

KOMERČNÍ PREZENTACE

Průmyslová implementace pokročilých teplotních kompenzací

Výzkum teplotního chování obráběcích strojů a kompenzace teplotních chyb patří dlouhodobě na půdě Výzkumného centra pro strojírenskou výrobní techniku a technologii (VCSVTT) při Fakultě strojní ČVUT v Praze k jednomu z hlavních výzkumných a vývojových témat. Pozornost se zaměřuje nejen na středně velká multifunkční 3- a 5osá frézovací centra, ale také např. na víceřetenové automaty nebo v poslední době rovněž na velké těžké stroje. Nejčastěji jsou nové stroje českých výrobců osazovány řídicími systémy HEIDENHAIN a Siemens. Následující řádky pojednávají o tom, jakým způsobem lze do zmiňovaných systémů implementovat pokročilé kompenzační algoritmy teplotních chyb.

Pro implementaci softwarové teplotní kompenzace, zajišťující korekce pohybu strojních os proti smyslu vzniklých teplotních deformací (obr. 1), je nutné provést tři kroky. Nejprve získat vstupní údaje pro výpočetní algoritmus, dále provést výpočet a nakonec realizovat samotnou fyzickou kompenzaci.

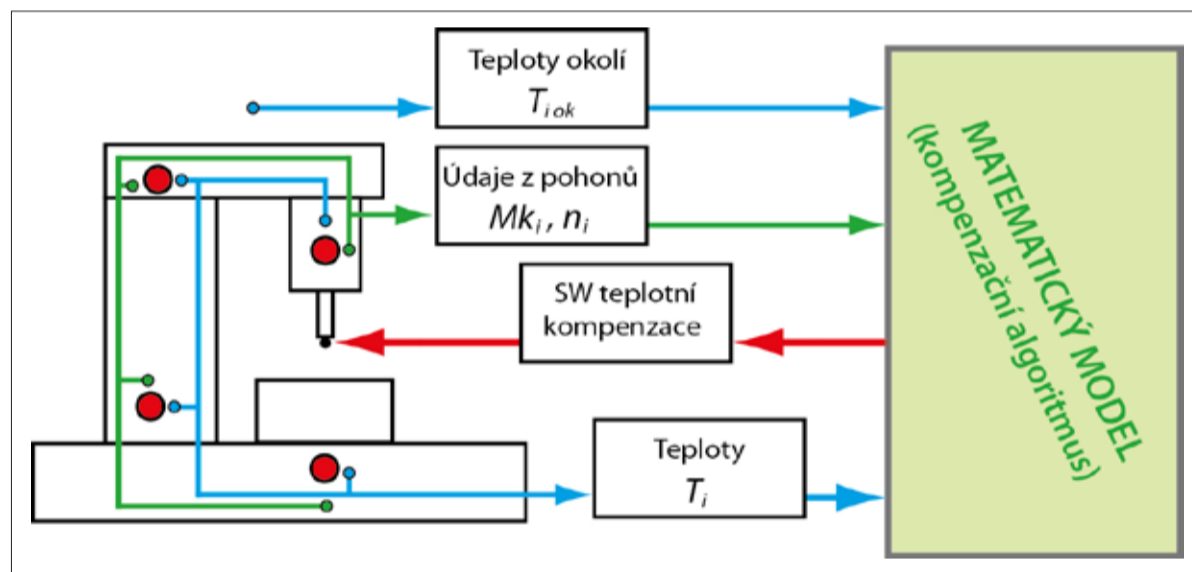
Vstupem pro model teplotních deformací jsou jednak údaje z pohonů (otáčky vřetene, hodnoty proudů procházejících vinutím motorů atd.) a dále teploty měřené v různých místech konstrukce stroje a jeho okolí, většinou v blízkosti význam-

tepla konstrukcí stroje je relativně pomalé, zjistíme, že rychlost HW není něco, co by programátora trápilo.

Jaká úskalí může implementace skrývat? Zaručit robustnost algoritmu je náročný úkol, protože na teplotní chování stroje působí řada faktorů a například výměna čerpadla chladičského okruhu nebo výměna vřetene může mít zásadní vliv. Poté je nutno provést nové kalibrační měření a na základě výsledků upravit algoritmus.

Pro identifikaci a otestování modelu teplotních kompenzací se ve VCSVTT využívá prostředí MATLAB® a Simulink®.

Další možností je implementovat kompenzace přímo v CNC systému – například do jeho strojního PLC (obr. 2). Jak PLC systémy HEIDENHAIN, tak Siemens jsou z převážné části programovány způsobem, který definuje norma IEC 61131-3. Ta specifikuje několik programovacích jazyků, přičemž nejvhodnějším pro implementaci výpočtů je jazyk ST (z anglického Structured Text), který je na první pohled podobný například jazyku Pascal. Při programování řídicích systémů je nutné ovšem brát v úvahu především bezpečnost a jakékoli upravování kódu je



Obr. 1: Princip softwarové teplotní kompenzace obráběcího stroje

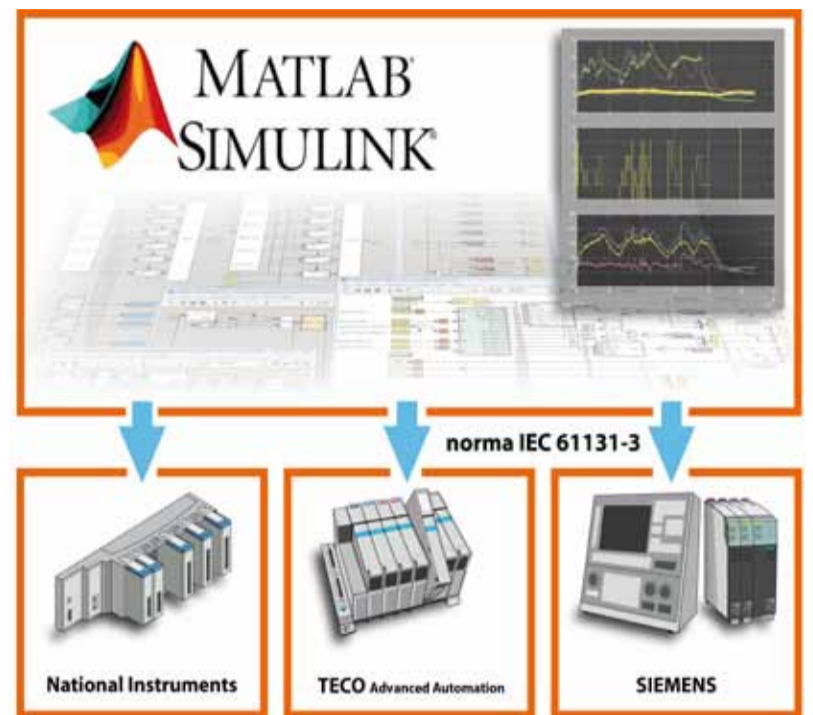
ných zdrojů a propadů tepla. Pro měření teplot je možné využít rozšiřujících analogových karet jak u řídicích systémů Siemens, tak HEIDENHAIN.

Podívejme se na samotný kompenzační algoritmus. Existuje více přístupů, jak určit hodnotu žádané kompenzace. Matematicky nejjednoduššími jsou statické polynomiální metody, na nichž jsou v současnosti běžné teplotní kompenzace strojů zpravidla založeny. Přesnější a v širokém spektru stavů teplotního zatížení strojů spolehlivější kompenzace poskytují náročnější metody na základě neuronových sítí, fuzzy logiky či přenosových funkcí. Ve VCSVTT se po testování různých kompenzačních metod zaměřil výzkum na vývoj pokročilého systému s využitím přenosových funkcí, které v kombinaci s přidáním logiky zaručují potřebnou robustnost a spolehlivost. Jasnou přednost systému přenosových funkcí oproti běžným polynomiálním metodám VCSVTT prokázalo již na řadě strojů, u nichž se dosáhlo výrazného zvýšení přesnosti.

Pro implementaci je možno představit si přenosovou funkci jako digitální filtr typu IRR, tedy funkci, která na základě numerického vstupu a vnitřních stavů (které jsou dány historií vstupů) generuje numerický výstup. Výsledky těchto funkcí jsou dále skládány v závislosti na provozním režimu kompenzovaného stroje a ve finále definují způsob, jakým se mají kompenzovat strojní osy. Počet aplikovaných funkcí pro jeden stroj se řádově pohybuje kolem jedné desítky, takže celý algoritmus je výpočetně velmi nenáročný, a když přihlídneme k tomu, že šíření

Pro prvotní implementace kompenzačních algoritmus byly nasazeny produkty společnosti National Instruments, konkrétně řídicí kontroléry CompactRIO, programované pomocí grafického programovacího jazyka LabVIEW. Toto řešení je velmi vhodné zejména k ladění a testování vyvíjeného algoritmu díky velké otevřenosti a flexibilitě softwarové architektury, nevýhodou tohoto řešení je však vysoká pořizovací cena.

zdrojem potenciálních rizik. Dalším problémem je, že kompenzace mají své nároky na paměťový prostor, který u PLC řídicích systémů není koncipován pro obdobné aplikace. Nepříjemností může být také to, že některé PLC systémy nepodporují výpočty s plovoucí desetinnou čárkou. Z těchto důvodů pak může být výhodnější použití pro výpočty prostředků CNC systému mimo oblast PLC logiky – například uživatelská makra nebo u systému



Obr. 2: Možnosti implementace pokročilých SW teplotních kompenzací pomocí přenosových funkcí, vyvíjených ve VCSVTT, do řídicích systémů obráběcích strojů

HEIDENHAIN jazyk Python. PLC kontrolér lze pak použít případně jen k manipulaci s výslednými daty, čímž se vyhneme i zmíněnému paměťovému omezení oblasti PLC. Vždy se ovšem jedná o zásah do CNC řízení, který lze implementovat na úrovni výrobce stroje, nikoliv koncového uživatele.

První průmyslová aplikace kompenzačních algoritmus z VCSVTT proběhla na stroji MMC1500 firmy KOVOSVIT MAS, který byl vybaven systémem HEIDENHAIN iTNC. Tlak na cenu ze strany výrobce vedl k tomu, že pro výpočet kompenzací se nasadilo externí PLC. K němu

obousměrně pomocí analogového rozhraní, které by mělo být u nových typů strojů nahrazeno systémem PROFIBUS DP. Jedním z důvodů pro výběr systému Foxtrot byla rovněž plná podpora normy IEC 61131-3, takže programový kód napsaný pro tento systém je možné bez větších úprav použít přímo v řídicích systémech. Dalším důvodem je také možnost využít jednotku jako datalogger pro kalibrační měření a ověřovací testy. K systému Foxtrot lze připojit různé komunikační moduly včetně modulu PROFIBUS DP. Jako rozhraní pro diagnostiku a nastavení parametrů teplotních kompenzací je využí-

135 Ústav výrobních strojů a zařízení

Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii

České vysoké učení technické v Praze

MAS KOVOSVIT MAS

Technologická agentura České republiky

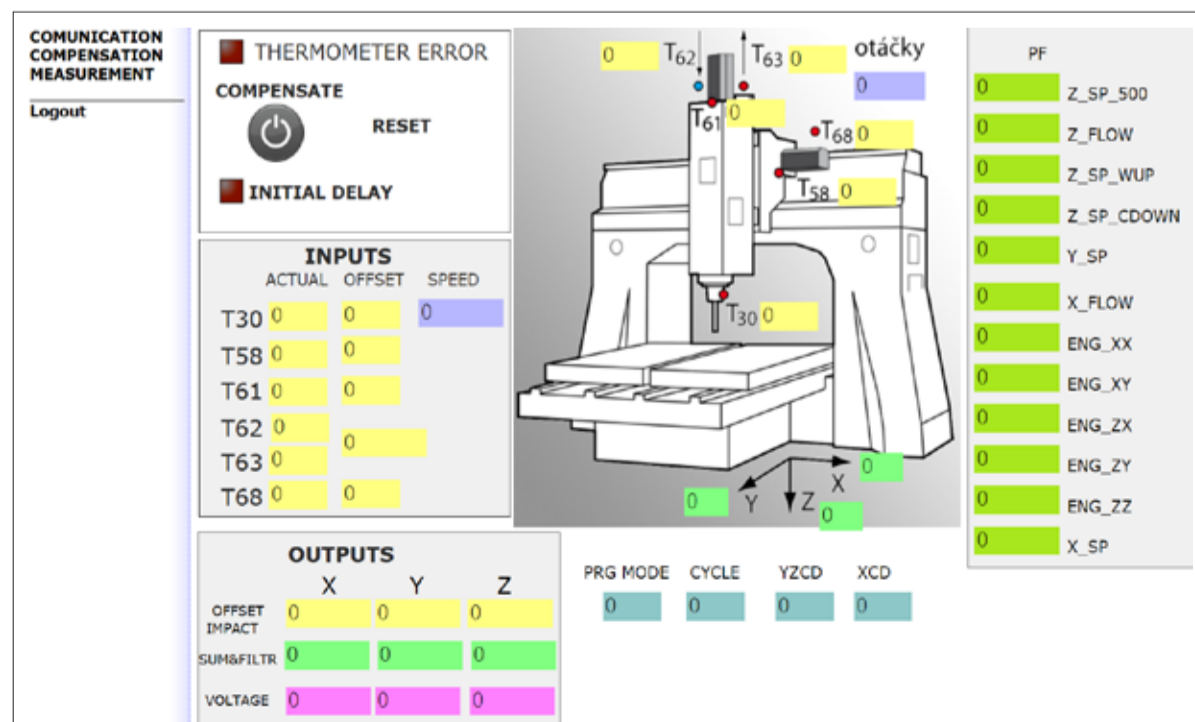
Centra kompetence

byla zároveň připojena odporová teplotní čidla.

Konkrétně se vybral modulární systém Foxtrot od české společnosti Teco. Komunikace se systémem iTNC se realizovala

ván zabudovaný webový server (obr. 3). Hlavní myšlenkou je, že jeho prostřednictvím by měl být schopen servisní technik, případně i koncový uživatel, provést kalibraci.

Volba univerzálního externího zařízení se může zdát nestandardní, nicméně přináší výhody. Především usnadňuje práci programátorům podniků, které stroje vyrábějí. Veškerá spolupráce s VCSVTT se omezuje pouze na tvorbu komunikačního rozhraní a rovněž nehrozí, že by přidání kódu ohrozilo dosavadní chod řídicího systému. Je toto řešení ovšem konečné? Mohou se v budoucnu stát tyto unikátní a plně funkční teplotní kompenzace, které byly již nasazeny na komerčně vyráběných strojích, knihovním řešením současných řídicích systémů? Vyplatí se pokusit o vývoj speciálního hardwaru, který by mohl konkurovat v oblasti kompenzací jako levnější varianta systému Foxtrot? Všechno je otázkou zájmu uživatelů, výrobců obráběcích strojů a řídicích systémů o zvyšování přesnosti výrobních strojů a zařízení.



Obr. 3: Webový server

Ing. Jakub Bureš
Ing. Otakar Horejš, Ph.D.

Článek Průmyslová implementace pokročilých teplotních kompenzací byl vytvořen s finanční podporou TA ČR (projekt TE01020075).