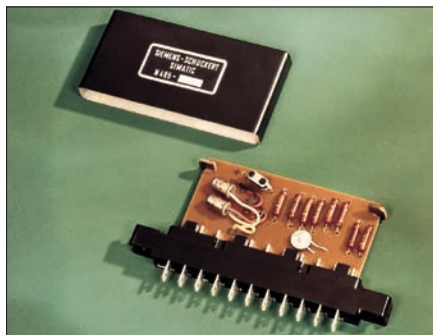


30 let automatizace – triumfální cesta programovatelného automatu

Určit přesně den, kdy začala slavná historie programovatelného automatu (*Programmable Logic Controller – PLC*), není možné. Jedním z milníků byl bezpochyby rok 1957, v němž společnost Siemens přihlásila k registraci obchodní název Simatic (*obr. 1*), v současnosti světoznámé označení špičkové skupiny produktů ve své kategorii. Nespornou skutečností je, že bez automatizace a programovatelných automatů je již nemyslitelná jakákoliv ekonomicky efektivní výroba. Mezi prvními jednoduchými logickými řídicími jednotkami a moderními integrovanými řídicími systémy s vazbami na systémy řízení výroby (*Manufacturing Execution Systems – MES*) a komunikací v rámci jednoho podniku po celém světě zpětně existuje dlouhý nepřetržitý řetěz inovací a převratných myšlenek.

Stručně z historie

Počátky prvních jednoduchých logických řídicích jednotek lze datovat do 50. let dvacátého století. Skutečně prudký vzestup v této oblasti ovšem nastal až počínaje rokem



Obr. 1. První Simatic G, systém bloků pro sestavování elektronických řídicích systémů, se po svém uvedení na trh v roce 1957 stal důležitým prvkem automatizačních systémů

1984, když se objevily standardní programovací jazyky a odpovídající hardware s vlastní inteligencí. Každý z uživatelů mohl začít psát programy způsobem, který mu vyhovoval a byl mu blízký. Závodní elektrikář dal pochopitelně přednost postupovému diagramu vycházejícímu ze schématu elektrického obvodu. Řídicí technici zabývající se spojitými technologickými procesy požadovali funkční grafy znázorňující řídicí sekvence způsobem nezávislým na konkrétním použitém zařízení, což je metoda standardně zavedená v chemickém průmyslu. A mladí

lidé, kteří se již učili programovat s použitím programovacích jazyků, tíhli k záznamu programů v textové podobě, což je vedlo k používání tzv. seznamů příkazů (*statement lists*), tj. mnemotechnických zkratk programových příkazů a adres. Významnou roli zde hrála také úroveň vzdělání. Uvede-



Obr. 2. Důležitou inovací při vývoji programovatelného automatu byla decentralizace periferních funkcí s použitím komunikační sběrnice; díky novým periferním zařízením s vysokým stupněm krytí IP65/67 se lze obejít i bez místních rozvodných skříněk

né různé pohledy daly vzniknout třem hlavním způsobům zápisu programů (jazykům); v praxi byly zavedeny:

- jazyk kontaktních schémat (*Ladder Diagram – LD*), abstraktní forma obvodového schématu vhodná zejména k zobrazení logických řídicích sekvencí,
- jazyk funkčních bloků (*Function Block Diagram – FBD*), umožňující programovat s použitím symbolů funkcí definovaných současně normami DIN a IEC,
- jazyk mnemokódů (*Statement List – STL, Instruction List – IL*), v němž se programované funkce popisují při použití mnemotechnických zkratk nebo matematických symbolů obvodové algebry.

Technické inovace rychle následovaly jedna za druhou a s nimi začala růst také popularita programovatelných automatů. Řídicí jednotky byly stále výkonnější a již se neomezovaly jen na základní sadu binárních instrukcí spjatou s původními programovatelnými automaty. Čím dál tím více rostla také jejich schopnost realizovat velmi složité funkce ve velmi krátkých časových cyklech. Výpočetní moduly vykonávaly potřebné řídicí funkce, zatímco desky I/O pro připojování periferních zařízení byly stále častěji nahra-

zovány komunikačními deskami umožňujícími přenášet data po digitálních komunikačních sběrnících.

V oboru automatizace po léta existovalo několik jednoznačných trendů – např. růst kapacity paměti i výpočetního výkonu procesorových jednotek (*Central Processor Unit – CPU*). Zpočátku musel stačit kód o velikosti 1 kB, vytvářený při použití nepříliš praktických speciálních programovacích nástrojů. V současné době se oproti tomu hovoří o pamětech s kapacitou několika megabajtů přímo na deskách procesorových jednotek a je samozřejmě, že programovací software (vývojové prostředí) pracuje v programovacích zařízeních a PC se standardními operačními systémy. Zatímco původně se použitý kód zpravidla skládal pouze z binárních příkazů, v současnosti lze vytvářet komplexní sekvence příkazů i celé knihovny programů pro PLC ve vhodném vyšším programovacím jazyku.



Obr. 3. V zařízeních pro monitorování procesů a zpětnovazební řízení teplot, polohy hladiny a záložních zdrojů energie apod., od nichž je požadován vysoký stupeň pohotovosti, lze použít redundantní řídicí jednotky; dostupné jsou i systémy odolné proti výpadku s úrovní integrity bezpečnosti až SIL 3

Dalším trendem je neustálé zmenšování fyzických rozměrů všech zařízení. To bylo a je stále možné jen díky vývoji v oblasti hardwaru, jehož výsledkem jsou stále menší komponenty se stále větší hustotou integrace. Kdekoliv se používalo řídicí zařízení v té době průměrné výkonnosti, tam je nyní použita „malá“ nebo „mikro“ řídicí jednotka.

Důležitým inovačním zlomem v historii programovatelných automatů byla změna jejich struktury v důsledku decentralizace vstupů a výstupů (*Input/Output – I/O*). Důvodem byla potřeba zmenšit náklady na kabeláž. Jednotky I/O byly tudíž umístěny přímo do míst vzniku vstupních, popř. působení výstupních signálů a spojeny s centrálním řídicím systémem prostřednictvím jediného kabelu se dvěma nebo čtyřmi vodiči a příslušného komunikačního protokolu – tj. průmyslové komunikační sběrnice. Protože signály lze takto přenášet během několika málo milisekund, dosahuje se dob odezvy vyhovujících převážně většině řídicích úloh. Jakmile se na trhu objevily první periferní jednotky s vysokým stupněm krytí (IP65/67), bylo dokonce možné obejít se bez dodatečných rozváděčů (*obr. 2*). Rychle se také přišlo na to, že vedle distribuovaných jednotek I/O je do konceptu distribuované automatizace třeba zahrnout také ostatní provozní přístroje, jako např. pohony a ventily. Proto se na začátku 90. let minulého století započalo se standardizací mnoha průmyslových komunikačních sběrnic. Cílem bylo vytvořit standard, který by vyhovoval budoucím potřebám a byl by otevřený všem výrobcům. Z tehdejší početné plejády sběrnic se na trhu s automatizačními systémy pro průmysl nakonec nejlépe prosadil komunikační systém Profibus, podporovaný velkým množstvím velmi rozmanitých provozních přístrojů.

Odolnost, modularita a snadné ovládání – základy úspěchu programovatelných automatů

Důležitou vlastností, která přispěla k úspěchu programovatelných automatů, je jejich odolnost. Moderní řídicí systémy lze poměrně snadno vytvářet při použití modulů, které se obejdou bez ventilátorů a přídavného chlazení. Mnohé moduly lze vyjmát i vkládat dokonce bez vypnutí napájecího napětí. Pro současné programovatelné automaty je charakteristická schopnost realizovat početnou a v mnoha ohledech rozšiřitelnou množinu funkcí, jako je např. čítání, měření v různých módech, nastavování polohy, regulace nebo řízení na bázi vaček. Díky široké nabídce procesorových modulů – od zařízení pro začátečníky až po nejvýkonnější modely – lze v současnosti vhodně vyřešit téměř jakoukoliv řídicí úlohu.

Přes různá komunikační rozhraní lze programovatelné automaty připojit ke všem hlavním sběrnicevým systémům, ať už jde např. o standardy AS-Interface, Profibus nebo Profinet.

Moderní informační technika (*Information Technology – IT*), jejímž základem je průmyslový Ethernet, umožňuje jednoduše vytvářet místní i globální podnikové sítě. Základem spolehlivého přenosu dat v globálním mě-



Obr. 4. V mnoha automatizačních úlohách je důležité hledisko bezpečnosti; moderní PLC nyní nabízí integrované pojetí bezpečnosti, tj. kombinaci bezpečnostní a standardní automatizační techniky v podobě jednoho transparentního celku

řítku je protokol TCP/IP. V důsledku použití webových metod a funkcí elektronické pošty lze nyní v oboru automatizace komunikovat v celosvětovém měřítku.

Co se týče programování a inženýrského nástroje, může si každý vybrat nástroje „podle svého gusta“ – od již uvedených základních programovacích jazyků LD, FBD a STL po grafické jazyky pro sekvenční automaty, dále stavové diagramy, sekvenční přechodové diagramy i vyšší programovací jazyky, jako je např. SCL (*Structured Control Language*). Pro usnadnění servisu a údržby jsou veškerá data tvořící automatizační projekt spolu se všemi symboly a poznámkami uložena přímo v procesorové jednotce automatu. Takto jsou neustále k dispozici veškerá data ve své aktuální podobě. Zvláštní pozornost je při návrhu a vývoji řídicích programů věnována uniformitě. Rostoucí složitost automatizačních systémů je naproti tomu třeba zmenšit použitím inženýrských nástrojů. Opakované a rutinní vkládání shodných či podobných dat znamená nejen práci navíc, ale také riziko většího počtu chyb. Oběma uvedeným problémům je třeba se vyhnout patřičnou souhrou moderních inženýrských nástrojů pro tvorbu řídicích programů spolu s využitím operátorských rozhraní (*Human Machine Interface – HMI*) a komunikačních prostředků. Navíc se pro výměnu (import, export) dat např.

s nadřazenými projektovými nástroji používají otevřená rozhraní. Současně jsou zde také simulační metody, které umožňují zkrátit fázi testování a lze je použít i k optimalizaci sekvenčních procesů, aniž je třeba mít k dispozici cílový hardware.

Oblast, v níž se uplatňují programovatelné automaty, se v posledních několika letech rozšířila o obor řízení spojitých technologických procesů. Musí být tudíž možné řídicí systém měnit či doplňovat bez jeho zastavení – bez ohledu na to, zda je třeba instalovat dodatečný snímač nebo akční člen a nebo na desce nově nastavit hodnoty parametrů např. regulátoru. Programovatelné automaty pronikly do oboru spojitých technologických procesů také díky nabídce hardwaru a softwaru umožňujícímu realizovat systémy jiskrově bezpečné, odolné proti výpadku a s vysokou pohotovostí a takové formy inženýrů, které odpovídají zvyklostem v tomto oboru.

V řídicím systému jsou vestavěny výkonné diagnostické funkce, které zvyšují jeho pohotovost a pomáhají při jeho uvádění do chodu. Závady lze rychle odstranit díky hlášením podávaným v podobě srozumitelného textu v místním jazyce a indikujícím typ závady spolu s časovou známkou. Nápravu lze uskutečnit buď přímo na místě v provozu nebo při použití diagnostiky na dálku. Pro úlohy se zvláště vysokými požadavky na pohotovost řídicího systému jsou nabízeny řídicí jednotky s vysokou mírou pohotovosti, v nichž při poruše právě činné řídicí jednotky okamžitě



Obr. 5. Důležité je nejen minimalizovat dobu mezi vyprojektováním a uvedením zařízení do chodu, ale také zaručit spolehlivost projektu a růst produktivity po celý životní cyklus výrobního zařízení i dále; toto je třeba realizovat bez ohledu na náklady a konkurenční tlak

přebírá řízení druhá jednotka, s ní identická a pracující v režimu tzv. horké zálohy. Tím se zabraňuje zastavení výroby v továrnách s nepřetržitým provozem (*obr. 3*).

Současné programovatelné automaty mohou řídit i extrémně rychlé děje. Přitom jsou nutně definované a reprodukovatelné doby odezvy zařízení – a to i v případě distribuovaných systémů. Signály z periferních jednotek musí být čteny, popř. do jednotek vysílány ekvidistantně v čase a musí být synchronizovány s příslušným uživatelským

programem. S takovouto izochronní vazbou lze při použití moderních sběrnicevých komunikačních systémů realizovat i složité úlohy řízení polohy a pohybu.

Od každého vysoce výkonného programovatelného automatu se v současné době vyžaduje také odolnost proti selhání. Všude, kde je třeba zajistit maximální bezpečnost lidí a strojů, popř. šetrnost k životnímu prostředí, jsou nepostradatelné tzv. bezpečnostní řídicí jednotky (obr. 4), vhodné pro diferencované zpracování bezpečnostních signálů a realizaci funkcí spjatých s funkční bezpečností zařízení. Vyskytne-li se porucha, uvedou stroj či zařízení okamžitě do bezpečného stavu. Současné špičkové řídicí jednotky se vyznačují integrovaným pojetím bezpečnosti, což znamená, že bezpečnostní část je kombinována se standardní automatizační technikou v jeden transparentní celek. Data související s bezpečností se přenášejí po existujících standardních sběrnících, jako je Profinet, Profibus nebo AS-Interface. Současný přenos standardních i bezpečnostních dat po téže sběrnici zjednodušuje zavedení automatizačního systému a snižuje náklady.

PLC, nebo PC? – Co je důležité, je jejich interakce!

Na téma náhrady programovatelných automatů technikou založenou na osobních počítačích (*Personal Computer* – PC) se v odborných kruzích diskutuje již mnoho let. Že PC může vykonávat funkce programovatelného automatu, zní logicky, zejména je-li jasné, že řídicí program nepotřebuje zdaleka tolik paměťového prostoru, jakým PC běžně disponuje. Zprávy o těchto trendech se objevují v odborném tisku znovu a znovu od začátku 90. let minulého století. V rozporu s prognózami však k této náhradě stále ještě nedošlo. Oba způsoby koexistují bez jakýchkoliv problémů a každý z nich nachází uplatnění tam, kde lze plně využít jeho silné stránky. Je-li pro automatizační úlohu důležité zpracování dat nebo spojení s periferními zařízeními charakteristickými pro PC, např. tiskárnami, má smysl rozhodnout se pro řešení založené na PC. Zajímavé automatizační systémy vytvořené na bázi PC s použitím produktů typu softPLC, slotPLC nebo i vestavných (*embedded*) systémů lze najít v různých odvětvích průmyslu, od automobilového po zpracování dřeva, při balení zboží, v logistice atd.

V případě „vestavné automatizace“ jsou kombinovány vlastnosti tradičních, modulárních programovatelných automatů s vlastnostmi otevřených a přizpůsobivých automatizačních systémů založených na PC. Z pohledu uživatele jde o produkty dodávané tzv. na klíč s jednoznačně definovanými vlastnostmi a současně kompatibilní s běžným prostředím PC a automatizační techniky.

Jednotná řada produktů a její vhodná softwarová podpora (tzn. že jak standardní PLC,

tak i vestavné systémy anebo systémy založené čistě na PC se programují stejně a využívají stejnou sadu instrukcí a stejné komunikační funkce) umožňuje přistupovat k výběru nejvhodnějšího systému s maximální možnou volností. Uživatelské programy mohou běžet ve standardním programovatelném automatu, na softPLC nebo slotPLC i ve vestavném systému. Není tedy důvod ke vzniku dalších konfliktů. Lze použít nejlepší řešení vybrané podle toho, které konkrétní úlohy jsou v daném

se na trhu a minimalizovat dobu potřebnou k uvedení nových výrobků na trh.

Významnou úlohu v uvedených souvislostech má virtuální uvádění do chodu při použití simulace, které umožňuje zajistit kvalitu inženýrských činností od velmi raného stadia projektu a zkracuje dobu potřebnou ke zprovoznění reálného zařízení. Vytvářený softwarový projekt je nejprve testován v simulacním prostředí na virtuálním datovém modelu výrobního zařízení. Poté software běží



Obr. 6. Programovatelné automaty se svými základními vlastnostmi, jako je odolnost, konstrukční uspořádání a výkonnost, a integrací měřicích a řídicích funkcí a bezpečnostních systémů nadále budou důležitou částí výkonných automatizačních systémů

případě důležité. Více než 90 % všech uživatelů automatizačních systémů nicméně dává i nadále přednost programovatelným automatům – se všemi jejich přednostmi, jakými jsou např. determinismus, odolnost a informační bezpečnost (odolnost proti virům atd.).

A co lze očekávat dále?

Úspěch výrobních podniků rozhodujícím způsobem závisí na rychlosti a efektivitě, s jakou dokážou reagovat na měnící se požadavky a tržní trendy nabídkou nových produktů. Principiálně důležité je nejen minimalizovat dobu mezi vyprojektováním a uvedením zařízení do chodu, ale i efektivně projektovat a zajistit růst produktivity po celý životní cyklus výrobního zařízení či ještě dále. A toto je třeba realizovat bez ohledu na náklady a tlak ze strany konkurence (obr. 5). Konečným cílem je tzv. digitální továrna (*Digital Factory*), v níž jsou světy návrhu výrobku, výstavby výrobního zařízení a automatizace (společně se svými různými inženýrskými nástroji) provázány způsobem sice většinou standardizovaným, přesto však v maximální možné míře přizpůsobivým. Uvedený způsob umožní efektivněji využívat příležitosti otevírající

v prostředí reálného programovatelného automatu kombinovaného s virtuálním modelem zařízení. Ke včasnému ověření způsobu vizualizace zařízení lze v této fázi použít také reálné řídicí pulty. Virtuální komponenty lze poté krok za krokem nahrazovat reálným hardwarem. Aby bylo možné uskutečnit myšlenku digitální továrny, je ovšem třeba překonat určitá omezení a problémy s rozhraními: relační správa dat a zdokonalený tok informací samy o sobě nestačí.

Další vývoj v oblasti automatizačních systémů tudíž primárně nepůjde cestou individuálního rozvoje jednotlivých komponent a výrobků. Dominantním úkolem naopak bude integrace všech komponent automatizačních systémů, tj. integrace v pojetí obvyklém v oboru IT. Programovatelný automat přitom i nadále bude klíčovou komponentou moderních automatizačních systémů (obr. 6). Díky svým základním vlastnostem, zejména odolnosti a výkonnosti, a schopnosti integrovaným způsobem realizovat nejrůznější potřebné měřicí, řídicí i bezpečnostní funkce je zkrátka nepostradatelnou součástí automatizační techniky.

Manfred Deppe, Siemens AG