

OVĚŘOVÁNÍ ŘÍDICÍCH PROGRAMŮ PRO PLC SE SIMULACÍ PROCESU V REÁLNÉM ČASE

Petr Horáček, Radek Šindelář, Zdeněk Vlček

Trnkova laboratoř automatického řízení
Katedra řídicí techniky, Fakulta elektrotechnická ČVUT Praha

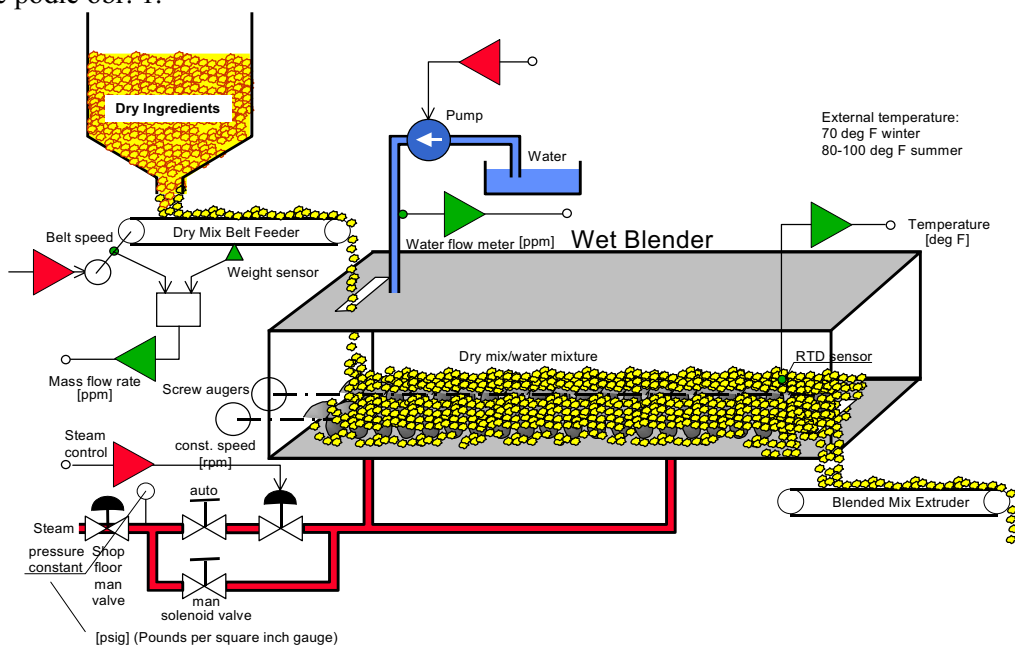
Abstrakt: Příspěvek se zabývá využitím prostředí MATLAB/SIMULINK pro časově i finančně efektivní vývoj a ověření správné funkce řídicího algoritmu určeného pro programovatelný logický automat Rockwell Automation PLC5. Řídicí program je implementován na PLC, řízený proces je před připojením k reálné technologii simulován z bezpečnostních důvodů na PC v SIMULINKu. Komunikace mezi PLC a simulačním modelem je řešena přes DDE a LAN DH+. Synchronizace simulačního modelu s reálným časem PLC je řešena funkcemi Real-Time Toolboxu.

1. Úvod

Programovatelné logické automaty (PLC) jsou velmi rozšířeny v průmyslových řídicích systémech. Funkce řídicího programu technologického procesu je často velmi komplikovaná a její ověření je zdoluhavé, zejména je-li řídicí program realizován v žebříčkové logice. Průkazně ověřit funkci řídicího programu pak znamená spustit jej na cílovém PLC řídicím skutečný proces. V mnoha případech však právě tento způsob ověření funkce není přípustný, neboť například nelze experimentovat na skutečném procesu z hlediska dodržení bezpečnostních předpisů či dodržení kvality výroby. Navržený řídicí systém není možné zkoušet a ladit na zařízení, protože by to znamenalo ztráty způsobené dočasným zastavením provozu nebo poškozením zařízení způsobené špatným návrhem. Celý řídicí program je nutné vyzkoušet na skutečném PLC i z toho důvodu, že je potřeba sladit jednotlivé části programu, z nichž každá byla vytvořena v jiném prostředí. Jednou z možností je simulovat kompletní řídicí program v prostředí MATLAB/SIMULINK. Pak se však připravíme o možnost ověřit skutečný kód a funkci PLC. Druhou, zde prezentovanou variantou, je simulovat pouze řízený proces. Příspěvek seznamuje se zkušenostmi získanými při návrhu a ladění algoritmu regulace teploty v procesu mokrého míchání v potravinářském průmyslu, kdy nebylo možné experimentovat na skutečném procesu a současně bylo nutné ověřovat funkci programu na PLC. Bude předveden způsob komunikace mezi PLC a PC se simulačním modelem procesu v SIMULINKu v reálném čase.

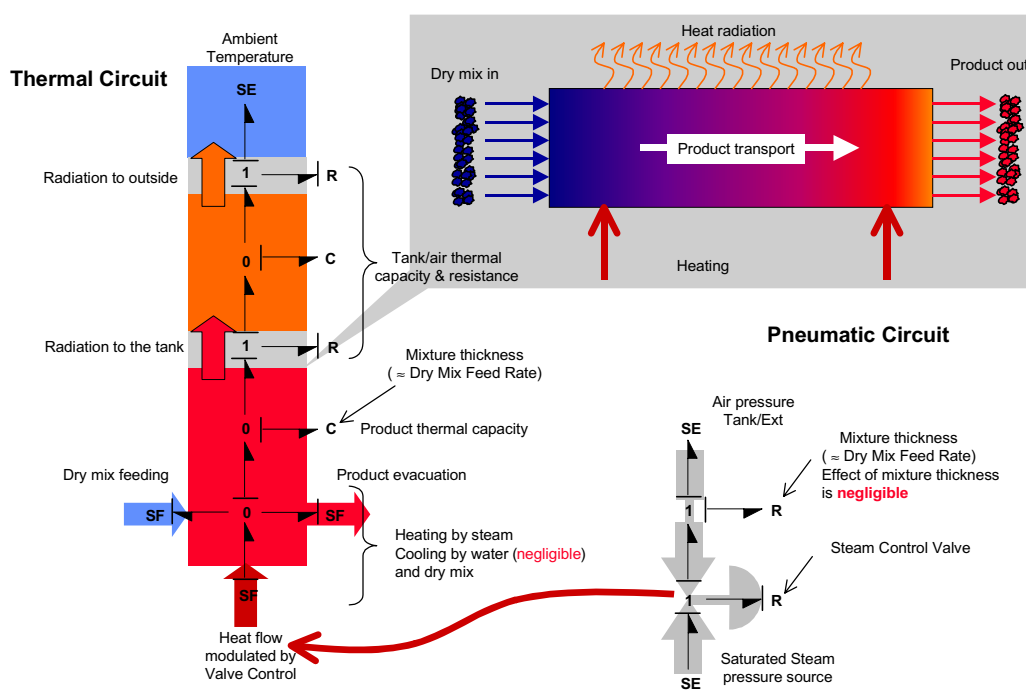
2. Popis úlohy a zvoleného řešení

Technologie, pro kterou je vyvíjen algoritmus regulace, sestává z míchače, dávkovače suché potravinářské směsi do míchače, dávkovače vody a parního vyhříváním vlhčené směsi v prostoru míchače podle obr. 1.



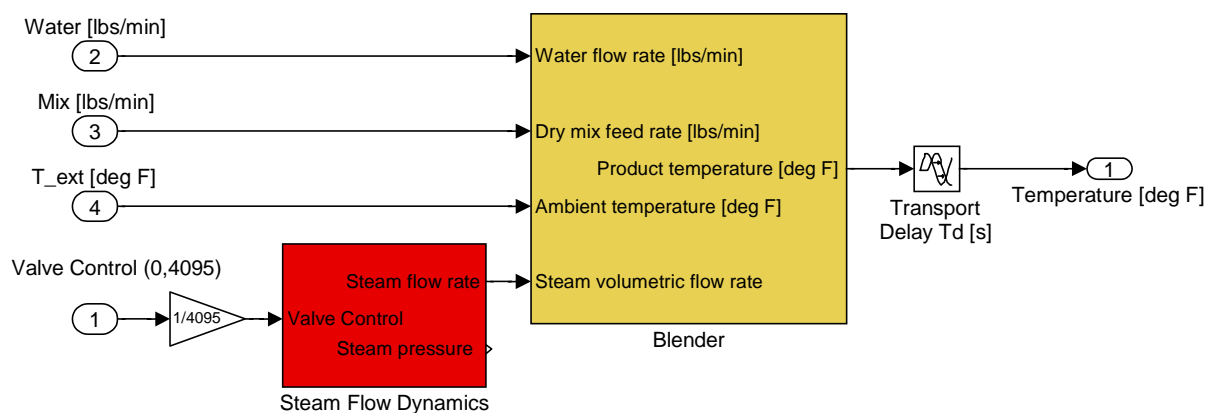
Obr. 1 Principiální schéma technologie tepelného zpracování

Receptura pro tepelné zpracování vlhčené směsi předepisuje konstantní hmotnostní přítok vody, hmotnostní přítok suché směsi a též teplotu v jisté toleranci. Technologie je řízena automatem PLC5, kde je uložena receptura, kde běží řídicí program regulace vody, suché směsi a teploty. Regulace vody a suché směsi není problémem a je řešena běžnou PI regulací. Pro regulaci teploty mokré směsi je však standardní PI regulátor nefunkční. Příčin je několik. Především je regulovaný proces silně nelineární a konstantní nastavení parametrů lineárního regulátoru nemůže pokrýt široké spektrum pracovních bodů definované různými recepturami. Dalším problémem je značné dopravní zpoždění mezi změnou akční veličiny, polohy regulačního ventilu tlaku nasycené páry pro ohřev, a změnou teploty produktu v místě měření. Řešením je nelineární regulátor se základní architekturou jednoduchého PI regulátoru s přímou nelineární vazbou na výstup od žádané teploty, nelineárním přestavováním konstant PI regulátoru a podmíněně řízenou integrační složkou. Nelineární mapy pro supervizi PI regulátoru jsou funkce více proměnných a z PI regulátoru se tak stává MISO regulátor. Návrh a naladění supervize PI regulátoru vyžaduje podrobnou analýzu dynamických a statických vlastností procesu a jeho simulační model. Modelování je založeno na přibližné představě o šíření tepla v míchači včetně obvodu páry podle obr. 2.

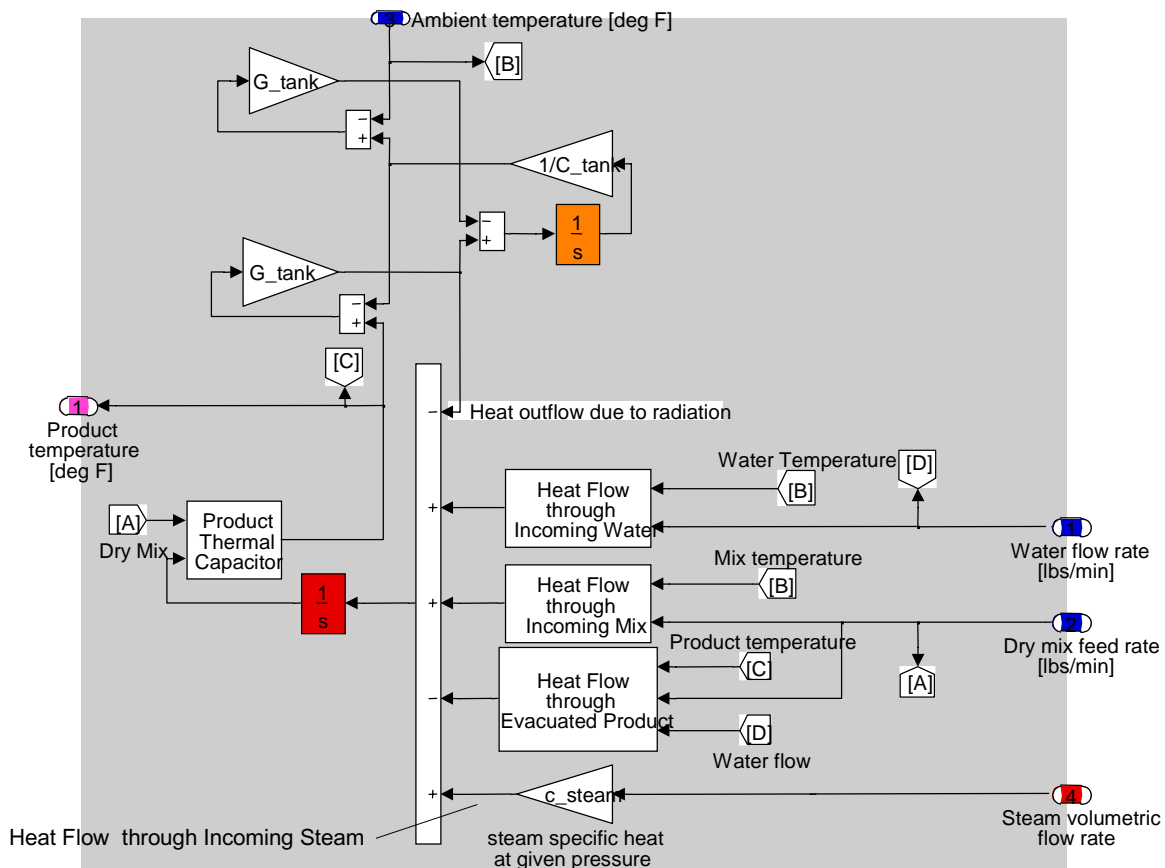


Obr. 2 Modelování obvodu přívodu páry a tepelného procesu

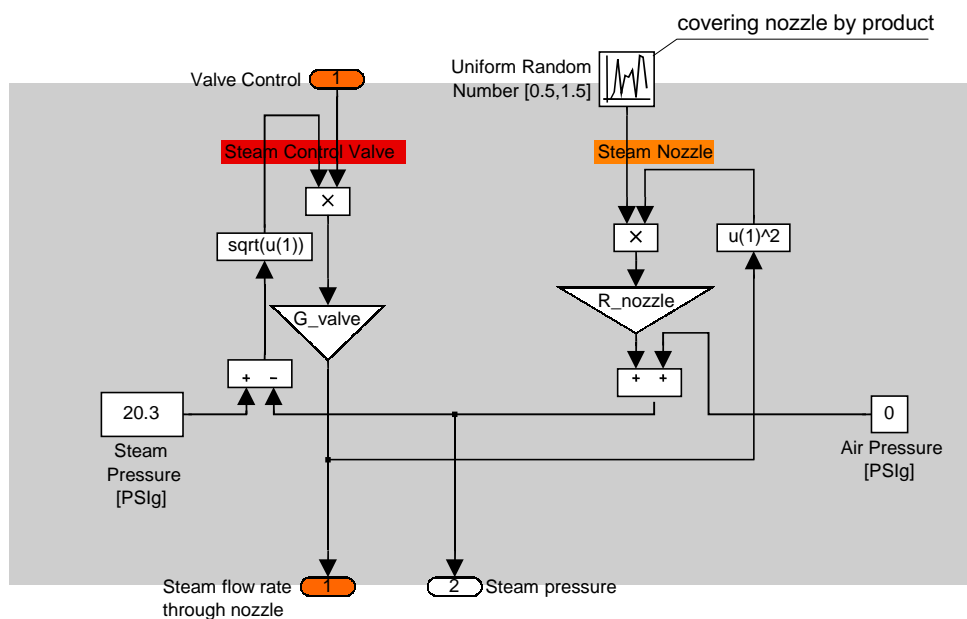
Výsledkem fáze modelování a identifikace je empirický model procesu s blokovým schématem podle obr. 3, obr. 4 a obr. 5.



Obr. 3 Blokové simulační schéma regulovaného procesu



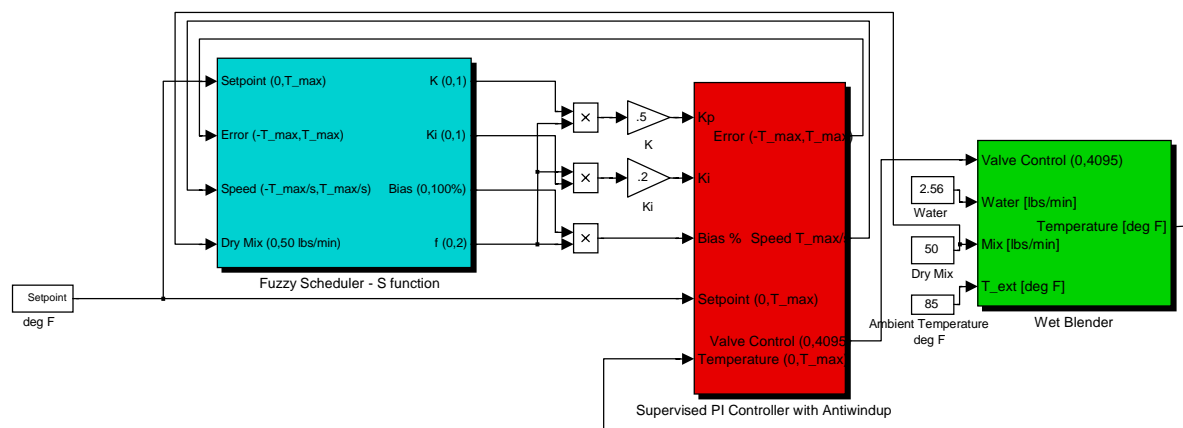
Obr. 4 Stavové simulační schéma tepelného obvodu



Obr. 5 Simulační schéma obvodu přivodu páry

Pro návrh supervizoru PI regulátoru byl jako prostředek zvolen ABFlexTM, prostředí pro návrh a implementaci fuzzy modelů a fuzzy regulátorů. ABFlexTM generuje též M-funkce, S-funkce a DDE linky jako bloky použitelné jako funkční bloky v simulačním modelu. Model procesu implementovaný v SIMULINKu byl spolu s algoritmem regulace, obsahujícím PI regulátor s fuzzy supervizorem, ověřen a nastaven na PC v off-line režimu podle obr. 6.

Controller Sampling = 30s

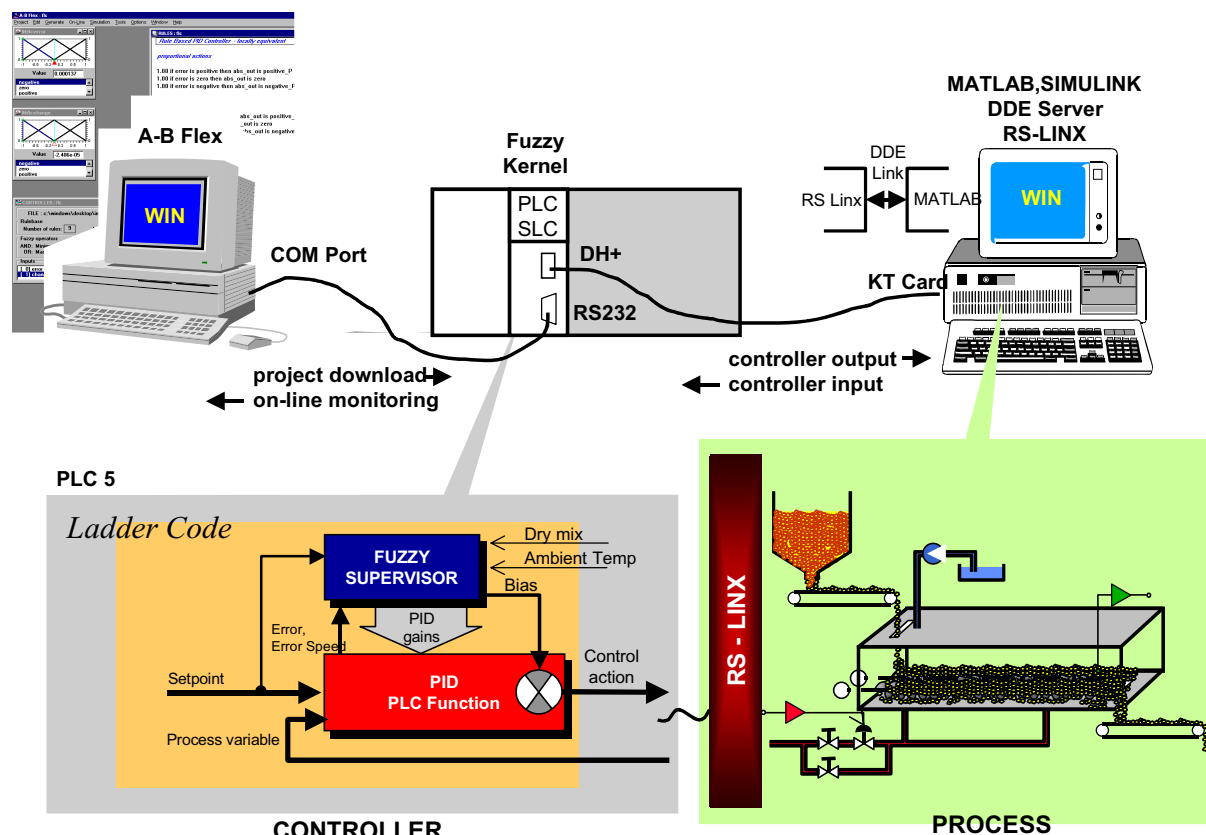


Obr. 6 Blokové simulační schéma pro ověření algoritmu PI regulace s fuzzy supervizí

Jako průkazný test funkčnosti navrženého řešení však simulace řídicího kódu nepostačuje. Není ověřeno časování a hlavně funkce celého řídicího kódu, z něhož vložená regulace teploty tvoří jen nepatrnou část. Simulace řídicího programu tak musela být nahrazená reálný kódem běžícím na cílové stanici, programovatelném automatu PLC5. Výsledná konfigurace testovacího pracoviště kódu řídicího programu je na obr. 7.

3. Testovací pracoviště

Žebříčková logika řídicího programu technologie je vytvořena v prostředí RSLogix^{5™}. Pro regulátor teploty je použita standardní PID instrukce automatu PLC5, která má možnost externího zadávání parametrů PID regulátoru včetně nezávislé aditivní složky výstupu, použité zde ve funkci feedforwardu.



Obr. 7 Zapojení testovacího pracoviště pro ověření řídicího kódu

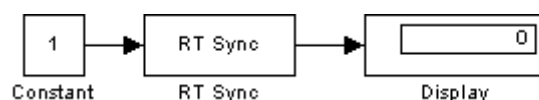
Feedforward (bias), a parametry PID regulátoru jsou zadávány z bloku supervizoru navrženého v prostředí ABFlexTM. Supervizor je implementován jako fuzzy jádro v žebříčkové logice a je parametrizován z prostředí ABFlexu. Model řízeného procesu v SIMULINKu je spuštěn na samostatném PC. Obě zařízení, PC a PLC5, spolu komunikují pomocí protokolu Dynamic Data Exchange (DDE), přes program RSLinxTM od firmy Rockwell Software a komunikační sériové rozhraní DH+. RSLinxTM je programové prostředí zabezpečující komunikaci mezi aplikačními programy spouštěnými na PC a automatizačními zařízeními, např. PLC. DH+, Data Highway Plus, je lokální průmyslová síť, připojená přes 1784-PCM PCMCIA kartu na PC. Matlab obsahuje funkce, které umožňují komunikovat s okolím prostřednictvím protokolu DDE. DDE je komunikační protokol pracující způsobem klient/server. Jako DDE server slouží program RSLinxTM, který podporuje komunikaci pomocí DDE mezi aplikačními programy spuštěnými na PC a run-time kódem na PLC prostřednictvím LAN DH+. Matlab i PLC se k RSLinx chovají jako klienti. Funkce pro zasílání a přijímání dat z DDE serveru jsou volány v Matlabu z S-funkce. Celkové uspořádání je na obr. 7.

4. Synchronizace časové osy mezi PC a PLC

Spuštění simulačního modelu bez zajištěné synchronizace simulačního a reálného času způsobí, že dynamika simulovaného procesu nebude z pohledu PLC, které je s reálným časem synchronizováno, v pořádku. Čas v modelu pobeží zpravidla rychleji než čas reálný. Problémem je zajištění chodu simulačního procesu v reálném čase. To je možné udělat dvěma, dále popsány způsoby.

4.1 Synchronizační funkce Real Time Toolboxu pro Matlab

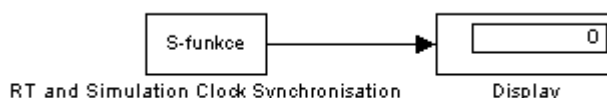
Je-li k dispozici Real time toolbox pro Matlab [1] od firmy Humusoft je situace velmi jednoduchá. Přidáme-li do simulačního schématu blok z Real Time toolboxu, potom se simulační čas automaticky odvíjí od reálného času. Za tímto účelem se použije blok RT Sync, který je určen pro synchronizaci času simulace a reálného času. Na obr. 8 je skupina bloků, kterou je potřeba přidat do simulačního schématu.



Obr. 8 Synchronizační blok při použití RT toolboxu

4.2 Synchronizace pomocí S-funkce

V případě, že není RT toolbox pro Matlab k dispozici, je možné provést zpomalení času simulace pomocí S-funkce. S-funkce vykoná předdefinovanou funkci v okamžiku, kdy je příznak běhu simulačního programu FLAG nastaven na nějakou hodnotu. Pro účely zpomalení chodu celého simulačního procesu je potřeba v okamžiku nastavení příznaku FLAG na hodnotu 2, tzn. došlo k vývoji systému a byl spočítán nový stav systému, pozastavit chod simulačního procesu do té doby, než skutečný čas dosáhne stejného stavu jako čas simulační. To lze zajistit smyčkou v těle volané funkce, která čeká na „naplnění“ času. Po skončení smyčky pokračuje S-funkce dále.



Obr. 9 Synchronizace při použití S-funkce

5. Závěr

Testovací pracoviště, pracující na principu „Hardware in the Loop Simulation“, umožnilo časově efektivní návrh, ladění a ověření komplexního kódu řídicího systému pro technologii mokrého míchání v potravinářském průmyslu. Byla tak úspěšně vyřešena úloha návrhu stabilní a přesné regulace teploty nelineárního procesu s uvažováním vlivů poruchových veličin a eliminace vlivu dopravního zpoždění. Algoritmus byl s minimálními nároky na další doladění uveden do provozu v potravinářském závodě firmy Quaker Oats, Danville, Illinois, USA, v září 1999 během jediného dne.

Poděkování

Autoři děkují pracovníkům Výzkumného střediska Rockwell Automation v Praze a Prof. Ing. Vladimíru Maříkovi, DrSc. z ČVUT FEL za mimořádnou podporu projektu, poskytnutí techniky a programového vybavení použitého k řešení.

Vývojové práce byly částečně podpořeny grantem MŠMT v rámci projektu VS 97-034.

Literatura

- [1] Real Time Toolbox for use with Matlab - User manual, Humusoft s.r.o.
- [2] Simulink - User manual, Mathworks Inc.
- [3] ABFlex version 2.5 user manual, Rockwell Automation
- [4] Allen-Bradley Automation Systems. Rockwell Automation, Rockwell International Corporation, Publication B112, 1997

Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Petr Horáček, CSc.

Katedra řídicí techniky, FEL ČVUT Praha, Karlovo nám, 13, 121 35 Praha 2

tel: 02 2435 7343

fax: 02 29 01 59

e-mail: horacek@control.felk.cvut.cz

www: <http://dce.felk.cvut.cz/pub/cp1250/People/horacek.htm>