

Situační povědomí

Situační povědomí, *Situational Awareness*, představuje nový trend v oblasti uživatelských rozhraní pro aplikace HMI v průmyslové výrobě, který klade důraz nejen na efektivní vnímání informací o aktuálním stavu, ale i na porozumění souvislostem a možnosti odhadu budoucího vývoje. Tento článek shrnuje jeho východiska a základní principy.

Úvod

Koncoví uživatelé moderních průmyslových systémů neustále hledají způsoby, jak maximalizovat jejich účinnost a dostupnost bez kompromisů v kvalitě výroby a bezpečnosti provozních pracovníků. Důležitou součástí výrobních zařízení jsou vizualizační rozhraní člověk-stroj, označované jako HMI (*Human-Machine Interface*), která jsou určena k ovládání těchto systémů a jejichž efektivní návrh může významně přispět nejen k usnadnění práce výrobních operátorů, ale i ke zvýšení bezpečnosti provozu.

V současné době se používají stále rozsáhlejší výrobní systémy, které zpracovávají mnohem větší objemy dat než kdykoliv dříve. Mnoho operací se provádí vzdáleně a obecně rostou požadavky na odbornou způsobilost operátorů. Tyto skutečnosti mohou vést k přetěžování provozních týmů, jejichž výsledkem je přerušování nebo snížený výkon výroby v důsledku selhání člověka.

Základem zlepšení celkového návrhu HMI je proto zajistit důkladné povědomí o situaci v provozovaném výrobním systému, které umožní efektivní podporu rozhodování pro všechny zainteresované pracovníky. Ideální situační povědomí zahrnuje nejen vnímání aktuálního stavu, ale i porozumění souvislostem a možnosti predikce budoucího vývoje.

Obecná problematika situačního povědomí bude v tomto článku doplněna ukázkovými příklady správné praxe navrhování operátorských aplikací pomocí softwaru pro vizualizační a informační aplikace Wonderware System Platform 2014 a Wonderware InTouch 2014.

Neustálý vývoj a zvětšování výrobních systémů

V průběhu několika posledních desetiletí se způsob, jaký lidé používají pro interakci s průmyslovými systémy, zásadně změnil. Tyto změny byly motivovány potřebami výrobních pracovníků zlepšit využití, správu a údržbu těchto systémů společně s pokrokem techniky, který tato zlepšení usnadnil. Změny tohoto charakteru budou pokračovat i v příštích desetiletích, motivovány zejména potřebami trhu a novými technickými možnostmi.

Současnými trendy, které ovlivňují požadavky na software pro navrhování aplikací HMI, jsou stále rozsáhlejší výrobní systémy, větší objemy vstupních dat, zvýšená úroveň automatizace, rostoucí počet vzdálených operací i personální otázky odborné způsobilosti nových operátorů.

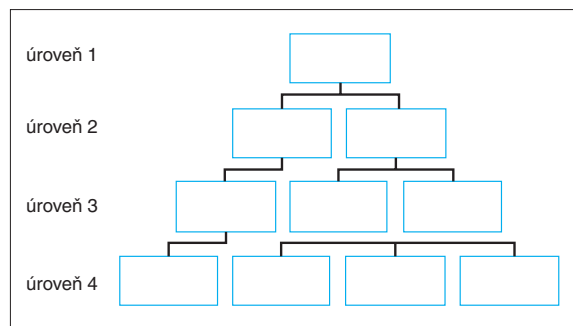
Počet zařízení používaných v moderních průmyslových systémech neustále roste, klesají náklady na jejich propojení, řídicí systé-

středky určené na dohled nad jeho systémem nebyly pro takový rozsah navrženy.

Dalším důležitým faktorem je integrace mnohem větších geografických oblastí do jednoho systému, než bylo možné nebo výhodné v minulosti. I takto rozsáhlé systémy vyžadují, aby uživatelé byli schopni dělat klíčová operativní rozhodnutí v reálném čase; např. o tom, které výrobní zařízení může poskytovat službu nebo vyrábět produkt v danou chvíli s co nejmenšími náklady.

S klesajícími náklady a rostoucí spolehlivostí propojování se dnes tyto typy velkých systémů stávají samozřejmostí. I když příčiny mohou být v konkrétních případech odlišné, v konečném důsledku jsou operátoři těchto velkých systémů přetíženi mnohem většími objemy dat, než mohou efektivně zvládnout.

Nejenže narůstají počty zařízení, ale zařízení sama o sobě poskytují více dat. V minulosti poskytoval jeden snímač jednu hodnotu připojenou do monitorovacího systému, ale moderní snímače mají vlastní diagnostiku, vlastní řízení a množství optimalizačních parametrů, což řádově navyšuje datový tok z jediného kusu zařízení. Uživatelská rozhraní, která zahrnují tato data, nejsou v mnoha případech navržena tak, aby operátorovi usnadnila jejich interpretaci.



Obr. 1. Rozčlenění vizualizačních obrazovek do čtyř úrovní



Obr. 2. Příklad obrazovky první úrovně s přehledovými informacemi (dashboard)

my jsou schopny pokrýt více zařízení, roste i spolehlivost a šířka pásma průmyslových komunikačních sítí. Zatímco technika umožňuje více a více zařízení propojit do integrovaných systémů, uživatelská rozhraní těchto systémů se nevyvíjejí stejným tempem tak, aby mohla tento nárůst efektivně zvládnout. Počet pracovníků současných provozních týmů je redukován a rozsah řízení, které operátor musí zvládnout, roste, přičemž pro-

Chyby lidí a jejich důsledky

Uvedené skutečnosti zvyšují zátěž provozních týmů až na hranici jejich možností a schopností, což vede k výpadkům výroby nebo neefektivnímu řízení procesů v důsledku selhání člověka. Chyby pracovníků způsobují téměř polovinu mimořádných situací v průmyslových systémech a mají přímý vztah k ekonomickým ztrátám a bezpečnostnímu riziku.

Důsledky mimořádných situací v průmyslových procesech jsou úplná nebo částečná ztráta dostupnosti výrobního systému, snížení účinnosti výrobního procesu nebo zhoršení kvality výsledného produktu či služby – a s tím spojené citelné ekonomické ztráty.

Těmto ztrátám lze předcházet, budou-li při vypracovávání návrhu koncepce uživatelského rozhraní HMI učiněna opatření ke zlepšení operátorských aplikací. Nejčastější chybou v současném přístupu je to, že výrobní cíle a související priority nejsou provozním týmům zcela jasné a při navrhování rozhraní HMI bývají zcela ignorovány.

V mnoha průmyslových závodech existuje významné riziko zranění nebo ohrožení života. Při vyšetřování průmyslových havárií bylo zjištěno, že i nevhodný návrh HMI patřil mezi příčiny těchto událostí.

Nejčastějšími způsoby, kterými HMI informuje o potenciálních bezpečnostních problémech, jsou alarmová hlášení. Nesprávnou praxí v návrhu HMI je operátor často zahlcovan množstvím těchto hlášení, která mu vůbec neusnadňují rychlou identifikaci příčiny abnormálních stavů a přijetí potřebných opatření. Bez zlepšení způsobu, jakým jsou tyto zásadní informace sdělovány a zpracovávány, je celková bezpečnost systému ohrožena.

Situační povědomí a správný návrh HMI

Situační povědomí

Základem zlepšení celkového návrhu HMI je zajistit důkladné povědomí o situaci v provozovaném výrobním systému, tzv. situační povědomí (*Situational Awareness*), které umožní účinnou podporu rozhodování pro všechny zainteresované pracovníky.

Ideální situační povědomí zahrnuje nejen vnímání aktuálního stavu, ale i porozumění souvislostem a možnosti odhadu budoucího vývoje.

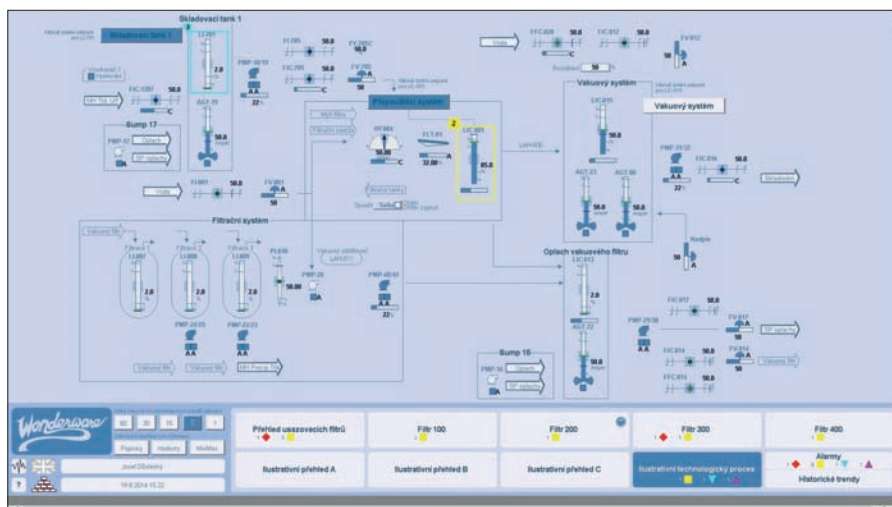
Většina současných aplikací HMI dosahuje pouze prvního stupně, tj. pouhého vnímání hodnot zobrazených veličin. Aplikace HMI až příliš často pouze na obrazovce zobrazí číselnou hodnotu představující danou veličinu v místě, kde je umístěn snímač. Jak operátor vyhodnotí tyto informace, závisí do značné míry na jeho zkušenosti a znalosti výrobního procesu.

HMI přitom může poskytnout informace umožňující dosáhnout druhé úrovně situačního povědomí – porozumění souvislostem. Kromě aktuální hodnoty veličiny lze operátorovi poskytnout také požadovanou hodnotu (*setpoint*). Typický rozdíl mezi zkušeným a nezkušeným operátorem tkví ve znalosti provozních parametrů; a právě poskytnutím této informace přímo na obrazovce lze i méně zkušenému operátorovi významně ulehčit porozumění souvislostem v dozorovaném procesu.

Avšak ve většině případů ani pro nejzkušenější operátory nebude jednoduché získat



Obr. 3. Příklad obrazovky druhé úrovně, obvykle hlavní místo pro ovládání technologických procesů



Obr. 4. Příklad obrazovky třetí úrovně, zobrazení technologických detailů

nejvyšší úroveň situačního povědomí – odhad budoucího vývoje. Aby byl systém HMI schopen poskytnout operátorovi informace k predikci budoucího vývoje, musí mu usnadnit zjištění minulého průběhu hodnot sledovaných veličin a jejich aktuálních trendů.

Moderní software pro efektivní navrhování aplikací HMI by proto měl mít k dispozici nástroje a metody pro správné uplatnění zásad situačního povědomí. Měl by umožňovat navrhnout hierarchicky členěnou strukturu vizualizačních obrazovek, podporovat efektivní využití barev, účinně vyhodnocovat alarmy pro správné rozhodování v krizových situacích a obsahovat ergonomicky navržené grafické prvky.

Efektivní struktura vizualizačních obrazovek

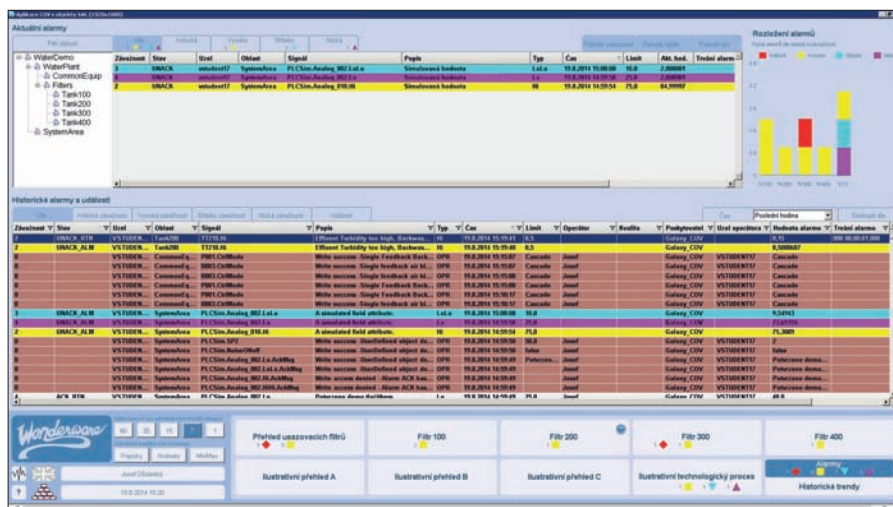
Velmi rozšířeným nešvarem při navrhování vizualizačních obrazovek a jejich struktury je prosté převzetí technických diagramů potrubí a přístrojových prvků a jejich doplnění navigační lištou. Problém uvedeného přístupu spočívá v tom, že taková dokumentace není, a ani nemohla být, určena k tomu, aby

výrobním operátorům poskytovala informace o nejdůležitějších výrobních cílech a souvislostech.

Jiným příkladem nesprávného přístupu je zobrazit informace tak hustě, jak je to jen možné. Na první pohled se může takový postup zdát logický, operátor bude mít vše na očích, aniž by musel přepínat obrazovky, ale ve skutečnosti to povede k jeho přetížení. Mnoho barev, 3D zobrazení, velký počet dynamických animací i během běžného chování systémů – to vše odvádí pozornost výrobních operátorů, kteří mají problém rychle identifikovat abnormální stavy provozovaných technologických zařízení a správně na ně reagovat.

S tímto vědomím je třeba používat takový přístup, který operátorům umožní sledovat pouze několik položek, aby byli schopni rychle rozpoznat abnormální stavy a adekvátně na ně reagovat.

Vhodným způsobem, jak toho dosáhnout, je rozdělení vizualizačních obrazovek do čtyř úrovní, jak znázorňuje obr. 1. Obrazovky v této struktuře umožní uživateli efektivní navigaci tak, aby získal situační povědomí o dozorovaném procesu jako celku a mohl



Obr. 5. Příklad obrazovky čtvrté úrovně, analýza dat a alarmů

provádět potřebné zásahy a snadno zjišťovat detailní a související informace.

První úroveň

Obrazovky první úrovně nepřipomínají vlastní výrobní proces, ale spíše palubní desku se souhrnem přehledových informací (obr. 2). Mají za úkol upoutat pozornost operátora, je-li vyžadován jeho zásah, a navigovat ho na příslušné obrazovky druhé úrovně.

Druhá úroveň

Druhá úroveň je určena k provádění zásahů nebo zjišťování dalších informací o stavu procesu. Obrazovky druhé úrovně jsou obvykle hlavním místem pro ovládání dozorované technologie a obsahují zobrazení provozních prvků. Má-li např. operátor spustit určitý provozní celek, měla by být navržena odpovídající obrazovka druhé úrovně se všemi potřebnými údaji a ovládacími prvky (obr. 3). Prvky v obrazovkách této úrovně nemusí obsahovat všechny detaily, ale měly by zajišťovat potřebné návaznosti na příslušná okna další úrovně.

Třetí úroveň

Na obrazovkách třetí úrovně jsou podrobnější informace o procesech a jsou zde detailně zobrazeny přístrojové prvky a spojovací prvky, včetně jejich provozních parametrů (obr. 4).

Čtvrtá úroveň

Čtvrtá úroveň je určena k zobrazení pomocných informací – typicky trendů (tj. průběhů hodnot sledovaných veličin v čase), analytických nástrojů událostí a alarmů, nástrojů pro optimalizaci řídicích smyček apod. (obr. 5).

Využití barev a animací

Počítače měly v počátcích svého využití v průmyslových provozech pro účely HMI velmi omezené grafické vybavení. V průběhu času získávaly stále více grafických schop-

ností a aplikace HMI je také začaly, na přání mnohých uživatelů, hojně využívat, aniž by se někdo hlouběji zamyslel nad tím, zda je to správný přístup. Z aplikací HMI se tak staly výstavní skříně zobrazující technologický proces velmi názorným a někdy až fotograficky věrným způsobem, který měl často pomoci ospravedlnit investice do automatizace.

Nicméně tyto velmi propracované vizuální přístupy často zhoršují schopnost operátora rychle zjistit aktuální situaci a učinit potřebná opatření. Příklad nevhodného využití barev je na obr. 6: trojrozměrné trubky a příruby, které operátorovi neposkytují žádné skutečné informace, měřidla s umělými odlesky, červená barva s několika významy apod.

Následující obr. 7 demonstruje již lepší využití barev. Lidé, kteří vidí takovou obra-

zovku poprvé, často namítají, že grafika navržená v souladu se zásadami pro lepší situační povědomí je nudná. Správně navržené vizualizační aplikace HMI by však měly být graficky nevýrazné až fádni, pokud je ve výrobních systémech vše v pořádku.

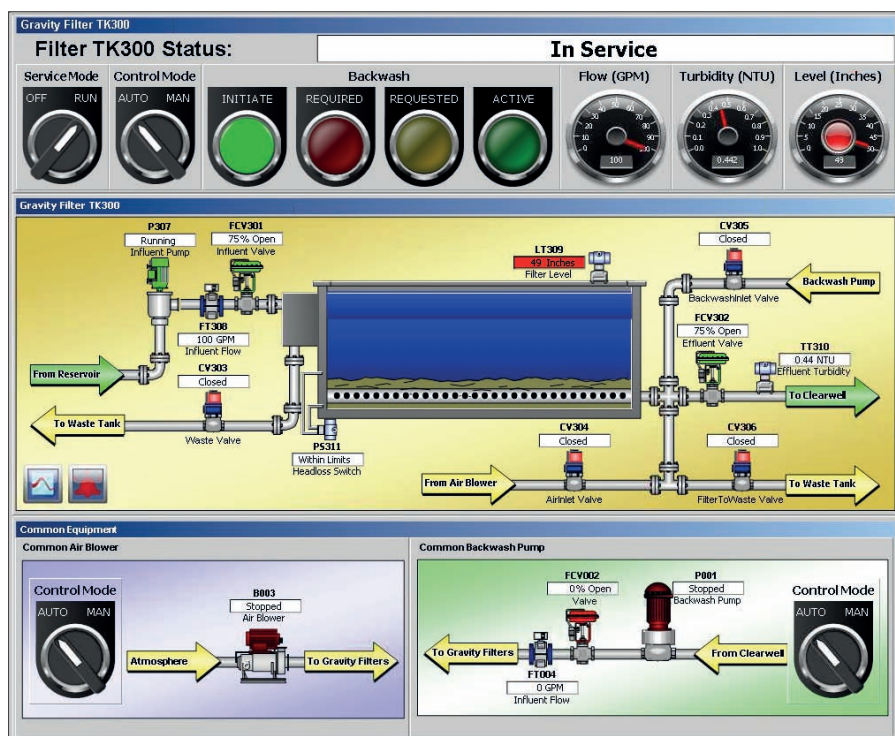
Je-li systém v požadovaném stavu, jeho grafická reprezentace by neměla přitahovat pozornost operátorů po stránce barevné ani animační. Je-li obsluha rozptylována točícím se čerpadlem nebo světly s gradientními barevnými přechody v okamžiku, kdy by měla věnovat pozornost veličině, jejíž hodnota směřuje mimo provozní meze, aplikace HMI není správně navržena.

V okamžicích, kdy vznikají nestandardní situace nebo se k nim výrobní systém přibližuje, by měla dobře navržená aplikace HMI aktivně upoutat výrobní operátory, názorně zvýraznit problémová místa a nabízet i související informace.

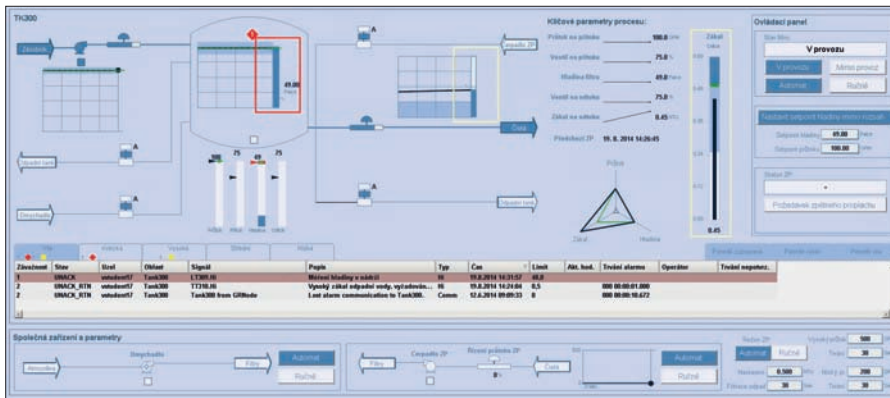
Barevná paleta by neměla být jedinou metodou pro zvýrazňování a informování o stavu technologie, ale jakmile je barevný standard určen, je nutné jej důsledně dodržovat.

Při navrhování barevných standardů, které budou použity v aplikaci HMI, je velmi důležité zabránit nejednoznačnému použití barev. Situace, kdy má jedna barva více významů, je pro operátory matoucí a sdělená informace je nejednoznačná.

Dalším významným aspektem při výběru barev je barvoslepost, která postihuje až 8 % mužů a 0,5 % žen. Velmi účinná metoda, jak se s handicapem barvosleposti vypořádat, je využití různých sytostí barev. Zatímco barvoslepost se projevuje neschopností rozlišit barev-



Obr. 6. Zbytečná 3D grafika, mnoho barev, nejednoznačné použití červené barvy



Obr. 7. Správné použití střízlivé barevné palety a názorné upozornění na nestandardní situaci

ně odstíny, různou sytost barvy jsou i tyto uživatelské schopnosti posoudit.

Jedním z přístupů k volbě barevné palety je používat pouze odstíny šedé, pokud je technologické zařízení v požadovaném stavu. Je možné použít i alternativní barvy v paletě, jak je znázorněno na obr. 8, ale je velmi důležité zajistit, aby byl operátor schopen snadno, rychle a jednoznačně rozlišit běžný stav od alarmového. Neexistuje jediná správná univerzální paleta barev pro všechny účely, ale při využití těchto jednoduchých doporučení bude barevná paleta dobře sloužit a neškodit.

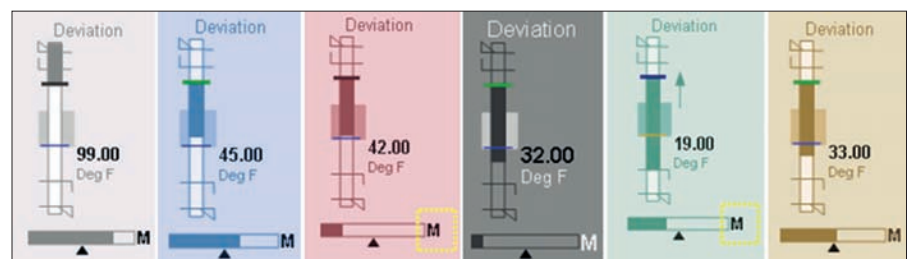
Vyhodnocování alarmů podporující správné rozhodování

Alarmy jsou podle definice události, které vyžadují reakci obsluhy, a tvoří tak určitý mechanismus pro řízení činnosti operátora. Většina systémů nicméně generuje takové množství alarmů, které prostě nemohou operátoři stačit ani vyhodnocovat, natož na ně reagovat. Je zřejmé, že v takovém případě je pro zlepšení práce s alarmy nutné něco udělat. Dobrým začátkem je revize všech alarmů a vyhodnocení jejich závažnosti. Bylo běžné používat velmi velký počet priorit alarmů (bývalo to také jedno z kritérií pro rozhodování při volbě systémů HMI), ale taková praxe vyžaduje, aby byl operátor schopen porozumět stovkám priorit a vyhodnotit je, což je přinejmenším nepraktické a za stresových podmínek, při nedostatečném porozumění, to může vést k chybám v úsudku.

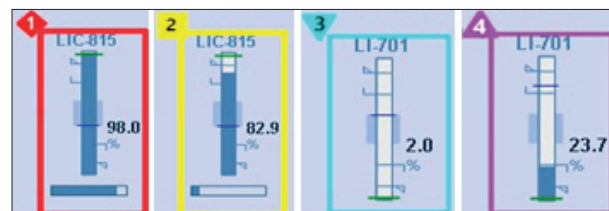
Osvědčené postupy v oblasti vyhodnocování alarmů doporučují použít nejvýše čtyři stupně závažnosti: kritická, vysoká, střední a nízká. Každý stupeň má určenou maximální dobu odezvy obsluhy na alarm: 5, 30, 60 a 120 min. Toto jsou výchozí časy, které lze přizpůsobit potřebám konkrétního procesu. V případě, že alarmová událost nevyžaduje zásah ani v době vymezené pro nízkou závažnost, měl by být její typ změněn na prostou událost, jež nevyžaduje součinnost operátora, a měla by být odstraněna ze seznamu alarmů. Konfigurace každého alarmu by tak měla být přezkoumána s cílem zjistit, zda je skutečně o událost vyžadující zásah ob-

sluhy, a minimalizovat potenciál nežádoucích poplachů.

I přes takovou optimalizaci je možné, že objemy alarmů jsou stále větší, než kolik mohou operátoři smysluplně vyhodnotit, takže je třeba využít další metody umožňující



Obr. 8. Příklady použití různých barevných, ale střídmých palet



Obr. 9. Příklady ohrazení alarmů dané závažnosti – kritické, vysoké, střední a nízké

operátorům určit, který alarm vyžaduje reakci jako první.

Ohrazení alarmů

Pro usnadnění určení, který alarm vyžaduje nejvyšší pozornost, má každý stupeň závažnosti jedinečnou kombinaci grafické reprezentace skládající se z charakteristické barvy, tvaru a identifikátoru, jak je ilustrováno na obr. 9. Tato grafická identifikace alarmu u daného zařízení je označována jako ohrazení alarmů (alarm border).

Na uvedeném příkladu kritického alarmu je vidět, že využívá červenou barvu (červená již není v aplikaci použita k žádnému jinému účelu), tvar kosočtverce a zobrazuje číslo 1. Tato trojnásobná identifikace zajišťuje, že

jsou alarmy příslušné závažnosti jednoznačně a rychle rozpoznány. Jednotlivé identifikátory lze přizpůsobit potřebám konkrétní aplikace, ale vždy by měly zůstat unikátní. Ohrazení alarmů lze použít kolem libovolného grafického prvku.

Jelikož se může k určitému grafickému prvku vázat více než jeden aktivní alarm, vyvstává potřeba dalšího mechanismu k určení nejzávažnějšího alarmu, a tím je agregace alarmů.

Agregace alarmů

Běžnou praxí v aplikacích HMI je zobrazit v záhlaví nebo zápatí obrazovky alarmní objekt, který operátorům zobrazuje aktuální alarmy. Avšak až příliš často objekt daných rozměrů nedokáže zobrazit všechny alarmy, takže alarmy menší závažnosti mohou potlačit ty závažnější.

Pomocí agregace alarmů celého systému ve stejném hierarchickém členění, jaké má

model projektu, je možné přehledně zobrazit celkovou alarmní situaci přímo na navigačním panelu, jak je ilustrováno na obr. 10.

Z uvedeného obrázku lze vyrozumět, že v usazovacích filtrech jsou v danou chvíli celkem čtyři alarmy – viz tlačítko „přehled usazovacích filtrů“. Jeden alarm

kritické závažnosti na filtru 300 a po jednom alarmu vysoké závažnosti na filtrech 100, 300 a 400. Operátor tak přehledně vidí celkovou situaci a může přímo přejít do obrazovky příslušné pro řešení nejzávažnějšího alarmu.

Efektivní grafické prvky

Při navrhování a sestavování obrazovek HMI, které mají poskytovat nejlepší situace, je důležité začít se standardizovaným souborem grafických prvků, které budou použity v celé aplikaci. Takovými prvky mohou být jednotlivá zařízení, funkční celky nebo celé obrazovky, které byly optimalizovány pro poskytování rozhodujících



Obr. 10. Ukázka přehledného zobrazení výskytu alarmů na navigační liště díky jejich agregaci podle hierarchického členění projektu

informací obsluze s minimálním školením a kognitivní zátěží.

Takto koncipované konstrukční prvky umožní dosáhnout odpovídající úrovně situačního povědomí (vnímání aktuálního stavu, porozumění souvislostem a odhadu budoucího stavu) pro úspěšné řízení dozorových procesů.

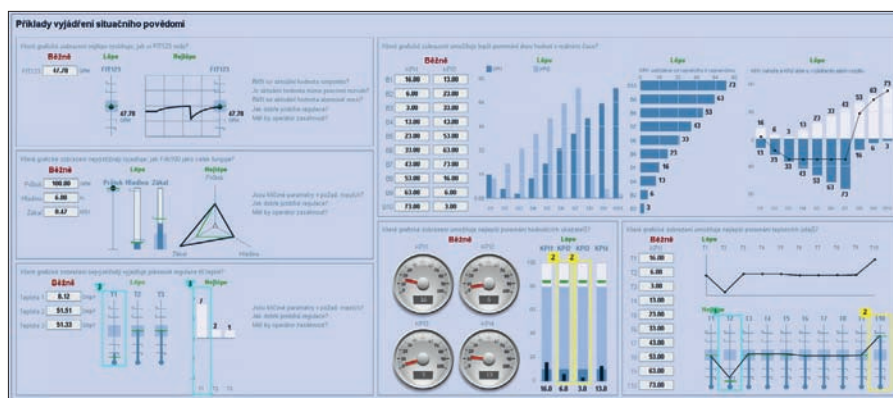
Ukázku grafických prvků pro zobrazení hodnot konkrétních veličin představuje levá část obr. 11, zatímco v jeho pravé části jsou příklady zobrazení agregovaných dat funkčních celků (*dashboard tools*).

Závěr

Správně navržená aplikace HMI podstatně zvýší efektivitu provozování výrobních zařízení, zajistí jejich vysokou dostupnost a zlepší jejich bezpečnost.

Místo toho, aby se výrobní operátoři obtížně orientovali v záplavě mnoha provozních dat s možností opomenutí nebo špatných vyhodnocení, lze jim poskytnout efektivní situační povědomí, kde jsou důležité informace zobrazeny v jednoznačně rozeznatelné podobě a s navazujícím snadným přístupem k souvisejícím informacím.

Výsledkem bude nejen menší počet chyb a omylů, ale řádově se mohou zvýšit i schop-



Obr. 11. Příklady grafických prvků poskytujících vysoké situační povědomí

nosti výrobních operátorů – od operátora jako zaměstnance, jehož úkolem je pouhý dozor s několika předem určenými činnostmi, po kompetentního pracovníka se schopností samostatně a kvalifikovaně dělat důležitá provozní rozhodnutí v reálném čase.

Všechny techniky pro vytvoření vysokého situačního povědomí popsané v tomto článku jsou již nyní k dispozici v softwaru pro aplikace HMI a SCADA Wonderware InTouch 2014 a Wonderware System Platform 2014. Lze je nejen využít v nově navrhovaných aplikacích, ale také je přidat k již provozovaným systémům a zvýšit tak jejich užitnou hodnotu.

Literatura:

- [1] KRAJEWSKI, J.: *Situational Awareness – The Next Leap in Industrial Human Machine Interface Design*. Whitepaper, Invensys, Houston, únor 2014. Dostupné na <http://iom.invensys.com/EN/pdfLibrary/WhitePaper_Wonderware_TheNextLeapInHMI-SituationalAwareness.pdf> [cit. 3. 9. 2014].
- [2] PICEK, I.: *InTouch 2014 – Co je nového*. Pantek (CS), Hradec Králové, červen 2014. Dostupné na <www.pantek.cz/pdf/produkty/intouch/InTouch2014_Co_je_noveho.pdf> [cit. 3. 9. 2014].

Ing. Michal Tauchman, Pantek (CS) s. r. o.

Tento článek „Situační povědomí“, který byl zveřejněn
v časopise AUTOMA 8-9/2014,
byl přetištěn se svolením časopisu AUTOMA.