

Prediktivní regulátor na RTX systému



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií

Bc. Filip Procházka, Ing. Tomáš Náhlovský, Ph.D.

Abstract

Masters thesis is concerned with the realisation of chosen control structures in real time on a personal computer with operation system windows 7. In thesis there are shown possibilities of using commercial application Real-time Extension from company IntervalZero in the area of regulation, which allows the transformation of operation system to system in real time. The main goal of the thesis is to verify computing properties of today's processors, which are built in current personal computers. This will be examined mostly by predictive controls with systems with fast-paced dynamics, which requires difficult calculations in very short time (ms). For predictive control there was used the method of Dynamic matrix control, which uses step response as a model. Out of the main goals of thesis there were realized basic control structures, for author to get to know how to work with RTX. One of the goals of the thesis was portability of application between different system without a need of editing source code. Control of whole task itself is enabled by graphical interface created in Labview, which allows the possibility of choosing a specific type of regulator and set its parameters. The Communication between graphical interface and directing part of the application is running via TCP/IP protocol, which was created by using the virtual network card.

Cíl práce

Cílem této práce je ověření možnosti nasazení osobních počítačů v oblasti průmyslové regulace a to hlavně v případě soustav s rychlou dynamikou, kde je nutné provádět akční zásahy v řádech jednotkách ms. To bude prověřeno především pomocí prediktivního řízení.

Úvod

Řízení regulačních soustav pomocí osobního počítače přináší několik výhod oproti běžněji používaným metodám. Hlavní výhodou, která asi každého napadne, je výpočetní výkon, který několikanásobně převyšuje možnosti současně využívaných metod. Je tak možné dosáhnout velice nízké vzorkovací periody, a tím dosáhnout optimálnějších výsledků. To se hodí v případě systémů s rychlou dynamikou, jako je např. asynchronní motor, stejnosměrný motor, servomotor apod., kde je nutné vytvářet akční zásahy v řádech milisekund. Díky vyššímu výkonu je také možné použít složitější regulační metody, které vyžadují vyšší výpočetní náročnost. Nejen díky vyššímu výkonu, ale i tím že je možné využít softwarové programovací prostředky běžící pod Windows, je možné vytvořit sofistikovanější aplikaci, která nebude omezena funkcemi, jako to bývá v případě PLC. U těchto systémů je možno zpravidla pracovat pouze se základními funkcemi, které zaručují jeho funkčnost podle stanovených norem. Komplikuje to tak možnost implementovat složitější regulační metody na těchto systémech. To v případě RTX systému nehrozí, jelikož podporuje většinu známých funkcí jazyka C/C++. Systém reálného času na osobních počítačích také přináší vyšší možnosti pro správu dat, vizualizaci apod.

Prediktivní řízení

Prediktivní řízení funguje následujícím způsobem: V každém okamžiku vzorkování se vyhodnotí pomocí kritériální funkce dopad akčního zásahu na systém v budoucím čase (horizont řízení) a podle toho se najde co nejlepší posloupnost akčních zásahů. Predikce probíhá na určité vzdálenosti (horizont predikce). Z posloupnosti optimálních hodnot se vybere první akční zásah, nastaví se na výstup a v dalším kroku se tento proces opět opakuje. Znovu tu platí pravidlo, že čím výkonnější výpočetní jednotka, tím je možné předpovídat akční zásahy na větší vzdálenost. Výhodou prediktivního řízení, oproti ostatním regulačním strukturám, je možnost zahrnout při výpočtu akčního zásahu jistá omezení. Může se jednat např. o omezení maximálního akčního zásahu či velikosti změny akčního zásahu, ale také se může počítat s omezeními jednotlivých čidel apod.

Dynamic matrix control

K tomu, aby mohla prediktivní regulace fungovat správně, je potřeba modelu, jak samotný název model predictive control napovídá, na kterém je možné provádět predikci. Může se jednat o stavový popis systému, ale také např. o přechodovou či impulzní charakteristiku. Pro tuto

Aby bylo možné využít přechodovou charakteristiku pro predikci, je nutné získat závislost výstupu na hodnotách z přechodové charakteristiky.

Ze znalosti diskrétní přechodové charakteristiky systému ve formě vzorků $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ je možné simulovat diskrétní odezvu na libovolný vstupní signál. Je to proto, že signál může být reprezentován jako součet po sobě jdoucích vzorků, s amplitudou rovnou změně vstupního signálu. S využitím principu superpozice je možné poté psát pro jednotlivé vzorky výstupního signálu:

$$y(1) = y(0) + s_1 \Delta u(0) \quad (1)$$

$$y(2) = y(0) + s_2 \Delta u(0) + s_1 \Delta u(1) \quad (2)$$

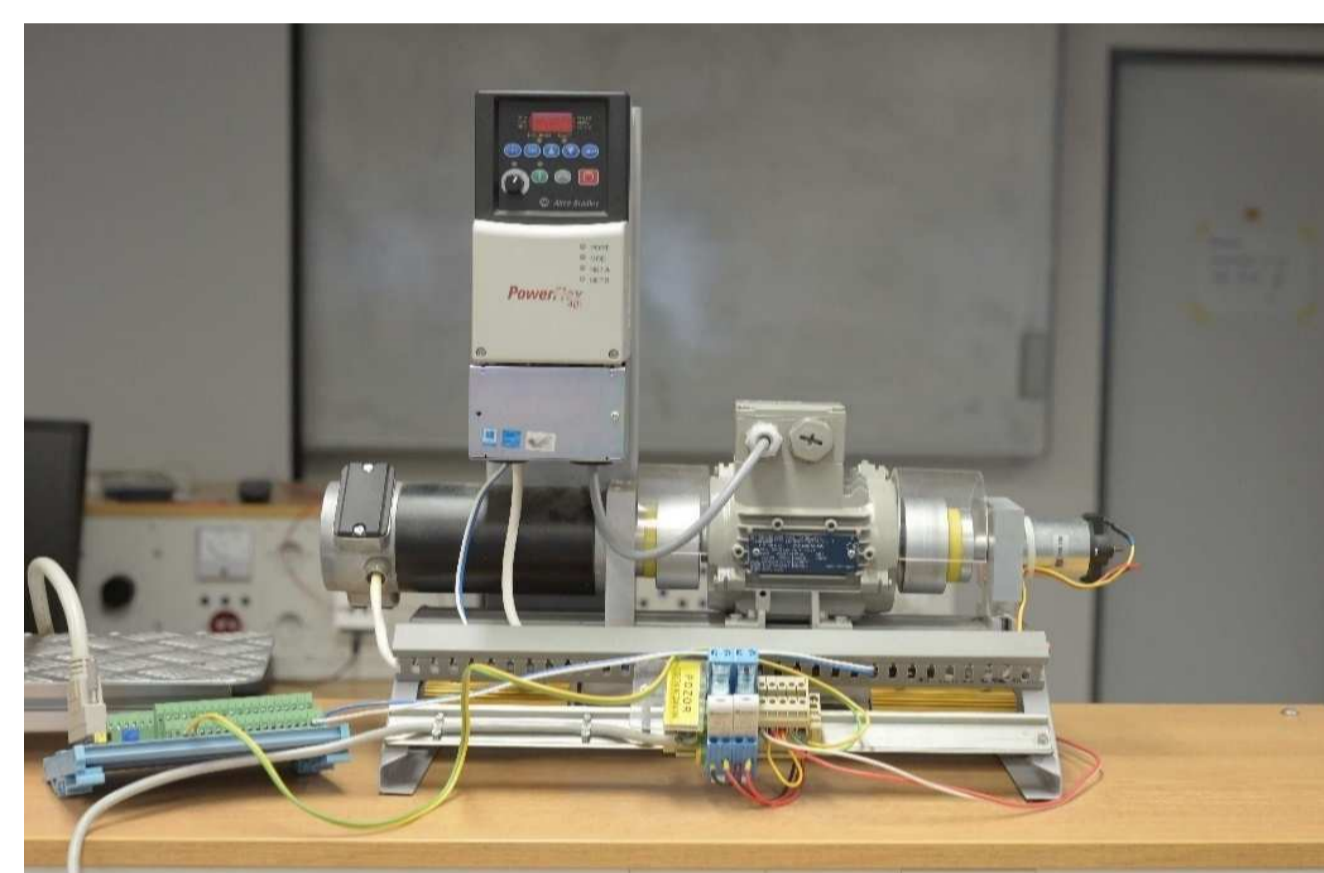
Z těchto rovnic poté není určit obecný vzorec pro libovolné y :

$$y(k+p) = y(0) + \sum_{j=1}^{k+p} s_j \Delta u(k+p-j) \quad (3)$$

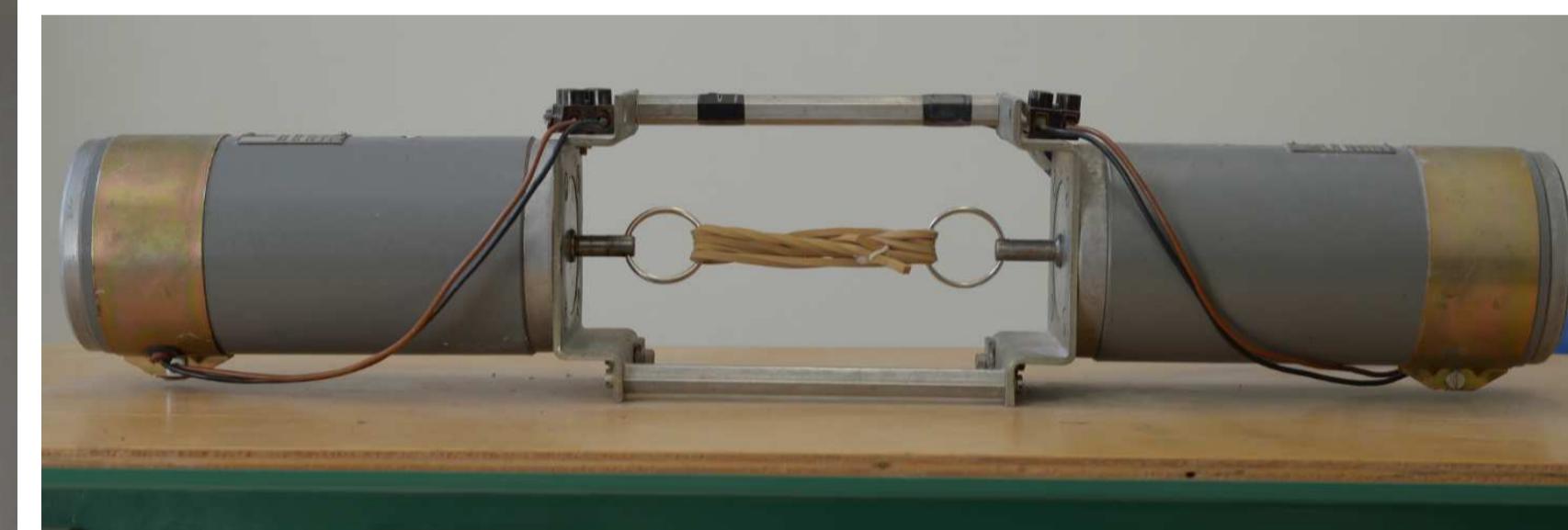
Tento vztah je základem pro odvození predikčních rovnic DMC algoritmu.

Použité laboratorní úlohy

Jako první soustava byl vybrán asynchronní motor, který je umístěn v laboratoři EL2 (obr. 1). Motor nese označení 1LA7053-2AA10-Z. Maximální otáčky jsou 2800 ot/min. V laboratoři je motor zapojen na napětí 230 V. Motor je řízen frekvenčním měničem, který je ovládán multifunkční kartou připojenou k počítači. Druhá testovací soustava je umístěna v učebně TK4. Jedná se o dva motory, kde jeden funguje jako pohon a druhý jako tachodynamo (obr. 2). Jde o stejnosměrné motory s permanentními magnety. Maximální otáčky jsou potom 2000 ot/min. Řídící napětí je upraveno na napětí multifunkční karty a to na 0-10 V, stejně tak i výstupní napětí tachodynamu.

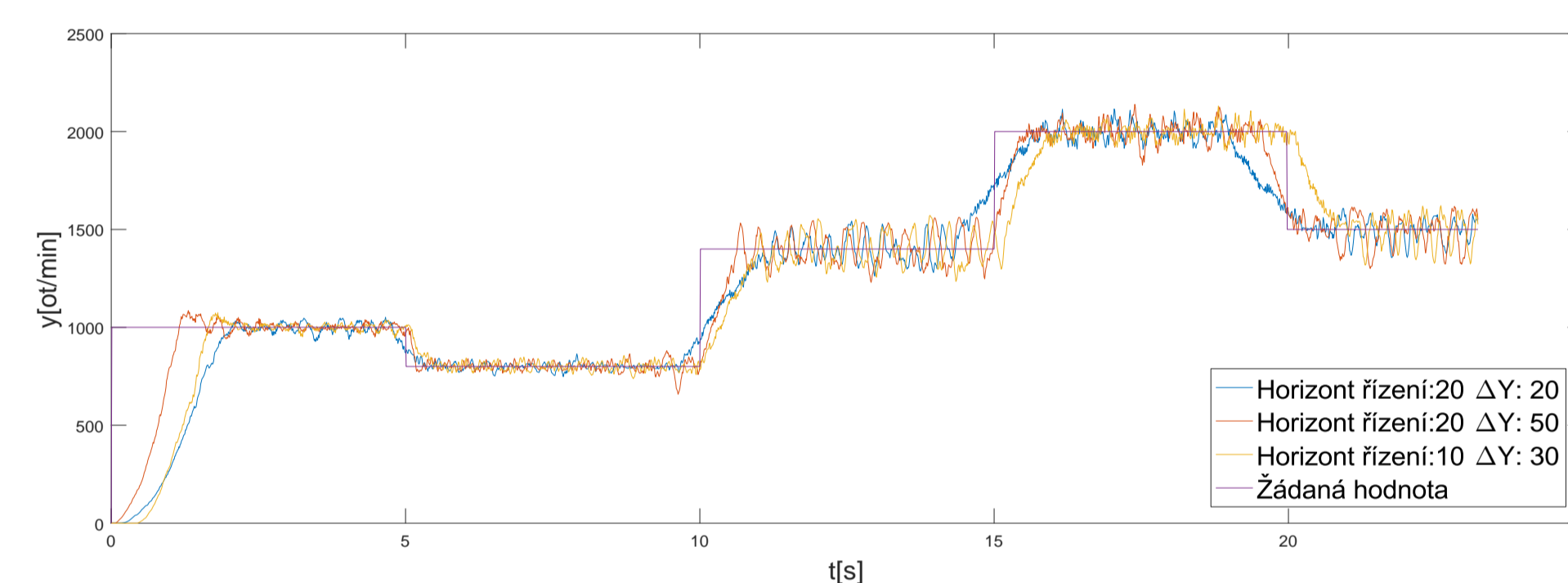


Obrázek 1: Asynchronní motor s FM měničem

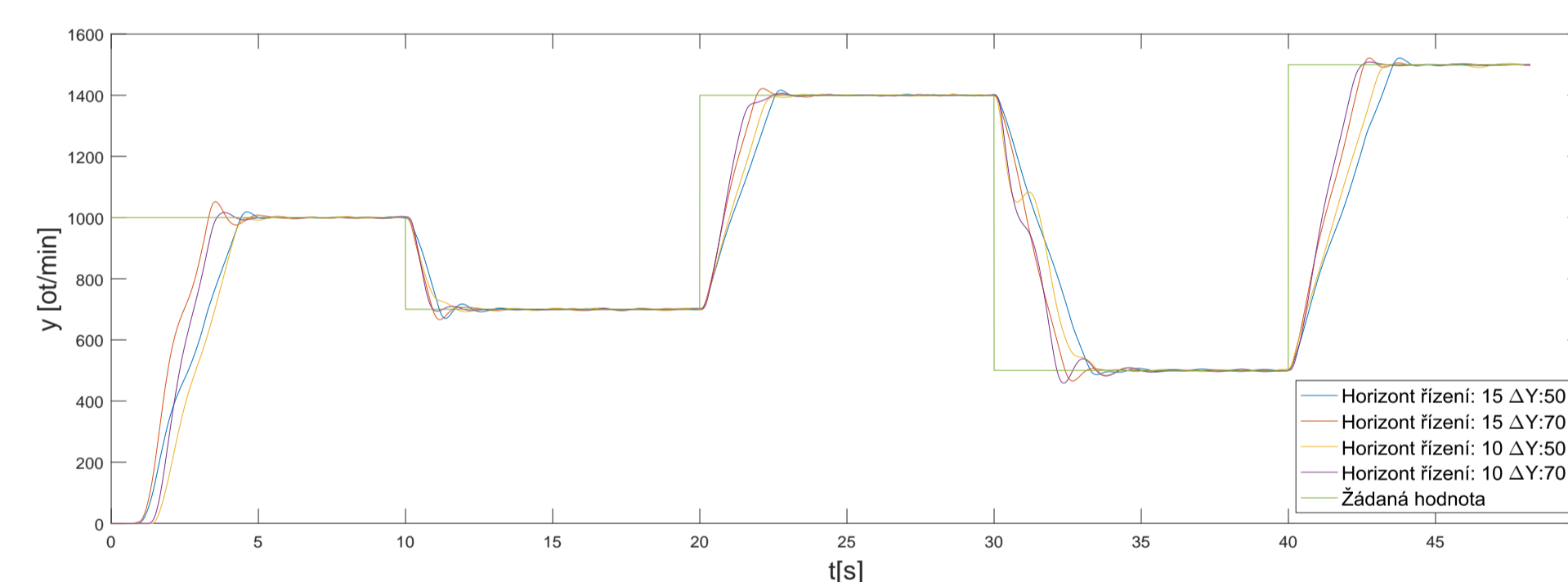


Obrázek 2: Stejnosměrný motor s pružnou vazbou

Naměřená data



Graf 1: Průběh prediktivní regulace u asynchronního motoru



Graf 2: Průběh prediktivní regulace u ss motoru s pružnou vazbou

Závěr

Hlavním cílem práce bylo ověření realizace prediktivního řízení u systémů s rychlou dynamikou. Využita k tomu byla nadstavba Real-time Extension od firmy IntervalZero, která umožňuje přetransformovat operační systém Windows na systém reálného času. Vedlejším cílem bylo také vytvořit lehce přenositelnou aplikaci, která bude fungovat na více soustavách bez složitějších úprav. K otestování funkčnosti sloužily dvě soustavy: asynchronní motor s frekvenčním měničem a motor s pružnou vazbou. Druhá soustava není příliš rychlá, ale je zato nutné počítat s rozsáhlejšími maticemi a vektory. Prediktivní řízení se podařilo realizovat se vzorkovací periodou 10 ms, což bylo pod očekávání autora, který předpokládal, že by bylo možné docílit vzorkovací periody pod 5 ms, a to především u asynchronního motoru. To by se povedlo pravděpodobně při použití rychlejší soustavy popsané rovnicí 1. řádu (obyčejný elektromotor), která by obsahovala menší matice a vektory pro výpočet predikce. Nejpomalejší částí aplikace pro výpočet akčního zásahu byla optimalizace pomocí knihovny qpOASES, která řeší kvadratický problém. Tato část zabere přibližně 80 % výpočetního času, především pokud se jedná o složitější numerický úlohu, která se objevuje zejména při změně žádané hodnoty. Při ustálené hodnotě je již výpočet velmi rychlý. Bylo by možné výpočet urychlit snížením provedených iterací při minimalizaci funkce. To by ale mělo za následek nedodržení nastavených podmínek. Dosažení nižší vzorkovací periody by bylo také možné docílit, kdyby se povedlo zprovoznit specializované matematické knihovny, které by umožnily rychlejší násobení matic, což se bohužel nepovedlo. I přes tyto nedostatky jsou dosažené časy velmi dobré, a to hlavně u stejnosměrného motoru s pružnou vazbou, kde se počítá s většími maticemi. Při měření v reálném čase byla testována samotná funkčnost RTX nadstavby zatížením jádra Windows složitým výpočtem, který vytížil procesory běžící pod operačním systémem Windows na 100 %. Ověřila se tak skutečnost, že aplikace běžící pod RTX systémem není nijak ovlivněna aplikacemi běžící mimo tento systém.

Reference

- [1] TATJEWSKI, Piotr: Advanced control of industrial processes: structures and algorithms. Springer, London 2007. ISBN 978-1-84628-634-6.

Kontakt

Filip Procházka email: filip.proch@seznam.cz

Tato práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže (SGS) na Technické univerzitě v Liberci v roce 2016