

PRAKTICKÉ APLIKÁCIE „INDUSTRY 4.0“ V PODNIKOKCH

PRACTICAL APPLICATIONS OF "INDUSTRY 4.0" IN COMPANIES

Ing. Peter Malega, PhD.

Ing. Peter Nudzik

Technická univerzita v Košiciach

Strojnícka fakulta

Ústav manažmentu, priemyselného a digitálneho
inžinierstva

Park Komenského 9, 042 00 Košice,

e-mail: peter.malega@tuke.sk

Abstract: Industry 4.0 will change the concept of a production factory. It will be largely automated with intelligent IT solutions. They will also optimize processes. It will be possible to produce small, individualized products with the advantages of large-scale production. The company that successfully uses the Smart factory concept will achieve a preferential market position. Companies will be able to achieve higher productivity. This will result in the digitization and robotization of production, which allows the production of more products in shorter time and ensures the elimination of unnecessary consumption, respectively faults before it occurs.

Key words: Industry 4.0, Smart factory, Internet of Things, SAP Hana, Cloud computing, electric car

Úvod

Vďaka koncepcii s názvom Industry 4.0 budú priemyselne podniky v budúcnosti budovať flexibilné výrobné procesy, pričom tie budú prispôbené k produkcii v malých dávkach, ktoré budú presne nakonfigurované na základe požiadavky zákazníka, takže v rôznych modifikáciách vo veľmi krátkom výrobnom a dodacom čase. [2, 4, 5]

V rámci Industry 4.0 teda dochádza k prepojeniu reálneho sveta s virtuálnym. Stroje komunikujú medzi sebou, ale i s ľuďmi. Dokážu reagovať na poruchy. Súčasne dokážu veľmi promptne upraviť výrobu, aby nedošlo k zastaveniu výroby, poprípade linky. To bude mať pozitívny prístup k minimalizácii materiálu, chýb, krátkemu výrobnému procesu na výrobku a k menej náročnej obsluhu pri linke. [8, 22, 23]

Siemens EWA – Smart factory a SIMATIC – RFID technológia

Spoločnosť Siemens AG ma výrobný závod Siemens Electronic Works Amberk (Siemens EWA), pričom je možné konštatovať, že je to jeden z najmodernejších závodov na výrobu elektroniky vo svete. Po zlúčení s firmou DEK vyrábajú

tlačiarne pre výrobu dosiek plošných spojov. Táto továreň už funguje podľa konceptu Smart factory a ide o najmodernejšiu, vysoko flexibilnú, automatickú výrobu elektronických komponentov. Výrobky z tohto závodu sú dodávané do celého sveta. Ide o automatizačnú techniku pre priemysel až po techniku pre infraštruktúru v mestách. Ročne táto továreň dokáže vyrobiť viac ako 2 miliardy výrobkov. [3]

Výrobné linky v Amberku sú vybavené riadiacimi systémami SINEMATIC a mnohými PLC prvkami, ktoré pomáhajú k efektívnej výrobe. Až 75% výroby pracuje automaticky. Výroba má charakter transparentnej integrácie, cez konštrukčnú fázu až po výrobnú a to pri neustálej kontrole. Vďaka tomu objednané komponenty môžu zákazníkom dodať včas a to vo vysokej kvalite s požadovanými špecifikáciami. Základom je spolupráca oddelenia vývoja, výroby a technickej kontroly pri užšej spolupráci dodávateľa a zákazníka.

Táto moderná továreň dokáže pružne reagovať na zmeny trhu a konkurovať priemyselnej výrobe v globálnom hľadisku, vďaka vysokej integrácii, ktorá v dôsledku toho dokáže zvyšovať pridanú hodnotu pre zákazníkov. Továreň je zefektívnená prvkami ako napr. [15]:

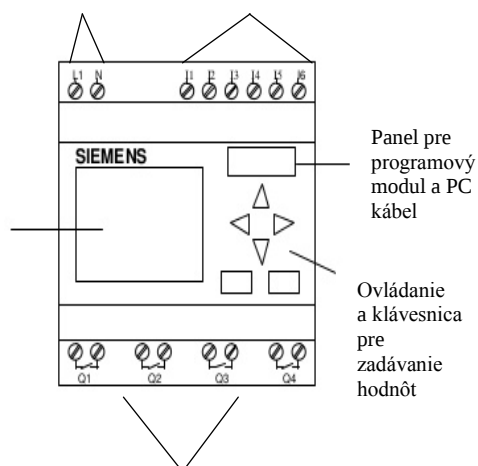
- Data management – základom pre precíznu a plynulú výrobu sú kvalitné analyzované a vyhodnotené dáta. V tomto prípade pomocou senzorov a snímačov sú dáta ukladané na server. Na serveri sa dáta spracúvajú a slúžia ako podklad pre plánovanie vo výrobe a optimalizáciu výrobných procesov.
- Plánovanie výroby – aby bolo možné tvoriť pracovné postupy, potrebuje spoločnosť mať schopný tím ľudí. Technické parametre sú naprogramované do programov automatizačných systémov.
- Kontrola výroby – vo výrobe je osadené veľké množstvo kamier, senzorov a stanovísk na kontrolu, a to všetko slúži na monitorovanie kvality od vstupu materiálu do výrobného procesu až po výstupnú kontrolu. Keďže má každý výrobok čiarový kód, môže spoločnosť presne sledovať jeho postup výrobou.
- Integrácia výrobkov a životného cyklu – kľúčom ku konkurenčnej výhode je systematická spolupráca výroby s vývojom a výskumom. Tým sú inovácie rýchlo začlenené do výrobného procesu a tým je výrobný proces neustále optimalizovaný. Ďalej je využívaná simulácia a digitálne prototypy, aby sa zaistila efektívnosť vo

výrobe a tým sa následne predĺži aj životný cyklus výrobku.

Siemens EWA zamestnáva päť tisíc zamestnancov aj po spustení Smart factory. Stroje nenahradili ľudskú pracovnú silu úplne. K prepúšťaniu nedošlo, ale bol zaznamenaný nárast produkcie. Zamestnanci sa iba presunuli na inú pracovnú pozíciu. Najviac zamestnancov sa presunulo do výskumu a vývoja.

Koncepcia založená na linkách vybavená hardvérom bola v tomto závode nahradená vysoko modulárnym a flexibilným riadiacim softvérom, ktorý dokáže reagovať na zmeny na trhu, kde je neustále väčší dopyt po špecifických výrobkoch. Dosiahla sa tak vysoká flexibilita výroby, kde neustále dochádza k výmene informácií so spoluprácou všetkých prvkov, čiže došlo k digitalizácii výroby.

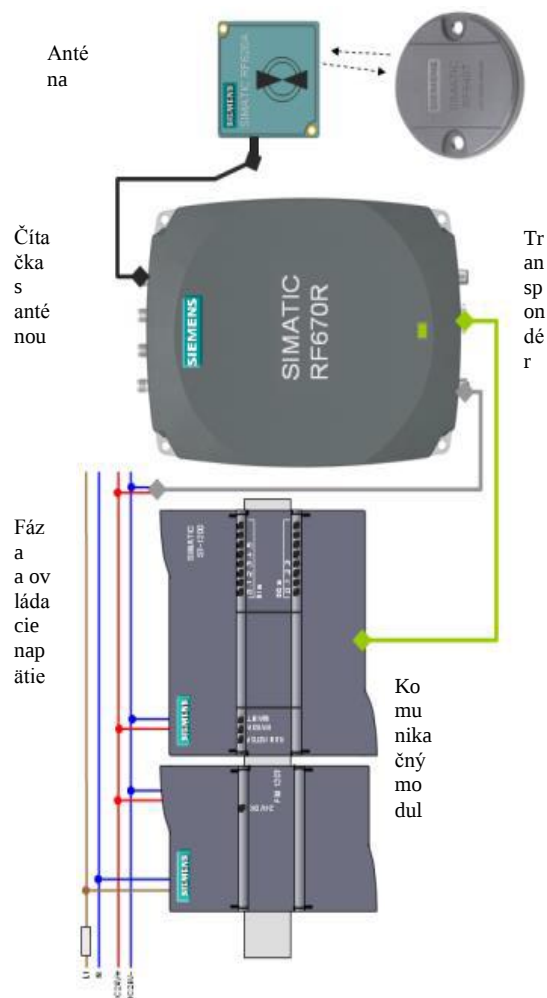
Siemens EWA materiál sa v tomto koncepte dováža iba od najlepších dodávateľov, ktorí dokážu zabezpečiť kvalitný materiál a dodržiavajú vysoké štandardy. Dodávky materiálu sú uskutočnené metódou JIT (Just in Time), čím dochádza k optimalizácii skladových zásob. Materiál medzi skladom a výrobnou linkou spoločnosti zabezpečujú automatizované dopravníky. To spoločnosti zaručuje, že materiál sa zo skladu dostane na opracovanie v dostatočnom časovom predstihu. Niektoré operácie sú úplne automatizované, a preto dosiahnu vysokú presnosť. Celý tento proces je zdokumentovaný pomocou čiarového kódu na výrobku. Jednotlivé komponenty spolu na výrobnéj linke komunikujú. Každý jeden výrobok prejde niekoľkými testovacími zariadeniami, aby bola zabezpečená čo najvyššia kvalita. Smart factory, konkrétne Siemens EWA, si vyžaduje aj prítomnosť SINEMATICU (Obr. 1). Konečná kontrola, balenie a hotový výrobok vo vysokej kvalite a s požadovanými špecifikáciami je expedovaný do 24 hodín od objednávky. [25]



Obr. 1 Systém SINEMATIC [20]

Spoločnosť Siemens AG ponúka svoje riešenia aj s využitím RFID technológie, pričom táto technológia ponúka veľa výhod a zákazníkom toto riešenie otvára nové možnosti. Táto technológia umožňuje transparentnosť v celom výrobnom i dodávateľskom reťazci. To znamená, že materiálové toky sú neustále pod dohľadom. RFID tiež umožňuje rýchle získavanie dát. To zaisťuje efektívne plánovanie, odhalenie slabých častí a elimináciu zbytočných procesov. Preto spoločnosť Siemens prináša Siemens Ident, ktorá pracuje na vysokofrekvenčnej koncepcii. Produkt SIMATIC RF využíva ultra krátke vlny, vyznačujúce sa veľkým rozsahom, rýchlym čítaním a predovšetkým decentralizovaným čítaním. [21]

Využitie sa uplatní vo viacerých oblastiach výrobného podniku – logistika, výroba, plánovanie zdrojov, kontrola, automatizácia, atď. Podľa smerovania a veľkosti podniku ponúka Siemens rôzne typy SIMATIC RF (Obr. 2). Dôležité dáta sa ukladajú do databázy, kde sú ďalej spracované a kedykoľvek prístupné k analýzám. SIMATIC RF je kompatibilný s ostatnými typmi produktov SIMATIC.



Obr. 2 Modul RFID technológie (SIMATIC RF) [20]

Synapticon GmbH – Cyber – fyzické systémy

Nemecká spoločnosť Synapticon sa špecializuje na Embedded hardware a software pre senzory, ovládače a sieťové systémy. Poskytuje aj poradenské a inštalčné služby, a to v oblasti robotiky, sofistikovaných výrobných automatizovaných linkách, elektrických autách a IoT. Spoločne so spoločnosťou XMOS Ltd. spolupracujú na riešení autonómnych vozidiel, Smart factory a autonómnej robotiky pre koncept Industry 4.0. [7, 9]

Synapticon vyvinul vlastnú platformu pre aplikovanie CPS, ktorú zabezpečuje modulárnymi systémami spočívajúcimi na kompatibilných elektronických moduloch, ktoré umožnia vytvoriť rozličné typy kontrolných jednotiek, senzorov a ovládačov. Nezávisle programovateľné procesné jednotky v kontroléroch zabezpečujú široký rozsah komunikácie, resp. rozhranie zariadení k vybudovaniu komplexného automatizovaného riešenia so svojou vlastnou umelou inteligenciou. Platforma DYNARC zahŕňa SOMANET moduly pre výskum a vývoj na vytvorenie virtuálnych prototypov výroby, ich monitorovanie s reálnou výrobou, a to všetko sa deje v reálnom čase. Tiež obsahuje SOMANET čipy pre zákaznícku, či masovú výrobu. Zaisťuje celopodnikovú komunikáciu, získavanie dát zo senzorov i monitoring pohybu komponentov výrobou (zatiaľ iba v štádiu výskumu), rovnako ako OBLAC Tools webový nástroj vytvárajúci prostredie ku konfigurácii systému, rozvoj software a údržbu DYNARC hardware. A okrem toho ešte vytvára spojenie Embedded systems s Cloudom.

DYNARC platforma poskytuje hardware, software a prvky, ktoré umožňujú čítať čidlá, riadiť motory i pohony v celom systéme. Sensory a ovládače sú prístupné prostredníctvom Cloudu. Cely systém je podporovaný výpočtovou technikou a virtuálnym prototypom, resp. komunikačnými prostriedkami. Konečné produkty komunikujú rovnakým jazykom ako komponenty k ich výrobe, a potom je ich možné opakovane používať a konfigurovať. Táto platforma pomáha prepojiť riadiace systémy pre roboty, stroje a prostriedky štandardizovaným spôsobom. [11]

SIGFOX SA – Internet of Things (IoT)

Sigfox SA je francúzska spoločnosť, ktorá sa zaoberá bezdrôtovými technológiami od roku 2009. Momentálne sa spoločnosť sústreďuje na nízkoenergetické pripojenie objektov ako napr. smartphone, elektromery, práčky a to do jednej centrálnej siete Internet of Things. Sigfox je najväčšia spoločnosť, ktorá poskytuje globálne mobilné pripojenie pre IoT. Ich riešenie je založené na anténach a základových staniciach (serverovniach). Infraštruktúra je úplne nezávislá na súčasných sieťach, resp. telekomunikačnej sieti. [6]

Cieľom tejto spoločnosti je zabezpečiť pripojenie zariadení k Internetu bez potreby batérií a za čo najnižšie náklady.. Do siete Sigfox nie sú zapojené iba smartphony a tablety, ale aj rôzne senzory, zariadenia v domácnosti, alarmy, automobily a prístroje (Obr. 3). Ide o milióny objektov prepojených v IoT.



Obr. 3 Sigfox technológia [15]

Sigfox je vo Francúzku najväčší poskytovateľ M2M komunikácie v priemysle. Cieľom spoločnosti je prepojiť výrobu, distribúciu a management do IoT. Túto platformu však treba ešte zjednodušiť a doladiť, aby mohla fungovať v globálnom hľadisku a mohla byť štandardizovaná. Preto Sigfox vytvoril špecializované pracovné skupiny, aby spolupracovali s uznávanými normalizačnými úradmi. A týmto krokom dáva najavo aj konkurencii, že pre globálne fungovanie IoT musí byť platforma kompatibilná aj s ostatnými zariadeniami iných spoločností. [14]

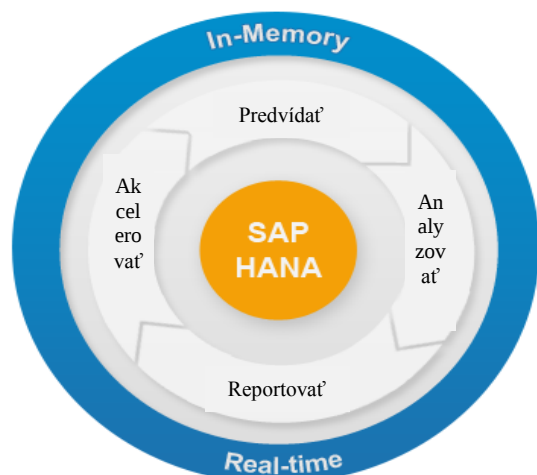
SAP SE – Cloudová platforma SAP HANA

Spoločnosť SAP SE ponúka podnikom softwarové riešenia a vo svojom odbore patri medzi najlepšie na trhu. Táto nemecká spoločnosť definuje Big Data ako oceán informácií, v ktorých spoločnosť pláva každý deň. Oceán informácií je tvorený veľkým objemom údajov z osobných počítačov, mobilných zariadení, senzorov a čidiel. Aby sa priemyselne podniky mohli ponoriť do všetkých dát a získať cenné poznatky, musia mať správne riešenia. Tou je cloudová platforma SAP HANA, ktorá má za účel spracovať veľké objemy dát za použitia analytických nástrojov. [1]

SAP HANA má jadro in-memory databázy. Vďaka tomu sú získané dáta uložené v operačnej pamäti, čo umožňuje vysoký výkon a rýchle spracovanie. A ešte sú do systému pridané nástroje ako napríklad prediktívna analýza, ktorá urýchľuje a uľahčuje spracovanie dát (Obr. 4).

Hlavná výhoda je, že k analýzám postačujú ako nové dáta, tak aj staré dáta, ktoré sú archivované v databáze. Okrem toho získavanie a načítavanie dát je možné z rôznych zdrojov, nie iba zo SAP aplikácií.

Pre priemyselné podniky to prinesie transparentnosť informácií v celom reťazci, predvídanie vývoja dopytu a potreby zákazníkov, rýchlu identifikáciu, trendy v rámci zákazníckych skupín, vývoj a inováciu výrobkov na základe dát od zákazníkov, zníženie reklamácií, monitorovanie kapacity a skladových zásob, resp. sledovanie spotreby energií. Ďalej vďaka získaným dátam bude možné skúšať experimenty, simulácie, analýzy a modelovanie poznatkov. To všetko je možné vyhodnotiť na základe práce s dátami.



Obr. 4 Platforma SAP HANA [24]

IBM – Cloud computing

Spoločnosť International Business Machine Corporation (IBM) je americká medzinárodná spoločnosť pôsobiaca v oblasti informačných technológií a inovácií. Pobočky sa nachádzajú po celom svete a v SR pôsobí tato spoločnosť už od roku 1992. K hlavným činnostiam patri hardware, predaj počítačového software a ďalšie služby spojené s IT. Avšak spoločnosť predovšetkým poskytuje služby Cloud computing.

Služba IBM Cloud neobsahuje jednu formu Cloudu cez druhú, naopak umožňuje zákazníkovi vytvoriť privátny Cloud a do neho presúvať všetky pracovné úlohy a požiadavky. To znamená, že IBM Cloud je založený na hybridnom cloud modelu, ktorý sa orientuje na integráciu lokálneho Cloudu spoločnosti s tým verejným. [10]

Cloudová služba spoločnosti IBM zahŕňa tieto infraštruktúry:

- SaaS business applications – táto platforma ponúka prenájom okolo sto aplikácií pre podniky, ktoré vytvárajú inovácie, umožňuje zložité obchodné analýzy a prepojenie spolupracovníkov v celom podniku.
- IaaS infrastructure services – táto platforma ponúka služby otvorenej cloudovej infraštruktúry pre fungovanie IT. Ponúka flexibilitu, pokiaľ chce zákazník verejný,

súkromné alebo hybridné Cloudy, v závislosti na jeho požiadavkách.

- PaaS developer platform – táto platforma umožňuje zostaviť si aplikácie presne podľa svojich potrieb. Možno využiť kombináciu najvyužívanejších IT podporovaných aplikácií.
- Private/hybrid Cloud – dynamické prepojenie súkromného a verejného Cloudu a ich organizovanie, riadenie a zabezpečenie umožňujú urýchlenie inovácií. Umožňuje vybrať si z rôznych komponentov a zostaviť si Cloud presne podľa potrieb organizácie.

S Cloudom je spojená predovšetkým obava o bezpečnosť, pretože podnikové dáta sú ukladané a spracované vo vzdialených úložiskách. IBM zaručuje Cloud Security, ktorá garantuje, že ich politika bezpečnosti je na najvyššej úrovni. Všetky procesy sú zabezpečené s využitím rôznych techník ochrany a častej kontroly. Neustále odhaľuje slabé miesta, ktoré sú dodatočne odstraňované. Samozrejme je, že pre zákazníka platia určité odporúčania ako predchádzať slabým miestam a ako zabezpečiť svoju oblasť IT.

Tesla Motors – elektromobily

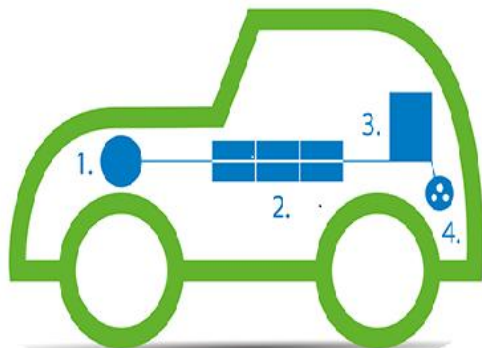
Tesla Motors pôsobí na trhu od roku 2003 a orientuje sa na elektromobily s cieľom nahradiť tradičné, neekologické spaľovacie motory elektrickou energiou. Oproti bežným automobilom majú podobný výkon, ale výhodou je nulová tvorba emisií. Tesla Motors má v ponuke modely označené ako S a X.

Automobil modelu S, predstavený v troch prevedeniach P85D, 85D a 70D, je v súčasnosti predstavovateľom tzv. Smart product. Predovšetkým preto, lebo automobil je vybavený senzormi, ktoré monitorujú jazdné vlastnosti, inteligentnými asistenčnými systémami a software. Automobil je prepojený do siete a odosiela výrobcovi dáta o nastavení a používaní, ako aj spätnú väzbu a podklad pre zlepšenie. Elektromobily sú autonómne vďaka sofistikovaným asistenčným systémom, ako je Auto pilot. Vtedy automatické riadenie spolu s adaptívnym tempomatom a bezpečnostnými prvkami zabraňuje nehode.

Elektromobil Tesla napojený na Tesla sieť môže v prípade nutnosti opravy autonómne urobiť korekciu, a to napr. stiahnutím aktualizácie, alebo odoslaním správy majiteľovi auta, že je potrebné navštíviť servis. To sa označuje ako Intelligent Maintenance system, ktorý pravidelne monitoruje stav vozidla a reaguje ešte predtým, ako sa vyskytne porucha. O poruche informuje ako používateľa, tak aj výrobcu. Z hľadiska zákazníka ide o perfektný popredajný servis.

Základné prepojenie pre fungovanie elektromobilu sa skladá z týchto častí (Obr. 5):

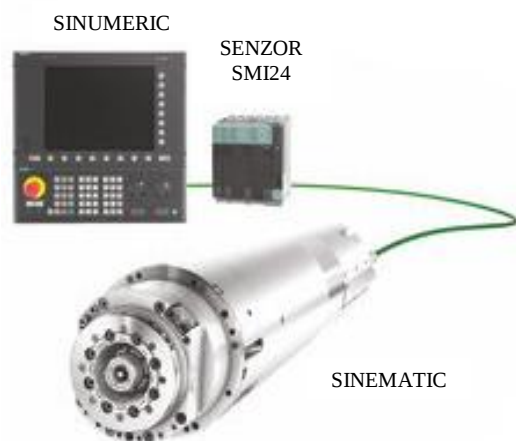
1. motor,
2. sada batérií od 5 do 100 KWh,
3. nabíjacia stanica,
4. zásuvka – normálna využíva AC (striedavý) prúd, rýchlo nabíjacia zase DC (jednosmerný) prúd.



Obr. 5 Elektromobil – základné prepojenie pre fungovanie [15]

Weiss Spindeltechnologie GmbH – Smart senzor SMI24

Príkladom Smart sensoru, inými slovami senzoru prepojeného s počítačom, ktorý je vo vnútri stroja a sleduje stav vretena, je inteligentná riadiaca jednotka spoločnosti Weiss Spindeltechnologie GmbH s podporou spoločnosti Siemens AG. Tento prvok je využívaný pre Smart Maintenance v priemyselných podnikoch, konkrétne ide o údržbu vretena v strojoch. Keď zabudujeme senzorový modul SMI24 a inteligentné systémy SINEMATIC A SINUMERIC do stroja, dôjde k zníženiu nečakaných prestojov vďaka analýze dát z vretena (Obr. 6). [16]



Obr. 6 Prepojenie SINUMERIC, SMI24 a SINEMATIC [20]

Výsledkom tejto implementácie je Smart Spindle (inteligentné vreteno), ktoré dokáže sledovať otáčky vretena, teplotu vretena, stav nástrojov, stav upínania a sledované dáta posíla

bezdrôtovo pomocou Wifi na počítač pracovníka údržby, ktorý len sleduje priebeh výroby a na základe dát posíla údržbára ku stroju, ešte skôr ako sa porucha prejaví. To znamená, že na základe takýchto dát možno naplánovať potrebnú údržbu v dostatočnom predstihu, čím sa zabráni výskytu porúch a následných prestojov stroja, resp. linky.

Ďalším plusom je jednoduchosť spustenia nového vretena. Predtým bolo potrebné pred spúšťaním nového vretena zadávať do riadiaceho systému veľa parametrov, ktoré zabralo elektrotechnikom veľa času, pretože údaje sa zadávali ručne. Modul SMI24 tento proces dokáže zjednodušiť a spolupráca s meničom SINEMATIC prebieha ľahko v podstate ako pripojenie USB kľúča k počítaču. Následne už motorové vreteno posíla potrebné dáta do riadiaceho systému SINUMERIC a odtiaľ bezdrôtovo na počítač pracovníka údržby. [20]

Záver

Koncept Industry 4.0 je spojený s novými pojmami, ktoré sú kľúčové pre správnu funkciu Smart factory. Ide o budúcnosť, ktorá dokáže reagovať na zmeny a maximálne efektívne uspokojiť potrebu zákazníkov. Srdcom celej takejto továrne bude CPS model. Prepojené bude všetko pomocou Internet of Things, ktorý spojí Smart objekty do jednej spoločnej siete. Bezdrôtový prenos dát zabezpečí nie iba WIFI, ale aj RFID technológia, kde RFID čipy budú implementované do každého zariadenia. [12, 13]

Takéto zariadenie je schopné komunikovať, zdieľať svoje informácie a informácie aj prijímať. Kvôli takejto komunikácii vznikne obrovské množstvo dát označené ako Big Data, do ktorých sa budú prenášať informácie od zákazníkov, resp. zo senzorov. Tieto obrovské dáta budú združené do centrálného Cloudu. Niektoré špecializované spoločnosti budú ponúkať cloudové úložiská. Na nich bude riešenie najväčšieho rizika (hackerov), vďaka Cybersecurity. [17, 18, 19]

Cieľom takejto výroby je vyprodukovať individuálny výrobok, ktorý bude presne konfigurovaný podľa želania zákazníkov a to všetko čo v najkratšom čase, za čo najnižšiu cenu. V logistike sa naplno využije PUSH princíp a to bude mať za následok spokojného zákazníka, čo je podstata tohto konceptu. [26]

Príspevok bol riešený v rámci projektu VEGA 1/0853/16: Nové projektové technológie pre tvorbu a implementáciu závodov budúcnosti, projektu KEGA 026TUKE-4/2017 Implementácia inovatívnych edukačných prístupov a nástrojov pre posilnenie rozvoja kľúčových kompetencií absolventov študijného odboru Priemyselné inžinierstvo a projektu Digitálna ekonomika v kontexte Priemyslu 4.0.

Literatúra

- [1] Alali, F. A. Yeh, C. Cloud Computing: Overview and Risk Analysis. *Journal of information systems*, 2012, 26 (2): 13-33. ISSN 0888-7985, DOI: 10.2308/isys-50229
- [2] Angelov, P.: *Autonomous Learning Systems: From Data Streams to Knowledge in Real-time*. John Wiley & Sons. 2012.
- [3] Bartašik, P. Výrobní závod Siemens v Amberku: „smart factory“ v praxi. *AUTOMA*, 2014, 8-9: 19-21. ISSN 1210-9592.
- [4] Blau, J., Gobble M. News and Analysis of the Global Innovation Scene: Revolutionizing Industry the German Way. *Research-Technology Management: Creating Innovation Leadership Solutions*. 2014, 57 (6): 2-3. ISSN 0895-6308. DOI: 10.5437/08956308X5706001.
- [5] Bothhoff, A., Hartmann, E. A.: *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*. Springer. 2015.
- [6] Daugherty, P., Banerjee, P., Alter, A. E.: *Accenture IIoT*. Accenture. 2014 [Online]. Dostupné na internete: <<http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture-Driving-Unconventional-Growth-through-IIoT.pdf>>.
- [7] GTAI. Smart Factory - The Future of Automated Manufacturing Germany Trade & Invest, 18. Března 2014. [online]. Dostupný z URL: <<http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Industries/Smarter-business/Smart-technologies/smart-factory.html>>
- [8] Helbig, J., Wahlster, W., Kaggerman, H. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. 2013. [online]. Dostupné z URL: <http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Report_Industrie%204.0_engl_1.pdf>.
- [9] Chan, M. et al. Smart homes—current features and future perspectives. *Maturitas*, 2009, 64.2: 90-97.
- [10] IBM. Cloud computing 2016[online]. Dostupný z URL: <http://www.ibm.com/cloud-computing/cz/cs/>
- [11] Jazdi, N. Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. *Cluj-Napoca: IEEE*, 2014. ISBN 978-1-4799-3731-8.
- [12] Lasi et al. *Industry 4.0. Business & information System Engineering*, 2014, 4: 239-240. ISSN 1867-0202. DOI: 10.1007/s12599-014-0334-4
- [13] Lee, J., Kao, H. A., Yang, S.: „Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment“ in *Product Services Systems and Value Creation. Proceedings of the 6th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems*, pp. 3-8, 2014
- [14] Noor, A. The connected life: The internet of everything coming to building near you. *Mechanical engineering*. 2015: 137 (9): 36-41. ISSN 0025-6501
- [15] Nudzík, P.: *Inovačné riešenia podnikov s využitím poznatkov Priemyslu 4.0*. Diplomová práca. TU SJF v Košiciach. 71 s. 2017.
- [16] Radziwon et al. *The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions*. *Procedia Engineering*, 2014, 69: 1184-1190. ISSN 1877-7058. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.03.108
- [17] Rittinghouse, W., Ransome, F. *Cloud computing: implementation, management, and security*. CRC press, 2009. ISBN 978-1-4398-0681-4
- [18] SC Schmidt, R. et al. *Industry 4.0 – Potentials for creating Smart Products: Empirical research Results*. *Business Information Systems: Lecture Notes in the business Information processing*, 2015, 208: 16-27. DOI: 10.1007/978-3-39-19027-3_2
- [19] Schweiger, C.: *Use and Deployment of Mobile Device Technology for Real-time Transit Information*. Washington: National Academy of Sciences. 2011.
- [20] SIEMENS SIMATIC Ident: *Industrial identification systems*. Catalog. ©2013. [online]. Dostupné z URL: http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data_files/katalogy/id10/cat_id10_2016_en.pdf
- [21] Sommerová, M. *Základy RFID technologií*. RFID VŠB Ostrava, 2009.
- [22] Straka, L.: *New Trends in Technology System Operation*. *Proceedings of the 7th conference with international participation, Presov*, pp. 385, 2005.
- [23] Šutaj-Eštók, A., Liberko, I., Sirková, M.: *Process management in relation to the systems thinking*. In: *Management 2012 : research management and business in the light of practical needs*. - Prešov : Bookman, 2012. p. 214-218. ISBN 978-80-89568-38-3
- [24] Voigts, R. J. *SAP HANA zvládne vše i v cloudu*. ITBIZ.cz [2016 online]. Dostupný z URL: <http://www.itbiz.cz/clanky/sap-hana-zvladne-vse-i-v-cloudu>
- [25] Willliam M. D.: *Industrie 4.0 - Smart Manufacturing For The Future*. Berlin: Germany Trade & Invest. 2014.
- [26] Zhang et al. *RFID-Based Manufacturing Execution System for Mould Enterprises*. *Engineering - Engineering Mechanics And Materials, Computers*, 2013, 160 (12): 451-456. ISSN 23068515