

Industrie 4.0: mezi konceptem a technickou praxí

V roce 2011 vstoupil do světa výroby pojem Industrie 4.0. Napůl koncept, napůl iniciativa – pojem Industrie 4.0 byl představen Fraunhoferovým ústavem a německou spolkovou vládou za podpory významných německých průmyslových asociací a firem. Koncept Industrie 4.0 popisuje vizi budoucnosti průmyslu, kde se budou kombinovat informace v digitální podobě a výrobní technologie. Podobné ambice jako německý koncept Industrie 4.0 mají i některé další iniciativy: průmyslový internet věcí (IIoT – *Industrial Internet of Things*) nebo chytrá výroba, *smart manufacturing*. Výsledkem je, že v současné době je v různých konceptech poněkud zmatek a někteří pochybují o reálném potenciálu využití těchto trendů.

V tomto článku shrneme historii Industrie 4.0 a podíváme se na problémy, které řeší. Navíc identifikujeme obory, které budou mít z této iniciativy největší užitek, a předpovíme, jak by se koncept mohl rozvíjet.

Historie a cíle Industrie 4.0

Technické aspekty

Na konci 90. let 20. století spatřily světo světa nové řídicí architektury kombinující informační systémy s tradiční automatizační technikou. Tyto architektury usnadnily integraci různých disciplín řízení prostřednictvím etablovaných metod známých ze světa IT. Místo tradičních programovatelných automatů označovaných jako PLC (*Programmable Logic Controller*) se objevily programovatelné automaty PAC (*Programmable Automation Controller*) a průmyslové počítače – IPC. Zařízení obou kategorií se vyznačují rozhraními pro komunikační sítě a ovladači pro databáze, které umožňují přistupovat k informacím na úrovni provozního řízení a sdílet je. Ovšem průmyslové stroje a zařízení mají dlouhé životní cykly, takže zavádění nové techniky je pomalé. V současné době jsou integrované architektury již standardem, snad až na nejmenší stroje.

Průmyslový Ethernet přinesl do oblasti komunikačních sítí zásadní změnu tím, že nahradil proprietární sítě stejně rychlým, ale univerzálně akceptovaným systémem komunikace. V současné době používá průmyslový Ethernet už většina nových strojů. K realizaci „podniku řízeného informacemi“ přispívá také software na úrovni HMI (*Human-Machine Interface*), MES (*Manufacturing Execution System*) a MOM (*Manufacturing Operations Management*). A v posledních deseti letech zanechává v průmyslové automatizaci stále zřetelnější stopy rovněž virtualizace a digitalizace.

Ekonomické aspekty

Finanční krize v letech 2008 a 2009 zasáhla tvrději a déle podniky, které byly vystaveny přímému vlivu finančních trhů, než podniky s vyšším podílem přímé výroby. Byla to krize finanční, nikoliv průmyslová. Z výrobních podniků byly zasaženy ty, které jsou závislé na zájmu kupujících: automobilový průmysl, výroba spotřební elektroniky apod. (*Pozn. red.: U nás se tomuto tématu podrob-*

ně věnovala např. konference ARaP v roce 2009 s podtitulem Automatizace a recese, viz www.arap.cz.)

Blížkost k zákazníkovi a rostoucí náklady na dopravu jsou hlavní důvody, které vedou mnohé firmy po boomu outsourcingu, který probíhal v 80. letech v Evropě a na počátku století v Asii, k tomu, že se pokoušejí vrátit výrobu zpět do původních zemí.

Chování zákazníků

Trend masové individualizace výroby se objevil už v 80. letech minulého století. V současné době spotřebitelé mladší generace vyžadují spotřebitelské prostředí, v němž se budou snadno pohybovat, které jim poskytnou individualizované produkty a kde mohou očekávat interakce v reálném čase – a tyto skutečnosti dávají trendu masové individualizace mnohem větší dynamiku.

Proč teď?

Iniciativu Industrie 4.0 můžeme v mnoha ohledech považovat za černou labuť. Pojem černých labutí, popsany Nassimem Nicholasem Talebem, definuje černé labuť jako překvapivé události s velkým vlivem na další vývoj, které si často později nepatříčně racionalizujeme [1].

Všechny tyto charakteristiky se hodí na náhlý humbuk kolem konceptů Industrie 4.0, IIoT a chytré výroby. Překvapivé přitom je to, že už máme vše nebo téměř vše, co pro čtvrtou průmyslovou revoluci potřebujeme, jen jsme to k ní dosud nepoužili. Industrie 4.0 má potenciál změnit všechno, co děláme, od výroby přes prodej až po distribuci produktů.

V současné době se Industrie 4.0 mnohým jeví jako přirozený důsledek předchozího vývoje. Tento široce rozšířený názor je záležitostí kolektivního vnímání tohoto pojmu.

Mnohé průmyslové firmy nepřijaly koncept Industrie 4.0, dokud se nezačaly běžně používat metody a technické prostředky, které jej umožňují, jako sítě senzorů nebo prediktivní údržba.

Cíle Industrie 4.0

Industrie 4.0 však není jen technická vize budoucí výroby, ale také iniciativa s jasným programem: zvýšit konkurenceschopnost německého průmyslu, objevit jeho konkurenční přednosti a v důsledku toho zajistit návrat výroby zpět do Evropy, blíže ke spotřebiteli. Dalším cílem je zajištění udržitelné a čisté výroby, která umožní místo znečištěných průmyslových areálů znovu vytvářet oblasti, kde se mísí přírodní krajina se zemědělskou, s rozptýlenými lidskými sídly a výrobními podniky. Tím se také zkrátí dopravní vzdálenosti osob i zboží a omezí se s tím spojená potřeba dalších dopravních staveb i znečištění životního prostředí. Shrnuto, cílem je zvyšovat produktivitu a ekonomické výsledky, zaměstnanost, zdraví a pohodu obyvatel. Ačkoliv jiné země mohou mít s pojmem „průmysl 4.0“ nebo podobnými iniciativami spojený jiný politický program [2] [3] [4], evropské země mají ve srovnání s jinými trhy dvě výhody: zaprvé blízkost k velkému spotřebitelskému trhu a zadruhé dostupnost vzdělaných a zkušených odborníků. Jestliže je třeba velké množství manuální práce a kapacita pro hromadnou výrobu a nejsou-li dodací lhůty kritické, výroba se stále bude stěhovat do zahraničí – na tom se nic nezmění. Pro udržení pracovních míst v Evropě nebo jejich návrat zpět musí být výroba:

- flexibilní a adaptabilní,
- vysoce automatizovaná,
- zisková i v malých výrobních dávkách,
- efektivní z hlediska spotřeby surovin a energie.

Koncept Industrie 4.0 a technické prostředky

Koncept Industrie 4.0 byl navržen tak, aby splňoval požadavky na rychlost výroby, její automatizaci, ziskovost a efektivitu. Pro dosažení těchto požadavků využívá kybernetické systémy (CPS), tedy systémy, které se skládají z různých objektů s vestavěným zpracováním dat a informací. Objekty mohou být polotovary (vybavené např. čipy RFID), samokonfigurovatelné podsestavy, zařízení nebo stroje. Na rozdíl od běžných strojů s komunikací M2M (*machine-to-machine*) se mohou objekty CPS stát součástí interaktivních a samooptimalizujících se sítí. Sítí má fyzický vstup a výstup a často je doplněna digitálním dvojčetem a optimalizačním softwarem.

Příklady použití CPS zahrnují chytré sítě (*smart grid*), autonomní vozidla, přístroje pro monitorování zdravotního stavu pacienta, výrobní linky s distribuovanými roboty, autopiloty v letadlech apod.

Využití CPS vytváří prostředí, v němž je možné efektivně vyrábět i malé výrobní dávky. K tomu je třeba, aby byly kdykoliv dostupné všechny potřebné informace, jako momentální ceny vstupů, ziskovost, cena práce, znečištění ovzduší v místě výroby atd. Algoritmy v CPS optimalizují provoz podle všech vstupních proměnných (snižují pracovní náklady, minimalizují emise, prodlužují intervaly údržby atd.) a udržují provoz systému v zadaných mezích (minimální dostupnost, maximální dodací lhůty, možnost pracovat jen od šesti ráno do osmi večer apod.). CPS optimalizují celý systém, jehož jsou součástí, učí se a pokračují ve své vlastní optimalizaci.

V konceptu Industrie 4.0 je explicitně vyjádřena potřeba samooptimalizace prostřednictvím algoritmů učení a umělé inteligence. Algoritmy učení jsou založené na metodách simulace a modelování.

Které průmyslové obory budou mít z Industrie 4.0 užitek?

Koncept Industrie 4.0, ačkoliv je dobře definovaný, se může zdát vzdálenou vizí. Skutečností ovšem je, že už nyní je postupně a částečně realizován. V některých oborech se však nadále bude uplatňovat tradiční výroba, protože je to efektivnější. Příkladem mohou být obory jako těžební průmysl, petrochemie a těžká chemie, v nichž sice může využití IIoT přispívat ke snížení nákladů, ale potřeba vyrábět malé dávky podle individuálních požadavků zákazníků je téměř nulová; stejné je to v oborech s velkosériovou výrobou pro celosvětový trh, jako je výroba polovodičových součástek a elektroniky.

Industrie 4.0 souvisí s novou technikou, ale je také reakcí na nové požadavky trhu (flexibilita, menší výrobní dávky) a využívat ji má smysl jen tam, kde výrobci potřebují dosáhnout určitých cílů, jako je dát do souladu informace o potřebách zákazníků s aktuální kapacitou závodu nebo učinit výrobu, dodavatelské řetězce a organizaci pružnějšími a udržitelnějšími v daném prostředí.

Industrie 4.0 a dopady na současný trh

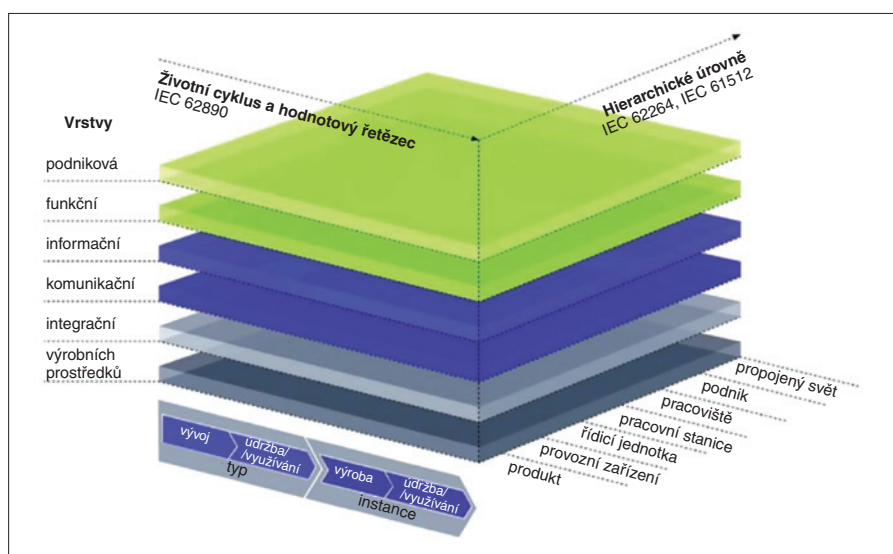
Jak prostřednictvím Industrie 4.0 zvyšovat ziskovost? Koncept umožňuje průmyslovým firmám rychle reagovat na měnící se požadavky trhu. Navíc je cílen na „zeštíhlení“

výrobních procesů a dosažení větší efektivity prostřednictvím vyhodnocování dat a realizační zpětné vazby v reálném čase. Avšak jestliže všechny podniky přijmou koncept Industrie 4.0, nezmění to pro všechny jen „úroveň hry“? Koncoví uživatelé potřebují porozumět tomu, zda investice do Industrie 4.0 jen sníží náklady, nebo zda představuje zcela novou strategii potřebnou k udržení konkurenceschopnosti. Například ceny určitých produktů mohou klesat, tzn. že jejich výrobci klesají příjmy. Šancí, jak je znovu zvýšit, je poskytování nových digitálních služeb nebo vytvoření nových předplatitelských a servisních modelů.

ní“, tj. musí umět rozpoznat své okolí a podle toho se nakonfigurovat. A nakonec, dodavatelé automatizační techniky by se měli více soustředit na vývoj aplikačního softwaru, který pomůže uživatelům extrahovat a vyhodnotit data, aby bylo možné sledovat a zlepšovat efektivitu využití automatizovaných zařízení.

Doporučení

Vyplatí se technické inovace? V uplynulých letech se na trhu automatizační techniky objevilo množství technických inovátorů, které ostatní rychle nebo pomaleji následují (či je kupují). Konkurence je však tvrdá a mož-



Obr. 1. Model RAMI 4.0 (podle ZVEI)

Pro dodavatele automatizační techniky to přináší mnoho příležitostí i výzev. Zaprve, dodavatelé musí zaručit, že jejich automatizační architektury podporují požadavky Industrie 4.0. Znamená to umožnit prostřednictvím otevřené architektury a respektováním komunikačních standardů volný tok informací ze snímačů a akčních členů přes úroveň 2 provozního řízení až na úroveň 3 a 4 operativního řízení výroby a výrobního managementu, popř. k některým funkcím ERP. Data by měla být ostatním zařízením a aplikacím, které je potřebují ke zlepšování kvality procesů a výrobků, k dispozici v zabezpečené a standardizované podobě. Zadruhé, automatizační zařízení musí být „v duchu“ CPS „inteligent-

nosti odlišit se novou technikou malé a omezené v čase, takže být a udržet se na špičce technického vývoje v oblasti automatizační techniky je drahé a dlouhodobě se nemusí vyplatit. K tomu, abyste si jako průmyslové firmy udržely přední místo v implementaci konceptů Industrie 4.0 (nebo v Česku průmyslu 4.0), doporučuje ARC následující:

- Vytvářejte partnerství, zvláště ve specializovaných oblastech, jako je robotika nebo aditivní výroba.
- Ujistěte se, že komunikační infrastruktura vašich výrobků a systémů je založená na otevřených standardech a bude vyhovovat budoucím požadavkům. Při specifikaci nových automatizačních systémů neváhejte nasadit latku otevřenosti a konektivity vysoko.
- Využívejte hodnotu digitálních modelů zařízení od jejich projektování a konstrukce až po prediktivní údržbu.
- Průmyslová technika většinou následuje za spotřební s odstupem několika let. Proto sledujte svět IT a snažte se v něm najít budoucí průmyslové trendy.

RAMI 4.0

V roce 2016 publikoval německý svaz elektroinženýrů ZVEI doporučení pro obecná

ARC Advisory Group

ARC Advisory Group (www.arcweb.com) je agentura zabývající se technickými průzkumy a konzultacemi pro podniky z oblasti průmyslu a infrastruktury, počínaje podnikovými systémy přes správu životního cyklu produktů a zařízení a správu dodavatelských řetězců až po provozní řízení, optimalizaci spotřeby energie, průmyslový internet věcí a automatizační systémy. Analytici a konzultanti ARC mají rozsáhlé zkušenosti z průmyslu a pomáhají klientům hledat nejlepší odpovědi na složité otázky, jimž dnes podnikatelské organizace čelí.

Pro ARC pracuje na celém světě více než 70 odborníků s rozsáhlými znalostmi a zkušenostmi z různých oborů a oblastí průmyslu, techniky a podnikání. ARC má kanceláře v USA, Německu, Francii, Japonsku, Indii, Číně, Singapuru a Brazílii.

ARC Industry Forum Europe 2019

Ve dnech 21. a 22. května se bude v Sitges nedaleko Barcelony konat konference ARC Industry Forum Europe 2019. O konferenci jsme se již zmiňovali v minulém čísle časopisu *Automa* (2019, č. 1, str. 41). Zde je její předběžná agenda:

- *Don't Make Your Machines Smart: Opportunities and Risks of Cloud-based Industrial IoT Business* – Marco Link, Adamos
 - *MES in Real Life: The Challenge of Integrating a New Application into an Existing Production IT Landscape* – Olivier Vallement, Eurial Ultra Frais
 - *Restructuring Internal Software Development with an IoT/Development Platform* – Grenzebach Group
 - *AI for Predictive Machine Operations: Some Real-world Results* – Giovanni Spitale, Milacron, Stefan Hild, ei³
 - *How to Unleash Your Manufacturing Potential* – Willie Smit, Sasol
 - *How Blockchain Enables Trusted Track & Trace in the Food & Beverage Industry* – Alastair Orchard, Siemens PLM
 - *Deterministic IoT and TSN: Bringing Industrial Platforms to the Next Level* – Georg Kroiss, TTTech Computertechnik
 - *Collaboration and Speed as Key Success Factors in Digitalization Projects* – Kathrin Günther, Uhlmann Pac Systeme
 - *OPC UA for Industrie 4.0 in the Mechanical Engineering Industry* – Christian Mosch, VDMA
 - *Workshop: Additive Manufacturing* – moderátor: Fabian Wanke, ARC Europe
 - *Workshop: Asset Performance Management* – moderátor: Valentijn de Leeuw, ARC Europe
 - *Workshop: Cybersecurity* – moderátor: Thomas Menze, ARC Europe
 - *Workshop: MESA* – moderátoři: Valentijn de Leeuw, ARC Europe, a Michel Devos, MESA
- Podrobnější informace jsou na <https://www.arcweb.com/events/arc-industry-forum-europe>. Na konferenci budete moci potkat i autory tohoto článku.

a na výrobci nezávislá kritéria pro produkty vyhovující konceptu Industrie 4.0. Jako součást standardizační práce byl navržen model referenční architektury Industrie 4.0 (RAMI 4.0; [6], obr. 1), který reprezentuje celý prostor řešení pro Industrie 4.0. V RAMI 4.0 jsou technické standardy umístěny na třech osách: vrstvy architektury, životní cyklus a hodnotový řetězec a hierarchické úrovně. V současné době je tento model rozpracováván v různých pracovních výborech.

Publikován byl také druhý referenční model nazývaný „komponenty Industrie 4.0“. Tento model popisuje, jak je produkt odpovídající konceptu Industrie 4.0 vestavěn do sítě Industrie 4.0. K tomu je třeba definovat, co je tzv. digitální obálka, *administration shell*, která interpretuje komunikaci v sítích Industrie 4.0. Produkt, který odpovídá koncepci Industrie 4.0, se tedy skládá z vlastního fyzického zařízení (*asset*) a jeho digitální obálky. Oba referenční modely nesou své požadavky a jsou východním bodem pro kritéria rozlišující produkty odpovídající konceptu Industrie 4.0 od ostatních. Vybírají se taková kritéria, která vedou k podstatným změnám a jsou předpokladem pro uplatnění zařízení v konceptu Industrie 4.0.

Prodejci na trhu by měli tato kritéria používat při rozhodování, zda daný produkt mohou označit jako Industrie 4.0 Ready. Současně je mohou výrobci používat jako vodítko při vývoji nových produktů. Zákazníkům poskytuje definice ZVEI jasný přehled o parametrech a funkcích, které by měly produkty pro Industrie 4.0 mít. Dokument sdružení Industrie 4.0 Platform *Charakteristiky výrobků 2017* popisuje minimální vlastnosti či charakteristiky, které produkty, jež jsou v současné době na trhu, musí splňovat z hlediska způsobilosti k použití v systémech podle konceptu Industrie 4.0.

Mezinárodní spolupráce

V roce 2018 publikovala dvě sdružení, Industrial Internet Consortium (IIC) a Platform Industrie 4.0, společný technický dokument *Propojení architektury a interoperabilita*, který detailně popisuje vazby a propojení mezi dvěma předními modely používanými v oblasti IIoT: Referenční architektury průmyslového internetu (IIRA) a RAMI 4.0 [7].

Dokument popisuje, jak se obě referenční architektury vzájemně přirozeně doplňují. Model IIRA popisuje to, co se v angličtině označuje jako „*industry*“, tedy procesní

i strojní výrobu, ale také energetiku, rozvodné sítě, dopravní systémy, telemedicínu nebo chytrá města, a klade velký důraz na interoperabilitu mezi těmito odvětvími, zatímco německé „*Industrie*“, a tedy i RAMI 4.0, se soustředí na výrobu a související hodnotové řetězce (v angličtině německému *Industrie* odpovídá spíše *manufacturing*). Je důležité, aby systémy IIoT navržené podle referenčních architektur IIRA a RAMI 4.0 byly interoperabilní. Obě sdružení se shodla, že vypracují propojení obou referenčních architektur, která zaručí interoperabilitu tam, kde v systému dochází k interakcím se systémy navrženými podle „té druhé“ architektury.

Literatura:

- [1] TALEB, Nassim. *Černá labuť: následky vysoce nepravděpodobných událostí*. Praha: Paseka, 2011. ISBN 978-80-7432-128-3.
- [2] ed. Česká cesta k Průmyslu 4.0. *Automa*. Děčín: Automa – ČAT, 2016, (3), 73. ISSN 1210-9592.
- [3] BARTOŠÍK, Petr. Čína na prahu průmyslové revoluce. *Automa*. Děčín: Automa – ČAT, 2016, (8-9), 5–6. ISSN 1210-9592.
- [4] HLOSKA, Jiří. Společnost 5.0 – japonská cesta od informační k superchytré společnosti. *Automa*. Děčín: Automa – ČAT, 2018, (2-3), 22–23. ISSN 1210-9592.
- [5] ev. Francouzský program Industrie du Future. *Automa*. Děčín: Automa – ČAT, 2015, (10), 5. ISSN 1210-9592.
- [6] jč. Referenční model struktury Industrie 4.0 RAMI 4.0. *Automa*. Děčín: Automa – ČAT, 2015, (11), 43–44. ISSN 1210-9592.
- [7] BARTOŠÍK, Petr. Platforma Industrie 4.0 dosáhla významných milníků v oblasti standardizace a mezinárodní spolupráce. *Automa*. Děčín: Automa – ČAT, 2018, (5), 13–14. ISSN 1210-9592.

Constanze Schmitz, Fabian Wanke, ARC Advisory Group

Poznámka k překladu

Článek popisuje německý koncept a iniciativu Industrie 4.0. Proto byl ponechán jeho německý název, stejně jako v anglickém originálu článku.

Jinde v časopise *Automa* se vyskytují také verze Industry 4.0 nebo průmysl 4.0, které označují obecné koncepte chytré výroby, nejen německé. Označení Průmysl 4.0, tedy s velkým P, je vyhrazeno pro iniciativu českého Ministerstva průmyslu a obchodu.

Článek byl při překladu opatřen několika poznámkami a odkazy na českou literaturu.



Předplatné časopisu AUTOMA
Ize pohodlně sjednat na stránkách
www.automa.cz