

OBRAZOVANJE U OBLASTI SAJBER-FIZIČKOG INŽENJERSTVA

Livija Cvetićanin¹¹Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija¹cveticanin@uns.ac.rs

Kratak sadržaj: U radu je razmatran savremeni koncept nastavnog programa za obrazovanje mašinskog inženjera u skladu sa strategijom INDUSTRIJA 4.0 koja zahteva uvođenje sajber-fizičkih sistema. Prikazan je primer nastavnog plana po kojem se izvodi nastava na prestižnim univerzitetima u svetu. Mašinski inženjeri školovani po ovom programu su osposobljeni za formiranje sajber-fizičkih sistema u oblasti projektovanja, konstrukcije i proizvodnje.

Ključne reči: INDUSTRIJA 4.0, sajber-fizičko inženjerstvo, obrazovanje

EDUCATION IN CYBER-PHYSICS ENGINEERING

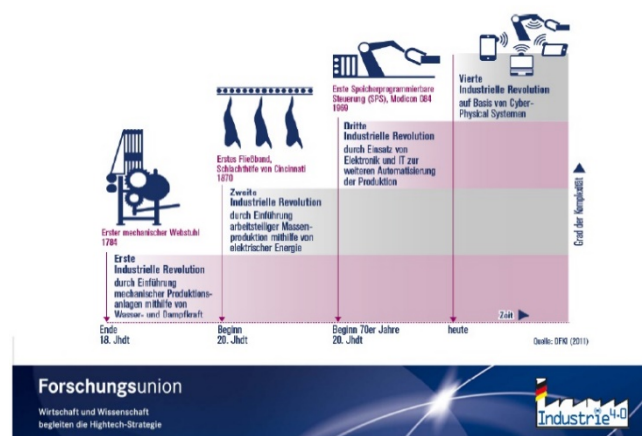
Abstract: In this paper the modern concept of education program for mechanical engineers according to the strategy INDUSTRY 4.0 which requires introducing of the cyber-physic systems is presented. An example of education program developed on the well-known university in the world is shown. Mechanical engineers educated in this program are able to form cyber-physical systems in design, construction and production technologies.

Key Words: INDUSTRY 4.0, cyber'physics engineering, education

1. UVOD

Živimo i radimo u vremenu kada je počela četvrta industrijska revolucija (Slika 1) koja podrazumeva digitalizaciju svega u svim sferama života. Danas digitalizacija predstavlja neminovnost, koja je ključna komponenta kompetitivnosti, u svim oblastima tehnike, ekonomije kao i društvenih delatnosti. Prva industrijska revolucija je započela 1784. godine kada je napravljena prvi mehanički razboj. Trajala je do kraja 18. veka. U međuvremenu uvedeno je mnogo mehaničkih proizvodnih postrojenja pogonjenih vodom i parom.

Von Industrie 1.0 zu Industrie 4.0



Slika 1. Industrijske revolucije kroz vekove. [1]

1870. je napravljena prva montažna traka za potrebe jedne fabrike u Sinsinatiju (SAD). Od tog doba se računa druga industrijska revolucija koja je okončana početkom 20. veka. U to vreme po čitavom svetu uvedena je masovna proizvodnja primenom električne energije. 1969. godine izrađen je prvi programabilni logički kontroler (SPS) MODICON 084. Ta godina se smatra prekretnicom u industriji. Od tog vremena se računa treća industrijska revolucija. Od 1970. u 20. veku primenjene su elektronika i IT za viši nivo automatizacije proizvodnje. Četvrta industrijska revolucija počela je donošenjem strategije INDUSTRIJA 4.0. Zasnovana je na sajber-fizičkim sistemima (CPS). Odmah se uočilo da ova revolucija traži novi tip inženjera, tzv. CPS inženjera, koji će biti ekspert u povezivanju kibernetičkog (virtuelnog) i fizičkog sveta odn. dobar znalac sajber (kiber) i fizičkog sistema.

2. STRATEGIJA INDUSTRIJA 4.0

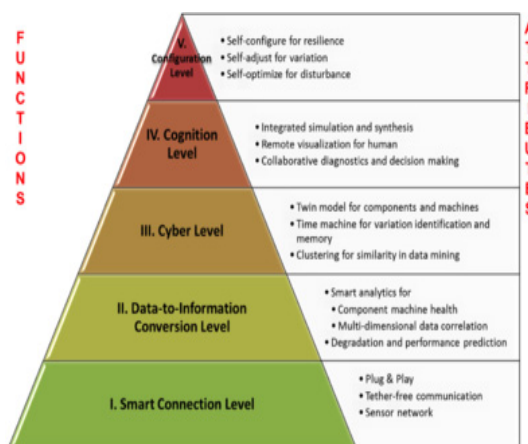
Čovečanstvo se danas suočava sa jednim od najvećih egzistencijalnih izazova. Naime, najnovija istraživanja ukazuju da će do 2050. godine 80 odsto stanovništva sveta živeti u 80 megapolisa. Da bi se mogao obezbediti opstanak u takvim uslovima neophodno je izvršiti adekvatne pripreme. S tim ciljem je i uvedena strategija 'Industrija 4.0'. Ova strategija razvoja počiva na zahtevu za integracijom proizvodnih, informacionih i komunikacionih tehnologija. Internet, Of-Things tehnologije, veštačka inteligencija, roboti, proizvodna mehatronika, kibernetско-fizički proizvodni sistemi predstavljaju budućnost i predstavljaju novu tehnološku osnovu industrijalizacije.

Industrija 4.0 zahteva digitalnu transformaciju preduzeća u oblasti projektovanja, proizvodnje, marketinga, upravljanja, prodaje. Potrebno je izvršiti inovaciju proizvodnih procesa kroz digitalizaciju, masovnu primenu robotike, pametne automatizacije i internet tehnologije. Smatra se da će realizacija programa Industrije 4.0 dati kvantni skok u integraciji glavnih karakteristika tradicionalnih informatičkih alata i relanih fizičkih sistema. Međutim, nemoguće je reći kako će izgledati pametne fabrike u budućnosti. Naučnici iz celog sveta iz svih naučnih sfera pozvani su da daju odgovor na niz izazova Industrije 4.0.

3. SAJBER – FIZIČKI SISTEM

Sajber (cyber) – fizički (physic) sistem (CPS) podrazumeva vezu kibernetскоg i fizičkog sistema. U CPS dolazi do preplitanja fizičkog i virtuelnog sistema. Informaciona tehnologija i telekomunikacije s jedne strane, prepliću se sa proizvodnjom i proizvodnim sredstvima koja su obično nezavisna. Naime, CPS je takav mehanizam koji vrši upravljanje ili monitoring fizičkih sistema kompjuterskim algoritmom, strogo vezanim za internet. U CPS sistemima su fizičke i softverske komponente strogo povezane. Primeri CPS uključuju robotske sisteme, automatsko pilotiranje aviona, procese upravljanja sistemima, autonomne automobilske sisteme, itd.

CPS zahteva interdisciplinarni prilaz: povezivanje teorijske kibernetike i mehatronike sa jedne strane, sa projektovanjem i poznavanjem procesa sa druge. Upravljanje procesima se obično vrši ugrađenim sistemima, gde se naglasak daje na kompjuterske elemente, a manje na vezu između kompjuterskih i fizičkih elemenata. Naime, CPS je kombinacija i koordinacija između kompjuterskih i fizičkih elemenata. Preteča CPS se mogu naći u aeronautici, automatizaciji, hemijskim procesima, građevinskoj infrastrukturi, energetici, zdravstvenoj zaštiti, transportu, itd.



Slika 2. 5C arhitektura. [1]

Projektovanje i raspoređivanje sajber-fizičkih proizvodnih sistema može da se ostvari na bazi 5C arhitekture (Slika 2): veza (connection), konverzija (conversion), sajber (cyber), spoznaja (cognition) i konfiguracija (configuration). U nivou "Connection" projektovanje se vrši po principu samopovezivanja i samo-odgovornosti. U nivou "Conversion", podaci iz uređaja za samokonekciju i senzora porede se sa karakterističnim kritičnim veličinama, i na osnovu toga poboju se informacije koje mogu da daju samo-predviđanje karakteristika mašine. U "Cyber" nivou, svaka mašina projektuje svog sopstvenog "blizanca" koristeći postojeće podatke i daje karakteristike stanja mašine bazirane na metodologiji "Time-Machine". Oformljeni "bliznac" u sajber prostoru može izvršiti samopoređenje koje može da posluži za buduću sintezu sistema. U "Cognition" nivou, izlazi o samoocenjivanju i samoevaluaciji se predstavljaju korisnicima primenom "infographic" koji za cilj ima da pokaže sadržaj i kontekst mogućeg korišćenja. U "Configuration" nivou, mašina ili proizvodni sistem može biti rekonfigurisan bazirano na prioritetu i kriterijum rizika za postizanje sigurnog rada.

4. OBRAZOVANJE MAŠINSKIH INŽENJERA U OBLASTI CPS

U vreme intenzivnog tehničko tehnološkog razvoja kada se ušlo u četvrtu industrijsku revoluciju promovisanom Strategijom 4.0 neophodno je i planove i programe studija mašinskog inženjerstva uskladiti sa narastajućim prohtevima i zahtevima sadašnjice. Poseban izazov daje razvoj i primena CPS usled postojanja velike razlike u različitim primenjenim inženjerskim disciplinama kao što je softversko inženjerstvo i mašinsko inženjerstvo. Međutim, u tržišnoj privredi gde je neophodna brzo uvođenje inovacija, inženjeri iz svih disciplina moraju da znaju da koriste sisteme ravnopravno, bez obzira da li im je bliže softver ili specifično inženjerstvo. Na žalost, otežavajuću okolnost predstavlja činjenica da do danas ne postoji jedinstveni rečnik u praksi koji je jedinstven za sve primenjene discipline u CPS.

Cilj obrazovanja treba da bude da mašinski inženjer bude osposobljen da digitalizaciju sprovede od projektovanja do proizvodnje, da primeni savremene metode od izrade tehničke dokumentacije do tehnologije i realizacije proizvoda. Mašinski inženjeri treba da budu sposobni da primene savremene tehnologije ali i da imaju naučna i stručna znanja koja će im omogućiti praćenje najnovijih saznanja do kojih se došlo u svetu.

U skladu sa tim u svetu su već formirani novi nastavni planovi koji treba da školuju takvog mašinskog inženjera. U [2] dat je spisak predmeta koji se preporučuju na osnovnih studijama u trajanju od 4 godine pri obrazovanju mašinskih inženjera usmerenih ka CPS tehnologiji. Svi predmeti su grupisani u 4 celine: Osnovne premete (9 kurseva), Stručne predmete mašinstva (13 kurseva), Predmete u vezi za CPS (5 kurseva) i Izborne predmete u koje su uključeni CPS

Osnovni predmeti (9 kurseva)

- Matematika I; Matematika II; Vektorski račun; Diferencijalne jednačine; Linearna Algebra; Verovatnoća i statistika; Fizika I (Optika i Relativistička mehanika); Fizika II (Elektrotehnika i Magnetizam); Opšta hemija

Stručni predmeti (13 kurseva)

- Uvod u inženjersku grafiku i konstruisanje; Mehanika I: Statika; Mehanika II: Dinamika; Otpornost materijala; Mehanika fluida; Termodinamika; Dinamika sistema; Poznavanje materijala; Eksperimentalne tehnike i laboratorije; Mašinsko-inženjerski sistemi i laboratorije; Prenos toplote; Obrada materijala; Inženjerska ekonomija

Kursevi vezani za CPS (5 kurseva)

- Uvod u računarstvo i programiranje; Električna kola i elektronika; Računarske metode u inženjerstvu; Instrumentacijska i elektronička laboratorija; Capstone Projektovanje (sa CPS-fokusiranim projektom)

Izborni predmeti u koje su uključeni CPS

- Modeliranje i upravljanje kretanjem; Mikroprocesori za upravljanje proizvodnim sistemima; Robotika; Projektovanje inspirisano Bio-Sistemima; Design Across Disciplines; Biomedicinska Instrumentacija; Mehatronika; Mreža senzora;

Ideja o dvojnem modelu potiče od veze fizičkih operacija sa virtuelnim pomoću inteligentnih sistema.

Preporuka za uklučenje CPS u postojeće programe

Jedna od strategija dugogodišnjeg razvoja zemlje je pospešivanje i podržavanje otvaranja malih i srednjih proizvodnih preduzeća kao garanta daljeg razvoja i ekonomskog prosperiteta. Ova mala preduzeća trebala bi da budu u službi velikih industrijskih i proizvodnih preduzeća koja bi trebala da budu temelj našeg ekonomskog prosperiteta. Otuda i zahtev za školovanjem mašinskih inženjera koji će imati dobra opšta znanja koja će im omogućiti praćenje novih tehnologija, ali i davanje novih inovativnih rešenja i proizvoda.

Fakultet tehničkih nauka trenutno školuje diplomirane mašinske inženjere i mastere inženjere mašinstva koji su vrhunski specijalizovani za određenje oblasti: Proizvodnog mašinstva – smer Savremene tehnologije oblikovanja materijala, Savremene tehnologije oblikovanja plastike, Softver za mašinstvo, Računarom podržane tehnologije kao i smer Precizno inženjerstvo, Mehanizacije i konstrukcionog mašinstva – smer Mašinske konstrukcije, transportni sistemi i logistika, Poljoprivredno i prehrambeno mašinstvo kao i Automobilsko inženjerstvo, Energetike i procesne tehnike sa smerovima: Procesna tehnika, Termoenergetika, Hidropneumatska tehnika, Gasna i naftna tehnika i Upravljanje energijskim tokovima. Fakultet tehničkih nauka školuje i mašinske inženjere Tehničke mehanike i dizajn u tehnici. Studijski programi svih smerova bi bilo neophodno nadograditi i osavremeniti u skladu sa strategijom Industrija 4.0 i uključiti elemente koji se odnose na CPS. Pri tome se preporučuje da se izvrši podešavanje programa u skladu sa onim na drugim sličnim univerzitetima u svetu a koji su dati u prethodnom poglavlju ovog rada.

Koncepcija nastavnog plana i programa studijskog programa ne treba da se menja: i dalje treba da se da prioritet osnovnim inženjerskim disciplinama u mašinstvu, ali je usklađivanje sa novim tekovinama nauke ali pre svega tehnike i tehnologije. Danas kada je proizvodnja usmerena da ostvaruje izradu delova 3D štampom, kada se prešlo na nanotehnologije, kada se pored proizvodnje makro delova prešlo na izradu mikro mehaničkih sistema, kada su u upotrebi informacione tehnologije kao rezultat prethodne - 3. industrijske revolucije za komunikaciju među ljudima, neophodne je izvršiti osavremenjavanje planova i programa kako bi se sve to predočilo budućim

naraštajima mašinskih inženjera. Međutim, kako je sve ovo napred navedeno bazirano na osnovnim teorijskim postavkama bazičnih nauka koje čine osnovu mašinstva od kojih pre svega moramo da pomenemo: fiziku, matematiku, mehaniku, mehaniku fluida, termodinamiku, osnove automatskog upravljanja kao i osnove programiranja i računarske tehnike, izučavanju ovih disciplina u okviru studijskog programa na mašinskim departmanima treba staviti poseban akcenat. Studenti koji se obrazuju po ovom studijskom programu moraju da dobiju opšta znanja u oblastima mašinstva kao što su proizvodno mašinstvo, konstruisanje, mehanizacija ali i termotehničko mašinstvo ali u sadržaj predmeta uključiti i osnove CPS. U plan studija treba uključiti veći broj kurseva koji predstavljaju ključne, a fundamentalne, u oblasti mašinstva kao što su mašinski materijali, osnove konstruisanja, mašinski elementi kao i proizvodne tehnologije. Primenivši znanja iz mehanike i upravljanja treba izučavati teoriju mehanizama, osnove robotike i mehatronike. Nakon savladanog gradiva iz mehanike kontinuuma, mehanike fluida i termodinamike studenti treba da uče hidro-pneumatske sisteme, ali i dinamiku pumpi i ventilatora uz upravljanje sa CPS. Studijski programi treba da obuhvataju i predmete u kojima bi se izučavala i mogućnost eliminisanja fundamentalnih zagađivača životne i radne sredine: buku i vibracije. Koristeći saznanja iz Teorije oscilacija, koja bi se temeljno izučavala u okviru ovog studijskog programa, omogućila bi da budući inženjeri budu eksperti u oblasti vibrodijagnostike stanja mašina i postrojenja. Pored toga, nadogradnju na znanja iz mašinstva i programiranja tj. informacionih tehnologija, studenti bi stekli znanja iz CPS fizičko-kibernetičkih sistema koji uspostavljaju vezu, kontrolu i upravljanje na relaciji čovek-mašina.

Tako koncipirani nastavni program bi dao osnovna znanja iz opšteg mašinstva inženjerima koji bi radili u preduzećima koja nisu usko specijalizovana i nemaju mogućnost zapošljavanja velikog broja usko specijalizovanih mašinskih inženjera. S toga ovi mašinski inženjeri moraju imati uvida u sve oblasti mašinstva počev od projektovanja, konstruisanja i proizvodnje ali i eksploatacije mašina, uz primenu novih tehnologija i savremenih metoda upravljanja. Diplomirani inženjer bi bio osposobljen za samostalan rad u oblasti opšteg mašinstva.

Nastavni plan i program bi trebalo osavremeniti i upotrebom novih učila i tehničkih mogućnosti u nastavi. Za inovacije u nastavi veliku podršku pruža Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Srbije finansirajući projekte Mech-in-NS:

- Multimedijalna i interaktivna nastava i učenje Inženjerske mehanike, 2017-2018.
- Inoviranje grupe predmeta iz oblasti inženjerske mehanike kroz upotrebu IT tehnologija, kreiranje multimedijalnih sadržaja i saradnju sa privredom, 2018-2019.

što je omogućilo i on-line nastavu preko sajta <http://www.mech-in-ns.ftn.uns.ac.rs/#>.

5. ZAKLJUČAK

Planovi i programi za obuku mašinskih inženjera treba da budu osavremenjeni i unapređeni uključivanjem znanja koja su neophodna da bi se realizovali zahtevi nove strategije Industrija 4. To podrazumeva upoznavanje sa CPS i proširenje postojećih kurseva uključivanjem novih saznanja.

Zahvalnica

Ova istraživanja predstavljaju deo projekta br. 054/2020 Departmana za tehničku mehaniku i dizajn u tehnici Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu.

6. LITERATURA

- [1] *Paths to CPS Knowledge*. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *A 21st Century Cyber-Physical Systems Education*. Washington, DC: The National Academies Press. doi: 10.17226/23686.
- [2] *Mechatronics and Mechanical Engineering in Cyber-Physical Systems*.
https://www.researchgate.net/publication/270958124_Mechatronics_and_Mechanical_Engineering_in_Cyber-Physical_Systems [accessed Oct 30 2018].