



Človek v systéme

Od zavedenia počítačmi riadených priemyselných procesov v polovici 60. rokov 20. storočia sa inžinieri usilujú minimalizovať rozdiely medzi ľudskou predstavou realizácie určitej úlohy a jej technickou reprezentáciou. Zdokonalenia vo výkonnosti, bezpečnosti a spoľahlivosti systémov v značnej miere dopomohli k tomu, že obslužný personál sa nemusí zaoberať jednoduchými činnosťami, ale môže sa venovať náročným úlohám monitorovania, riadenia procesov pri poruchách, optimalizácii a údržbe. V posledných 50. rokoch sa tak vyvinula jasná diferenciácia kompetencií ľudí a technických zariadení, ktorá sa sústreďuje na schopnosti oboch zainteresovaných strán. Optimalizácia spolupráce medzi človekom a zariadeniami však závisí od kontinuálneho technologického vývoja v troch oblastiach: v nástrojoch na podporu rozhodovania, ergonómii, vo vizualizačných technológiách a používateľskom komforte komplexných systémov. Optimálna syntéza týchto troch oblastí je bázou vývoja moderného obslužného prostredia automatizačných systémov.

Zvyšujúca sa výkonnosť a spoľahlivosť priemyselných automatizačných systémov viedla v polovici 50. rokov k odbremeneniu obsluhy od nudných, opakujúcich sa, prípadne nebezpečných činností. Ľudský personál hrá namiesto toho centrálnu úlohu vo vysoko komplexných priemyselných automatizačných systémoch, ako sú napr. elektrizačné siete, celulóžky a papierničky, elektrárne a rafinérie, a to pri monitorovaní, určovaní anomálií, údržbe a optimalizácii procesov. Ľudská obsluha je teda pevnou súčasťou každého automatizovaného regulačného okruhu takmer vo všetkých priemyselných aplikáciách každej veľkosti. Porozumenie a optimalizácia spolupráce medzi riadiacou technikou a obsluhou má preto rozhodujúci význam a systematické konštrukčné inovácie sú nenahradiateľné.

Človek ako súčasť automatizačného systému

V raných obdobiach priemyselnej automatizácie pretrvávali snahy o maximálnu možnú automatizáciu a ľudskú obsluhu, považovanú za najslabší článok v systéme, úplne vylúčiť z regulačného okruhu. Táto filozofia sa neosvedčila, a preto človeku prisúdili činnosti, ktoré vývoj nedokázal automatizovať.

Osobitné schopnosti človeka v porovnaní so zariadeniami boli známe už v 60. rokoch a základné princípy opísal už v roku 1951 Paul Fitts. Jeho model síce pomohol tým, že určil priradenie funkcií medzi človekom a zariadením, nebol však v stave zohľadniť integráciu schopností oboch strán a zvyšovanie efektivity ľudskej obsluhy prostredníctvom podpory a spolupráce s počítačovými systémami. Medzičasom sa pri-

stúpilo k zaangažovaniu ľudského faktora vo väčšej miere. V každom prípade rozdelenie práce medzi veľké, komplexné, dynamické priemyselné systémy a ľudí je jedna vec, oveľa dôležitejšie je však nájsť medzi nimi správnu rovnováhu. Dôvody väčšieho zakomponovania ľudí do riadenia boli tieto:

1. Stupeň automatizácie výrobného procesu sa riadi podľa predpokladaného správania procesu a jeho zložitosti. Náklady na kompletne modelovanie a automatizáciu väčších a komplexnejších výrobných procesov sú pomerne vysoké. Preto sa dnešné priemyselné prevádzky plne neautomatizujú. Takisto sa nedá dokonale posúdiť vonkajší vplyv na riadiaci systém.
2. Niektoré procesy sa síce dajú automatizovať, ale len za cenu astronomických nákladov. Je však málo pravdepodobné, že by verejnosť bola ochotná akceptovať systémy s vysokým rizikovým faktorom, pri ktorých neleží celková zodpovednosť na pleciah človeka. Riadiaci systém moderného dopravného lietadla je schopný vykonať úplne autonómne štartovací aj pristávací manéver, málokde sa však nájde človek, ktorý by nastúpil do lietadla bez pilota na palube.

K najdôležitejším procesným vlastnostiam, ktoré by sa mali zohľadňovať pri koncipovaní systému s ľudskou účasťou, patria tieto:

- veľkosť a zložitosť procesu,
- stupeň zmeny procesu,
- variabilita výrobného plánu,
- vplyv procesu na životné prostredie,
- hospodárske dôsledky odstavenia a zmien vo výrobe,
- bezpečnosť ľudí, zariadení a okolitého prostredia.

Ludia vedia vo všeobecnosti celkom dobre pristupovať k následkom mnohých týchto faktorov. Človek disponuje napr. schopnosťami rozpoznávania vzorov a anomálií na báze množstva prijímaných dát, vývoja vhodných postupov pri výskyte nových situácií a dlhodobého zhromažďovania obsiahlych poznatkov a ich náležitého zodpovedajúceho využitia. Na efektívne vykonávanie týchto úloh musí ľudská obsluha v každom čase poznať aktuálnu situáciu. Inými slovami, potrebuje mať k dispozícii správne informácie v správnom čase, aby dokázala zodpovedajúco vyhodnotiť aktuálnu situáciu a zrealizovať správne rozhodnutie. K tomu je nutná vhodná vizuálna podpora. Kognitívne vedy slúžia na to, ako čo najefektívnejšie reprezentovať veľké objemy informácií, aby bolo možné rýchlo zaznamenať najdôležitejšie aspekty v kritických situáciách. Ergonómia a dizajn sú ďalšie dve disciplíny, ktoré v systéme hrajú úlohu v komforte používateľa. K najobľúbenejším pokusným oblastiam v tomto smere patria pilotné kabíny lietadiel a prístrojové dosky automobilov.



Pilotná kabína A380

Podpora rozhodovania

Systémy na podporu rozhodovania sú jednou z tried počítačových informačných, resp. znalostných systémov, ktoré podporujú hľadanie správnych rozhodnutí najrôznejšími spôsobmi. Efektívny systém na podporu rozhodovania musí viesť zohľadniť nielen stupeň automatizácie, ale aj ľudské správanie. Významná časť mnohých priemyselných procesov je veľmi dobre známa, vďaka čomu sa pomerne ľahko modelujú a následne automatizujú. Ľudské správanie je oproti tomu podstatne komplexnejšie, nepredvídateľné a sotva modelovateľné. Namiesto modelovania človeka (a jeho nahradenie) spočíva úloha podpory rozhodovania vo zvýšení podielu hodnoty ľudského faktora tým, že obsluha zariadenia alebo strojného celku napomáha v rozhodovaní v konkrétnych situáciách alebo pri akútnom probléme. Rozhodujúce však je, že zodpovednosť zostala v rukách človeka. Systém na podporu rozhodovania by nemal určovať, čo treba urobiť, ale mal by používateľovi poskytnúť dostatok informácií, ktoré dokonale vystihnú konkrétnu situáciu, a zároveň mu umožnia posúdiť dôsledky rôznych rozhodnutí. Koniec koncov on je tým človekom v systéme, ktorý musí rozhodnúť o najvhodnejších postupoch.

Veľká prevádzka s desiatkami tisícok regulačných slučiek dokáže za statických podmienok dlhé hodiny pracovať úplne autonómne bez akéhokoľvek zásahu človeka. Dnešnou výzvou však je, aby sa upútala pozornosť obsluhy, len čo sa vyskytne niečo mimoriadne, resp. kritické. Ľahko sa aj tu nájdú paralely s letectvom. Pri medzikontinentálnych letoch nemusia piloti dlhé hodiny do riadenia letu vôbec zasahovať. V prípade výskytu neočakávanej udalosti však musia okamžite reagovať a vzniknutý problém riešiť. Nachádza sa tu jeden z kritických aspektov



Gulatý dizajn a analógové prístroje charakterizovali 30. a 40. roky 20. storočia

systémov s ľudskou účasťou (tzv. systémy Human-in-the-Loop). Na jednej strane obsluha monitoruje systém s minimálnym zásahom. Na strane druhej len čo dôjde k výchyľke zo štandardného stavu, obsluha musí byť informovaná nielen o stave procesu (aktuálnom a predchádzajúcom), ale musí siahnúť aj po správnych opatreniach na zvládnutie situácie. Výskumy ukázali, že dôležitým aspektom pri podpore obsluhy je spôsob, akým sa šíria a reprezentujú informácie, aby bolo možné poskytnúť bezprostredný a dôkladný prehľad o aktuálnej situácii. Pre kritické informácie v prevádzke platí:

- Prvé alarmy musia byť jednoducho a rýchlo identifikovateľné.
- Výkonové dáta určené na rýchle overenie by mali byť redukované iba na dôležité štatistické veličiny a nemali by sa zobrazovať v rozsiahlych tabuľkách.
- Aktuálna situácia by sa mala porovnať s predchádzajúcimi podobnými situáciami, pričom zohľadniť by sa mali aj predtým zavedené opatrenia.
- Výsledok, resp. následok rozhodnutia obsluhy by sa mal najskôr predpovedať, aby sa zvýšila šanca na uskutočnenie správneho rozhodnutia.

Rozsah podpory rozhodovania sa rozprestiera od priamych, systémom automaticky vydávaných odporúčaní až po manuálne vyhľadávanie možností pomocou priebehov veličín, štatistických informácií a alarmov s prioritou. V komplexných alarmových situáciách sa v softvéroch podpory rozhodovania niektoré alarmy filtrujú a farebne zvýrazňujú. Obsluha sa tak môže koncentrovať len na dôležité alarmy. Ďalším príkladom je identifikácia príčin v situáciách, v ktorých sa alarmy automaticky vyhodnocujú a znázorňuje sa len skutočná príčina problému. Čoraz častejšie sú k dispozícii histórie prípadov podobných alarmových udalostí vrátane ich riešení, vďaka ktorým si obsluha rozširuje obzor svojich skúseností.

Ergonómia a vizualizácia informácií

Pojem ergonómia pochádza z gréckeho slova ergon (práca) a v procesnej automatizácii sa vzťahuje na prevádzkové prostredie, v ktorom človek vykonáva svoju prácu. K premenným takéhoto prostredia patria veľkosť priestoru, farebnosť, vybavenie nábytkom a, samozrejme, vizualizácia informácií poskytnutých systémom. Početné štúdie prispeli k stanoveniu minimálnych požiadaviek na solídny výkon obsluhy. K tomu okrem iného patria nastaviteľné stoličky a stoly, obrazovky so špecifickými informáciami a prehľadmi, pevná farebná schéma pre ukazovatele a pozadie pracovnej plochy, ako aj odporúčané metódy na vyhľadávanie informácií, parametrov a ich histórií. Tieto požiadavky musia byť jasne definované a v rámci systému konzistentne reprezentované. Komplikácie sa môžu vyskytnúť v prípade, keď sa má nasadiť v jednom priestore niekoľko rôznych systémov s rozličnými ergonomickými definíciami. Medzinárodné štandardy, ako ISO 9241 a 110 64, v kombinácii s osvedčenými postupmi pomáhajú tieto systémy harmonizovať a doceliť zvýšenie celkovej efektivity.

Pri vizualizácii ide o to, ako sa informácie budú prezentovať obsluhu. Presnejšia definícia opisuje vizualizáciu ako časť počítačovej grafiky a dizajnu rozhraní používateľa, ktorá sa zaoberá zobrazovaním interaktívnych, resp. animovaných digitálnych obrázkov, aby uľahčila používateľovi porozumenie dát.

Riadiaci systém je jedným z hlavných informačných zdrojov, z ktorého dokáže obsluha určiť stav priemyselného procesu. Preto je veľmi dôležité, aby sa informácie prezentovali takým spôsobom, ktorý umožní používateľovi plne pochopiť aktuálnu situáciu. Význam korektnej interpretácie je o to vyšší, že ľudské správanie sa nedá presne modelovať a predpovedať.

Vizualizácia informácií obsahuje veľký počet rôznych postupov, od bežných grafických používateľských rozhraní až po 3D/4D a rozhranie virtuálnej reality. Vo sfére automatizácie zahŕňa vizualizácia informácií všetko od znázornenia (abstraktných) surových dát na obrazovke obsluhy a koncepcie rozhraní pre interakciu človek – stroj až po špeciálne vybavené miestnosti na diaľkovú kooperáciu (Remote Collaboration). Tradične sa v riadiacich centrálnych používajú na obslužných termináloch diagramy reprezentujúce potrubné vedenie a prevádzkové meracie prístroje na znázornenie procesných dejov. Alarmy sú často zobrazované v osobitných systémoch. Preusporiadaním prehľadu, ktorým sa vizualizujú zmeny v procese spolu v kombinácii s alarmami, má obsluha bezprostredný prehľad o súvislostiach medzi zmenami a alarmami. Takáto vizualizácia môže dokonca výrazne pomôcť predchádzať alarmovým stavom, pretože obsluha si včas všimne, že sa procesná veličina blíži k hranici alarmu. Priestorová dátová vizualizácia napr. vo forme 3D modelov priemyselného procesu je ďalšia možnosť, ako poskytnúť obsluhu prehľad o systéme. Pri tomto type vizualizácie sa znázorňujú geografické umiestnenia prevádzkových prostriedkov a osobitné vzťahy medzi nimi. Okrem toho možno pri realizácii jedného rozsiahleho rozhrania k viacerým priemyselným procesom alebo procesným časťam integrovať do 3D modelu informácie z iných systémov.



Dnešné riadiace systémy disponujú veľkými projekčnými obrazovkami a individuálnymi obslužnými pracovnými miestami

Komfort používateľa

Spojením komfort používateľa sa označuje vlastnosť produktu alebo veci dať sa jednoducho ovládať a obsluhovať bez potreby dlhého učenia. Systémy s vysokým komfortom sa priemernou obsluhou, na ktorú sú určené, ovládajú úplne intuitívne. Spojenie komfort používateľa sa často využíva ako marketingový nástroj.

Človek – operátor je kľúčom k úspešnému nasadeniu automatizačnej techniky v riadení procesov. Spolupráca medzi človekom v systéme a vyšším priemyselným automatickým systémom závisí od toho, ako ľahko sa používa funkčne obsiahly riadiaci systém. Niekedy sa viac ako polovica regulovaného systému ovláda manuálne, pretože úplné vyladenie regulácie je príliš komplexné. Z toho dôvodu je dôležité koncentrovať všetky funkčné aspekty na používateľa a celý systém koncipovať na operátora. K základným návrhovým princípom patria:

- orientovanie technológie na ciele, úlohy a schopnosti používateľa,
- orientovanie technológie na spôsob, ako používateľ spracúva informácie a rozhoduje sa,
- pomocou technológie zabezpečiť, že používateľ má v každom okamihu kontrolu a dôveryhodné informácie o procese.

Pre efektívne využitie schopností riadiaceho systému je dôležité zjednodušiť kroky vedúce k uskutočneniu akcie. Používateľský komfort komplexných automatizačných systémov sa začína pochopením človeka v systéme. Vývojári systému musia za každých okolností vedieť, čo to znamená byť používateľom, pričom nezáleží, či ide o vedúceho výroby, používateľa zariadenia alebo servisného technika. Znalosti postupov na základe ľudskej skúsenosti pomáhajú načrtnúť základnú architektúru automatizovaných systémov pri zohľadnení cieľov, úloh a očakávaní. Ak počas behu zariadenia dôjde k nečakanej alebo neznámej udalosti, operátor aktívne pátra po informáciách, aby si mohol vytvoriť obraz o aktuálnom stave procesu. Pritom musí úplne dôverovať informáciám, ktoré mu riadiaci systém dáva k dispozícii. Tiež je dôležité systém nastaviť tak, aby sa zamedzilo chybné interpretácii dát, ktoré by viedli k zlým opatreniam pre proces, ako aj pre človeka priamo na mieste výkonu svojej práce.



**Komplexný moderný závod
na spracovanie ropy a zemného plynu**

Zhrnutie

Je všeobecne rozšírený omyl, že automatizácia funguje len plne manuálne alebo plnoautomaticky. Len zriedka býva situácia taká jednoduchá a jednoznačná. Väčšina automatizovaných systémov obsahuje viacero rôznych regulácií – od manuálnej až po plnoautomatickú. Tiež môžu obsahovať rôzne pracovné režimy, každý s inou úrovňou automatizovaného riadenia. Ústrednú úlohu hrá v moderných priemyselných automatizovaných systémoch človek – úlohu, ktorá bude aj budúcnosti získavať na význame. Pritom človek je v systéme ten element, ktorý sa zvykne najviac prehliadať. Pochopiť a optimalizovať celkový výkon procesných riadiacích systémov vyžaduje komplexné nasadenie, kde aj pri rýchlo sa rozvíjajúcej technológii treba brať ohľad na úlohu, ktorú zohráva človek.

Prevzaté z ABB Review, č. 1/2007.

John Pretlove

ABB Strategic R&D Group for Oil & Gas
Oslo, Nórsko
e-mail: john.pretlove@no.abb.com

Charlotte Skourup

ABB Strategic R&D Group for Oil & Gas
Oslo, Nórsko
e-mail: charlotte.skourup@no.abb.com