

APLIKÁCIA MIKROPOČÍTAČA SM 50/40-1 V RIADENÍ VYBRATÝCH TECHNOLOGICKÝCH UZLOV VÝROBY ČOKOLÁDOVÝCH ZMESÍ

Ing. Milan Gábik, Ing. Miroslav Kunsch

1. Okolnosti vytvorenia riadiaceho systému

Závod na výrobu čokoládových výrobkov na východnom Slovensku plánoval na konci 80-tych rokov rekonštrukciu svojich prevádzok. Po vyhlásení nových ekonomických podmienok a hlavne požiadavky na samofinancovanie všetkých rekonštrukcií sa predstavy závodu na rekonštrukciu výrazne zmenili. Namiesto nákupu nových technológií sa zámer rekonštrukcie zmenil na maximálne využitie stávajúcich technologických zariadení a na optimalizáciu technológií pre dosiahnutie vyššej produktivity prevádzky.

Cesta maximálnej úspornosti sa presadila i pri výbere dodávateľa tejto minimalizovanej rekonštrukcie, keď namiesto investične náročných profesionálnych dodávateľských organizácií si odberateľ vybral na realizáciu malý riešiteľský tím z VÚVT Žilina, ktorý bol (musel byť) ochotný realizovať aj takýto minimalizovaný projekt.

2. Popis východiskovej technológie

Pre realizáciu si odberateľ vybral pre neho kľúčové technologické uzly prevádzky výroby čokoládovej zmesi, ktorá sa potom buď predávala jednotlivým veľkoodberateľom alebo sa využívala v ďalších prevádzkach, realizujúcich finálne výrobky. Prevádzka obsahovala tieto hlavné technologické uzly:

- Praženie kakaových bôbov v pražiarni, lisovanie kakaového masla z kakaových bôbov, mletie sušiny z vylisovaných kakaových bôbov a homogenizovanie sušiny budúcej čokoládovej zmesi (pozostávajúcej z pomletej sušiny z kakaových bôbov a ďalších prímiesí v hnetačoch (mixéroch). Presné zloženie jednotlivých prímiesí bolo určené v príslušnej receptúre čokoládovej zmesi.
- Konžovanie budúcej čokoládovej zmesi v otáčajúcich sa konžovacích bubnoch za definovanej teploty a neustáleho premiešavania tejto zmesi miešačmi. Jedna vsádzka sušiny vážila cca 250 kg a doba konžovania trvala podľa jednotlivých receptúr 8 až 12 hodín.
- Dotukovávanie budúcej čokoládovej zmesi v procese konžovania podľa požiadaviek príslušnej receptúry sa robila troma rôznymi tukovými zložkami:
 - kakaové maslo,
 - ILLEXAO,
 - stužený pokrmový tuk

a to buď iba jednou touto zložkou alebo kombináciami týchto zložiek opäť podľa požiadavky príslušnej receptúry. Jedna tuková dávka sa pohybovala okolo 50 kg a musela byť z jednotlivých zložiek presne navážená s výslednou presnosťou lepšou ako 0,5 %. Tuková zložka musela byť premiestnená do konžovacích bubnov v presnom čase, stanovenom v príslušnej receptúre.

- Váženie a balenie varovej čokolády, ktoré sa pôvodne robilo ručne naberáčkami čokoládovej zmesi po ukončení konžovania a vypustení. Táto zmes sa navažovala presnými váhami (opäť presnosť váženia sa vyžadovala lepšia ako 0,5%) na štandardnú hmotnosť 15 kg do potravinárskych prepraviek vyplnených baliacim papierom. Balenie sa dokončovalo po vychladnutí a stuhnutí obsahu krabíc. Po vychladení a zabalení jednotlivé balíky postupovali do skladu hotovej výroby.

Pôvodná doba spracovania cca 300 kg čokolády jednej dávky trvala takmer celú pracovnú dobu.

Z hore uvedeného opisu vidieť, že jednotlivé procesy boli autonómne, s ručným ovládaním a ručným nastavovaním všetkých parametrov jednotlivých procesov, pôvodne len s malým podielom automatického riadenia.

3. Konceptia riešenia

Zvolená koncepcia riešenia musela zohľadňovať investičné možnosti zadávateľa a technické požiadavky jednotlivých technologických postupov. Celá technologická schéma preto zostala zachovaná a riešiteľ v spolupráci so zadávateľom do technologických zariadení doplnil tieto zariadenia:

- tri vyhrievané veľkokapacitné zásobníky tukových zložiek v tekutom stave. Zásobníky boli vybavené elektricky ovládanými trojstavovými ventilmi so stavmi:
 - zatvorený,
 - naplno otvorený (plný prietok) – počas prvých cca 95% požadovaného prietoku tukovej zložky,
 - čiastočne otvorený (jemný prietok – počas posledných cca 5% požadovaného prietoku tukovej zložky)
- výtok z vážiaceho zásobníka tukovej zložky, do ktorého vtekali jednotlivé tukové zložky, bol doplnený o elektricky ovládané čerpadlo, ktoré cez vyhrievané potrubia privádzalo tukovú zložku do jednotlivých konžovacích bubnov
- výtoky z jednotlivých konžovacích bubnov boli doplnené elektricky ovládanými čerpadlami, ktoré privádzali tekutú čokoládovú zmes do nových priestorov váženia a balenia, kde bolo umiestnené nové zariadenie pre dávkovanie a navažovanie čokolády do 15 kg blokov, ktoré skonštruovali a vyrobili pracovníci objednávateľa.
- požadovaná presnosť váženia bol realizovaná tak, že pôvodné presné potravinárske váhy na váženie tukovej zložky (cca 50 kg dávky) a na váženie jednotlivých dávok hotových výrobkov (15 kg balíky čokolády) boli doplnené o inkrementálne rotačné čidlá IRČ, ktoré prevádzali ich vizuálny výstup (natočenie ručičky) na digitálny údaj – počet impulzov, ktorý sa potom spracovával v zákazníckom integrovanom obvode (PZIO) MHB 207, ktorý bol súčasťou mikropočítačového riadiaceho systému
- mikropočítačový riadiaci systém na báze mikropočítača SM 50/40-1 v kazetovom prevedení, ktorý bol nakonfigurovaný podľa požiadaviek na riadiaci systém.

4. Technické vybavenie riadiaceho systému

Základom technického vybavenia riadiaceho systému bol mikropočítačový systém SM 50/40-1 v nasledovnej konfigurácii:

- modul centrálného procesora SM 2138 (CPU 8080 2 MHz bez osadenej pamäti RAM a EPROM)
- modul pamäti CMOS RAM 16 KB so zálohovaním na 72 hodín
- modul pamäti EPROM 48 KB
- zákaznícky modul obsahujúci:
 - PZIO MHB 207 pre pripojenie výstupov z IRČ z dvoch váh (tretí vstup bol voľný),
 - rozšírený prerušovací systém s IO 8259A,
 - prídavný programovateľný sériový kanál IRPS s IO 8251 a 8253
 - a prídavný paralelný programovateľný kanál s IO 8255

- galvanické oddelenie diskretných vstupov a prerušovacích vstupov z prostredia a diskretných výstupov do prostredia,
- kazeta pre 5 modulov so zdrojom a ventiláciou
- videoterminály CM 1601 cez IRPS - 2 ks
- mozaiková tlačiareň (Consul CM 6303) cez IRPR 8 - 1 ks

Oba videoterminály boli navzájom zastupiteľné. Cez ľubovoľný videoterminál sa mohol do systému nalogovať cez svoje meno a heslo ktorýkoľvek oprávnený operátor.



Obrázok 1. Kazetové prevedenie mikropočítača SM 50/40-1 používané pre riadenie technologických procesov

5. Programové vybavenie riadiaceho systému

Základom programového vybavenia riadiaceho systému bola Exekutíva reálneho času ERČ 80. Umožňovala používateľovi implementáciu jeho aplikačných algoritmov bez potreby bližšieho a aktívneho poznávania multiprogramového prostredia reálneho času v ktorom tieto pracujú a exekutívy, ktorá ho vytvára. Systémové programové vybavenie zahŕňalo knižnicou aritmetických operácií nad číslami vo formáte pohyblivej rádovej čiarky jednoduchej presnosti FPAL. Aplikačné programy boli napísané v programovacích jazykoch PL/M 80 a assembler ASM 80. Rozsah programového vybavenia bol na hranici adresovateľnosti 8-bitového procesora, kód umiestnený v EPROM mal po kompilácii veľkosť 48 KB a dáta programu zaplnili bez pár bytov celú pamäť RAM a rozsahom 12 KB. S výhodou sa vyžívala vlastnosť perzistencie akumulátorom zálohovanej CMOS RAM pamäte, kde pamäť bola využívaná nielen ako pamäť programu, ale aj ako účelová databáza receptúr, uložených technologických a výrobných údajov, ktoré bolo možné uchovať len vytlačením na pripojenú tlačiareň. Zostava neobsahovala externé pamäťové médium, nakoľko v tom čase nebola k dispozícii externá pamäťová jednotka, ktoré by spĺňala požiadavky na prevádzkovú spoľahlivosť pre riadiace systémy.

Používateľské algoritmy boli implementované s využitím vlastností exekutívy / operačného systému reálneho času ERČ 80. Napriek veľmi malému výkonu 8 bitového procesora 8080, pracujúceho s hodinovým taktom 2 MHz, bolo segmentáciou kódu do niekoľkých desiatok

kooperujúcich úloh (task-ov) dosiahnuté to, že systém obsluhoval a riadil v reálnom čase tri samostatné výrobné okruhy.



Obrázok 2. Videoterminál CM 1601, optimalizovaný pre mikropočítačové systémy

Systémové programové vybavenie ERČ 80 bolo doplnené o procedúry uloženia stavu pri výpadku napájania, algoritmy testovania konzistencie pamäti ROM (checksum) a nedeštruktívny test RAM pamäte, ktoré zabezpečovali pokračovanie riadiaceho programu bez straty funkčnosti a dát po výpadku a obnovení napájania.

Programové vybavenie pozostávalo z nasledovných modulov:

- Terminálové užívateľské rozhranie s prihlasovaním meno/heslo, riadením úrovne prístupu k užívateľským funkciám. Terminály boli z užívateľského pohľadu rovnocenné a pracovali súčasne v režime multiuser/multitasking,
- Modifikácia parametrov receptúr výroby čokolády, originálne receptúry boli uložené v ROM, modifikované receptúry nastavené podľa požiadaviek výrobného plánu v zálohovanej RAM,
- Monitorovanie procesu praženia kakaových bôbov prípravy kakaovej hmoty, bilancia výroby,
- Riadenie a monitorovanie procesu navažovania zložiek pre výrobu čokolády (hnetáč)
- Riadenie a monitorovanie procesu konžovania a dotukovávanía, paralelne pre cca 5 paralelných konžovacích procesov
- Riadenie procesu navažovania vyrobenej čokolády do 15kg blokov

6. Dosiahnuté výsledky

Vývoj špecifického technického a programového vybavenia prebiehal vo VÚVT a trval takmer dva roky, avšak na tú dobu sa jednalo - čo sa týka rozsahu a komplexnosti programového vybavenia - o ojedinelý projekt realizovaný riadiacim systémom na báze 8 bitového počítača, realizovaný vo viac-úlohovom (multitasking) prostredí exekutívy reálneho času ERČ 80.

Riadiaci systém bol otestovaný a úspešne uvedený do prevádzky v roku 1990. Pri overovaní nasadenia boli dôkladne preverené všetky časti riadiaceho systému. Riadiaci systém pracoval spoľahlivo, regulácia pracovala v požadovaných medziach. Systém poskytoval tiež podklady pre riadenie a bilanciu výroby a splňal požiadavky zadávateľa. Akú dobu bol systém používaný v reálnom výrobnom procese nie je autorom článku v čase písania známe. Riadiace systémy na báze priemyselných 8-bitových procesorov sa v 90-tych rokoch ešte úspešne využívali, avšak postupne boli na úrovni riadenia technologických procesov nahradzované riadiacimi systémami PLC a na úrovni riadenia výroby sa presadzovali riešenia na báze PC, mnohokrát s využitím operačných systémov reálneho času (iRMX, QNX), ktoré vychádzali zo skúseností z obdobných aplikácií mikroprocesorového riadenia.