIMOREG veľmi kvalitné a v spojení s kvalitnými jednosmernými motormi a snímačmi polohy tvoria vynikajúce a vysokodynamické pohony, nie sú to servopohony v pravom zmysle slova. To je dané najmä použitím tyristorov vo výkonovej časti, ktoré nedovoľujú extrémne prudké zmeny prúdu kotvy motora. Podobný účinok na dynamiku má aj prítomnosť komutátora na motore a z toho vyplývajúce komutačné obmedzenia. Firma Siemens už pred dlhším časom upustila v oblasti servopohonov od použitia jednosmerných motorov, pretože striedavé servomotory majú celý rad výhod (nepřítomnosť komutátora, vyšší merný výkon atď.).

Napriek tomu existuje široké spektrum polohovacích úloh, ktoré možno vyriešiť použitím meniča SIMOREG v kombinácii s jednosmerným motorom, napr. opäť od firmy Siemens.

K polohovaniu neodmysliteľne patrí aj nutnosť čo najpresnejšieho merania polohy. Na to slúži široká paleta snímačov polohy, obvyčajne rotačných. K najpoužívanejším dnes patria rezolvéry pre menej náročné aplikácie, inkrementálne snímače s pravouhlými výstupnými impulzmi úrovni TTL alebo HTL, inkrementálne snímače so sínusovým výstupom pre špičkové aplikácie alebo absolútne snímače polohy s najbežnejšími komunikačnými kanálmi EnDat, SSI, Profibus. Absolútne snímače sa používajú tam, kde treba poznať polohu výkonného orgánu ihneď po zapnutí napájania bez vykonania pohybu k referenčnému snímaču. Prakticky všetky druhy snímačov polohy vyrába aj firma Siemens.

Čo sa týka umiestnenia rotačného snímača polohy, tu má tvorca systému dve základné možnosti: prvou je použiť snímač priamo spojený s rotorom pohonného motora, druhou použiť snímač namontovaný priamo na výkonnom orgáne polohovaného mechanizmu. Výhodou snímača na motore je možnosť jeho použitia nielen na meranie polohy mechanizmu, ale aj na získavanie signálu rýchlosti motora na reguláciu otáčok jednosmerného motora. Jeho nevýhodou je, že poloha rotora motora nie je vždy presným obrazom polohy mechanizmu, najmä v prípade vôľi, prieťahov, pružných spojok, remeňov atď. Na elimináciu týchto rušivých vplyvov sa používajú rôzne softvérové kompenzácie alebo snímač namontovaný priamo na výkonnom orgáne polohovaného mechanizmu. Jeho hlavnou nevýhodou je fakt, že na riadenie otáčok motora treba motor vybaviť ďalším snímačom, pretože signál rýchlosti mechanizmu nie je dost' precízny na reguláciu otáčok motora.

Dnes existuje stále sa rozširujúca trieda snímačov polohy, založených na iných princípoch. Ide napr. o bezkontaktné snímače polohy typu prstenec na tyči s analógovým alebo komunikačným výstupom. Stále používané sú aj meracie potenciometre, či už rotačné alebo lineárne.

Áké sú možnosti riadenia polohovania jednosmerných pohonov z logického automatu radu SIMATIC S7-300? Najjednoduchším spôsobom je tzv. **dvojrýchlostné polohovanie**. S výhodou sa preň dá použiť **funkčný modul FM351**. Tento modul je dvojkánalový, dokáže teda riadiť nezávislé polohovanie dvoch osí. Na jednej strane modul spracováva signály zo snímačov polohy rôzneho typu (inkrementálne TTL, HTL, absolútne SSD), na druhej strane zabezpečuje vykonávanie polohovacích úloh, ktoré mu zadáva CPU SIMATIC-u. Polohovanie sa vykonáva tak, že kým je rozdiel cieľovej a skutočnej polohy väčší ako určitá hodnota, je aktivovaný logický výstup „vysoká rýchlosť“ modulu FM351. Tento logický signál dáva meniču SIMOREG povel na chod vysokou rýchlosťou. Keď rozdiel cieľovej a skutočnej polohy klesne pod túto hodnotu, je aktivovaný logický výstup „nízka rýchlosť“ modulu FM351. Tento logický signál dáva meniču SIMOREG povel na chod zníženou rýchlosťou. A nakoniec, keď rozdiel cieľovej a skutočnej polohy klesne pod druhú komparačnú úroveň, sú oba logické výstupy deaktivované a pohon sa zastavuje. Systém treba ladiť, nastavovať vhodné hodnoty vysokej a nízkej rýchlosti priamo v meniči, nastavovať komparačné úrovne a rozbehové a dobehové rampy v meniči. Jeho výhodou je najmä jednoduchosť a nízka cena, nevýhodou je nízka presnosť polohovania a nemožnosť vykonávať zložitejšie pohyby za účasti viacerých pohonov, tzv. interpolácií. Samozrejmosťou je možnosť použiť niekoľko takýchto polohovacích modulov v jednom PLC.

Druhým hlavným spôsobom riadenia polohovania je **spojitá regulácia polohy**. Všetky ďalšie opisované zariadenia pracujú na tomto princípe. Klasická a najpoužívanejšia regulačná štruktúra je tzv. kaskádové radenie regulačných slučiek. Najvyššou je regulačná slučka polohy, ktorej výstupom je žiadaná rýchlosť pohonu. Nasleduje regulátor rýchlosti, ktorého výstupom je žiadaná hodnota momentu motora (prípadne prúdu). Posledným regulátorom v kaskáde je regulátor prúdu, ktorého výstupom je žiadané napätie kotvy jednosmerného motora. Toto bezprostredne riadi spínanie tyristorov v meniči.

Polohovanie sa začína zadaním novej cieľovej polohy do systému. Na jej základe si systém dopredu vypočíta základné prvky žiadanej dráhy, pritom použije vopred zadané fyzikálne obmedzenia pohonu a mechanizmu, najmä maximálnu rýchlosť, maximálne dovolené zrýchlenie a spomalenie, požadovanú presnosť dopolohovania atď. Premennivá žiadaná hodnota okamžitej polohy, generovaná v reálnom čase, slúži ako vstupná hodnota pre regulátor polohy. Druhou vstupnou hodnotou regulátora polohy je skutočná poloha, zistená na základe merania použitým snímačom polohy. Rozdiel okamžitej žiadanej a okamžitej skutočnej polohy sa zosilní regulátorom polohy (typu P). Jeho výstupom je žiadaná hodnota rýchlosti. Skutočná hodnota rýchlosti sa vypočítava zo signálov sníma-

ča rýchlosti/polohy na motore. Rozdiel žiadanej a skutočnej rýchlosti vstupuje do regulátora rýchlosti, obvyčajne typu PI. Výstupom regulátora rýchlosti je žiadaný moment pohonu, resp. pri jednosmernom pohone bez odbudzovania často priamo žiadaný prúd. Rozdiel žiadaného a skutočného prúdu pohonu vstupuje do regulátora prúdu, obvyčajne tiež typu PI. Regulátor prúdu sa snaží riadiť výstupné napätie meniča (napätie kotvy motora) tak, aby skutočný prúd sledoval čo najvernejšie zmeny žiadaného prúdu. V tom prípade bude aj skutočná rýchlosť pohonu sledovať zmeny žiadanej rýchlosti, teda aj skutočná poloha mechanizmu bude sledovať zmeny žiadanej polohy, čo je cieľom spojitkej regulácie polohy. V moderných systémoch je opísaná regulačná štruktúra vylepšená tzv. predikčnými väzbami, ktoré zaisťujú ešte vyššiu kvalitu polohovej regulácie.

Najjednoduchším systémom, ktorý využíva už opísané princípy, je **jednoosový polohovací modul FM354**. Tento modul na jednej strane spracováva signál zo snímača polohy rôzneho typu (inkrementálny TTL, absolútny SSD), na druhej strane zabezpečuje vykonávanie polohovacích úloh, ktoré mu zadáva CPU SIMATIC. Zadaním polohovacej úlohy sa rozumie najmä zadanie cieľovej polohy, dovolenej rýchlosti polohovania a dovoleného zrýchlenia a spomalenia. Polohovací modul odbreňuje CPU od nutnosti vykonávať v reálnom čase potrebné zložité výpočty. Hlavnou časťou modulu je generátor žiadaných hodnôt a polohový regulátor. Výstup polohového regulátora sa konvertuje na analógový signál ± 10 V, ktorý je fyzickým výstupom polohovacieho modulu FM354. Tento signál sa vedie do analógového vstupu meniča SIMOREG ako signál žiadanej rýchlosti. Regulátor rýchlosti a regulátor prúdu sú už súčasťou meniča. Modul FM354 je okrem toho vybavený ešte celým radom logických vstupov a výstupov, ktorými komunikuje s meničom a širším okolím.

Jednoosový polohovací modul FM354 dokáže polohovať veľmi presne a dynamicky, je vhodný pre aplikácie, kde pohon polohuje nezávisle od druhých pohonov. Samozrejmosťou je možnosť použiť v prípade potreby aj niekoľko takýchto polohovacích modulov v jednom PLC. Nevýhodou tohto modulu je nemožnosť synchronizácie alebo interpolácie viacerých pohonov.

Funkčným analógom jednoosového modulu FM354 sú technologické karty T300 a T400. Kým FM354 je súčasťou logického automatu SIMATIC S7-300, **technologické karty T300 a T400** sú prídavné karty meniča SIMOREG, v ktorom sú aj fyzicky umiestnené. Inak sa ich funkcia dosť podobá na práve opísaný FM354. Logický automat zadáva polohovacie úlohy prostredníctvom niektorého komunikačného kanála (najčastejšie Profibus) medzi automatom a meničom. Polohovacia úloha sa v meniči odovzdáva technologickému karte, ktorej hlavnou úlohou je spracovávať signály z inkrementálneho snímača polohy, generovať žiadané hodnoty polohy, predikovanej rýchlosti a predikovaného zrýchlenia a regulovať polohu. Signály výslednej žiadanej rýchlosti a žiadaného momentu/prúdu sa odovzdávajú z technologického karty na základnú riadiacu kartu meniča prostredníctvom rýchleho kanála (dual-port RAM). (Pozn. Signál skutočnej polohy sa nemusí získať len spracovaním signálov z inkrementálneho snímača na technologickú kartu, ale aj ich spracovaním priamo na základnej riadiacej karte meniča a poslaním cez dual-port RAM. Základná karta meniča nevyhnutne potrebuje signál inkrementálneho snímača na riadenie rýchlosti.)

Technologické karty T300 a T400 sú určené najmä na nezávislé polohovanie samostatných osí, majú však široké možnosti na vzájomnú komunikáciu, je preto veľmi ľahké vytvárať systavy pohonov master/slave, kde napr. master polohuje a jeden alebo niekoľko slavov je s ním v presnom polohovom súbehu, alebo sa dajú vytvoriť elektronické prevodovky atď. Technologické karty nemajú možnosti na skutočnú interpoláciu viacerých osí. Určitou náhradou pre niektoré úlohy môže byť tzv. elektronická väčka (tabuľková synchronizácia), ktorá je do T300/T400 zaintegrovaná.

Ďalším a vyšším stupňom zariadenia na spojitú reguláciu polohy mechanizmov, ktoré môže riadiť jednosmerné pohony, je **štvorosový polohovací modul FM357-2**. Tento modul opäť spracováva signály zo snímača polohy rôzneho typu (inkrementálny TTL, absolútny SSD). Modul je určený na vykonávanie širokej škály polohovacích úloh, od jednoduchého polohovania z bodu do bodu až po zložité 4-osové interpolácie a súbehy. Bežnými aplikáciami sú napr. riadenie portálových mechanizmov, letných nožníc, transformácie súradníc atď. Úlohy polohovaciemu modulu zadáva CPU SIMATIC. Pri jednoduchých polohovacích úlohách ide napr. o zadanie cieľovej polohy, dovolenej rýchlosti polohovania a dovoleného zrýchlenia a spomalenia. Polohovací modul odbreňuje CPU od nutnosti vykonávať v reálnom čase potrebné zložité výpočty. Hlavnou časťou softvéru každej osi v module je opäť generátor žiadaných hodnôt a polohový regulátor. Výstup polohového regulátora každej osi sa konvertuje na analógový signál žiadanej rýchlosti tejto osi ± 10 V, resp. ± 3 mA, ktorý je fyzickým výstupom polohovacieho modulu FM354. Možno však využiť aj profibusový komunikačný kanál (izochrónny, ekvidistančný, ...). Ten môže prenášať nielen žiadané hodnoty rýchlosti do jednotlivých meničov, ale aj signály skutočnej polohy z meničov do FM357-2. Tým sa značne zjednodušuje kabeľáž stroja, pretože netreba zapájať signály snímačov polohy do meniča aj do FM357-2. Signál žiadanej rýchlosti, či už analógový alebo digitálny (z Profibusu), sa potom ďalej spracováva v meniči bežným spôsobom. Regulátor rýchlosti a regulátor prúdu sú už súčasťou meniča. Modul FM357-2 je okrem toho vybavený viacerými logickými vstupmi a výstupmi na spojenie s meničom, príp. so širším okolím.

Štvorosový polohovací modul FM357-2 polohuje presne a dynamicky, je použiteľný prakticky pre všetky bežné polohovacie aplikácie. Opäť je samozrejmosťou aj možnosť použiť v prípade potreby viac takýchto polohovacích modulov v jednom PLC. Nevýhodou tohto modulu je nemožnosť interpolácie viac ako 4 osí.

A nakoniec, vždy existuje možnosť použiť zo špecializovaných odmeriavacích a polohovacích modulov S7-300 len časť vyhodnotenia polohy zo signálov snímačov a ostatné funkcie – generátor žiadaných hodnôt, regulátor polohy atď. – si vytvorí samostatne ako súčasť používateľského softvéru Simatic. Výstup žiadanej rýchlosti pre menič potom môže byť analógový alebo digitálny, napr. cez Profibus. Na meranie polohy možno použiť napr. spomenutú jednotku dvojrýchlostného polohovania FM351, čítacie moduly FM350-1, FM350-2 a CM35 alebo modul SM338 POS pre absolútne snímače. Ďalšou možnosťou je použiť na meranie polohy absolútny mnohooúčkový snímač s komunikačným kanálom (najčastejšie Profibus), vtedy nie je v Simatic-u potrebná žiadna jednotka vyhodnotenia polohy, len komunikačný kanál. Ten je tam však vo väčšine prípadov už použitý.

V tomto krátkom texte som sa pokúsil jednoducho opísať možnosti polohovania systému tak, ako bol zadaný v otázke, teda pohon s jednosmerným motorom a riadenie polohovania prostredníctvom S7-300. Ak by bola otázka zadaná všeobecnejšie, bolo by možné spomenúť servopohony SIMODRIVE alebo MASTER-DRIVES MC so špeciálnymi synchronnými alebo asynchronnými servomotorami od firmy Siemens, NC riadiace systémy Sinumerik alebo Simotion, prípadne Simatic S7-400 so širokým výberom špecializovaných polohovacích modulov z radu S7 alebo S5, na dolnom konci spektra naopak jednoduchých polohovacích systémov na báze Simatic-u S7-200, meniča Micromaster a bežného asynchronného motora s inkrementálnym snímačom (tzv. MICROSET).