



Savremeni pristup projektovanja mehatronskih sistema

Slobodan Aleksandrov¹, Milomir Mijatović² i Radica Aleksandrov¹

¹ Tehnička škola Trstenik, Trstenik, Srbija

² Visoka tehnička mašinska škola, Trstenik, Srbija

e-mail aleksandrovs@yahoo.com, milomir.mijatovic@vtmsts.edu.rs i radica09@gmail.com

Rezime: Ekspanzija u razvoju softverskih alata za modeliranje i simulaciju, kao i implementacija novih tehnoloških dostignuća u tehnici zahteva novi pristup u projektovanju mehatronskih sistema. U ovom radu je dat prikaz savremenih pristupa projektovanja u mehatronici koji su zasnovani na primeni softvera za trodimenzionalno modeliranje i simulaciju. U radu su razvijeni postupci projektovanja industrijskog robota na „Bazi modeliranja ograničenja“ i „Projektovanje zasnovano na modelu“. Posebna pažnja posvećena je značaju razvoja simulacionog CAD modela robota, integraciji mehaničkih, električnih i softverskih komponenti u procesu razvoja modela mehatronskog sistema i automatskog generisanja upravljačkog algoritama.

Ključne reči: mehatronika; modeliranje; simulacija, robot

1. UVOD

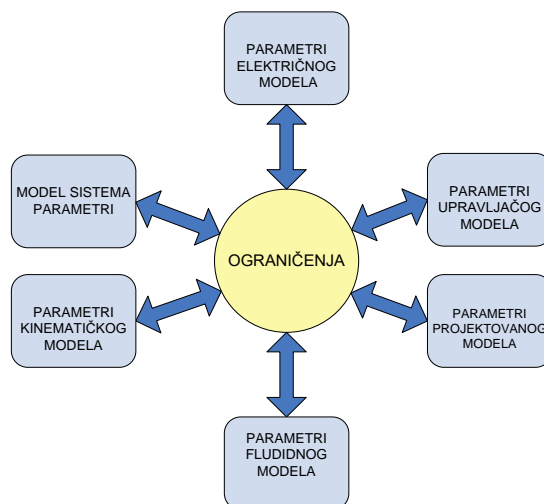
Projektovanje mehatronskih sistema zahteva kompleksan pristup u istraživanju, korišćenje savremenih softverskih alata za modeliranje elemenata sistema, integraciju elemenata u jedinstven mehatronski sistem, modeliranje i simulaciju sistema, integraciju modela, testiranje i verifikaciju. Zbog multidisciplinarnosti mehatronike, razvoj i projektovanje mehatronskih sistema je veoma složen proces. Postoje različiti pristupi u projektovanju mehatronskih sistema. U radu R. Isermanna [1] prikazan je razvoj metoda projektovanja mehatronskih sistema sa posebnim osvrtom na „V“- model. Šema ovog modela obuhvata distribuciju zadataka između hidrauličkih, pneumatskih, mehaničkih i elektronskih komponenti. Ovaj postupak obuhvata modeliranje i simulaciju komponenti sistema, izradu prototipa sistema, testiranje i podešavanje parametara sistema, analizu signala, kreiranje algoritama, programiranje i testiranje sistema. Za teorijsko i fizičko modeliranje, i simulaciju heterogenih komponenti koriste se sledeći softverski alati: DYMOLA, MODELICA, MOBILE, VHDL-AMS, 20 SIM, MATLAB/SIMULINK.

2. PROJEKTOVANJE MEHATRONSKIH SISTEMA

2.1. Pristup baziran na modeliranju ograničenja

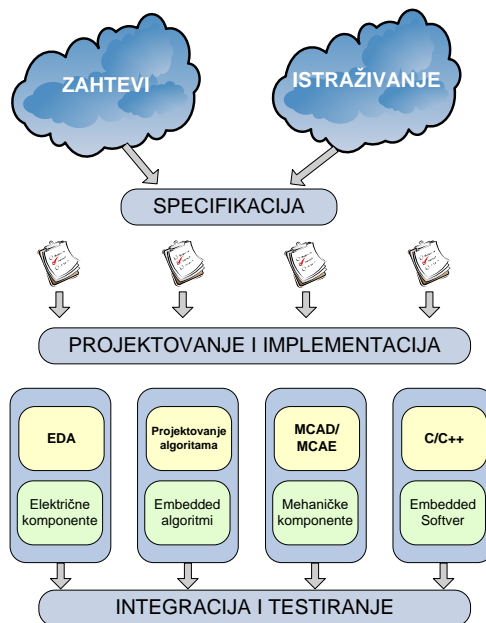
Mehatronski sistemi predstavljaju integraciju mehaničkih, električnih, elektronskih i softverskih komponenti. Projektovanje mehaničkih komponenti zahteva poznavanje

mehanike, mašinskih elemenata, kinematike i dinamike, proračun trenja, određivanje momenta inercije, sile, obrtnog momenta i fluidne tehnike. Elektronika obuhvata merne sisteme, senzore, aktuatorne i upravljačke sisteme. Informatika obuhvata primenu softverskih paketa i informaciono-komunikacionih tehnologija za projektovanje i modeliranje i integraciju mehatronskih sistema. Projektovanje mehatronskih sistema zahteva integraciju mehaničkog i električnog pristupa, tako da se tokom celog procesa projektovanja automatski dobija povratna informacija o realizovanim modifikacijama sa obe strane. Svaka modifikacija mašinskog elementa dovodi do promene u električnom sistemu i obrnuto, tako su kod projektovanja mehatronskih sistema prisutna različita ograničenja. Ovakav pristup u projektovanju poznat je kao „Pristup baziran na modeliranju ograničenja“ („The constraint modelling-based approach“). Detaljna analiza ovog pristupa prikazana je u radu [2]. Projektovanje mehatronskog sistema koji je zasnovan na uvažavanju ograničenja veoma je sličan semantičkim mrežama, pri čemu ograničenja predstavljaju čvorove, a veze predstavljaju odnose. Komponente mehatronskog sistema su modelirane kao objekti sa atributima, a međusobna ograničenja su identifikovana i modelirana. Odnos ograničenja objekata sistema između mašinskih i električnih komponenti na nivou konceptnog projektovanja prikazan je na sl. 1.



Slika 1. Ograničenja između svih domena na nivou konceptualnog projektovanja

Za modeliranje komponenti, simulaciju i testiranje koriste se različiti softverski mehanički i električni CAD alati. Za kreiranje električnih modela veoma često se koristi programski paket EPLAN Electric, a za modeliranje mašinskih elemenata koristi se SolidWorks. U procesu modeliranja neophodno je uzeti u obzir MCAD/ECAD ograničenja. Klasičan pristup projektovanja i razvoja mehatronskih sistema prikazan je na sl. 2. Prva faza obuhvata analizu tehnoloških zahteva, istraživanje i definisanje neophodnih specifikacija. Projektanti različitih profila nezavisno vrše izbor potrebnih električnih i mehaničkih komponenti, razvoj algoritma i kreiranje programa. Proces istraživanja i definisanja specifikacija je u većoj meri odvojen po oblastima istraživanja. U sledećoj fazi vrši se projektovanje i implementacija definisanog modela mehatronskog sistema. U poslednjoj fazi vrši se integracija i testiranje mehatronskog sistema [3].

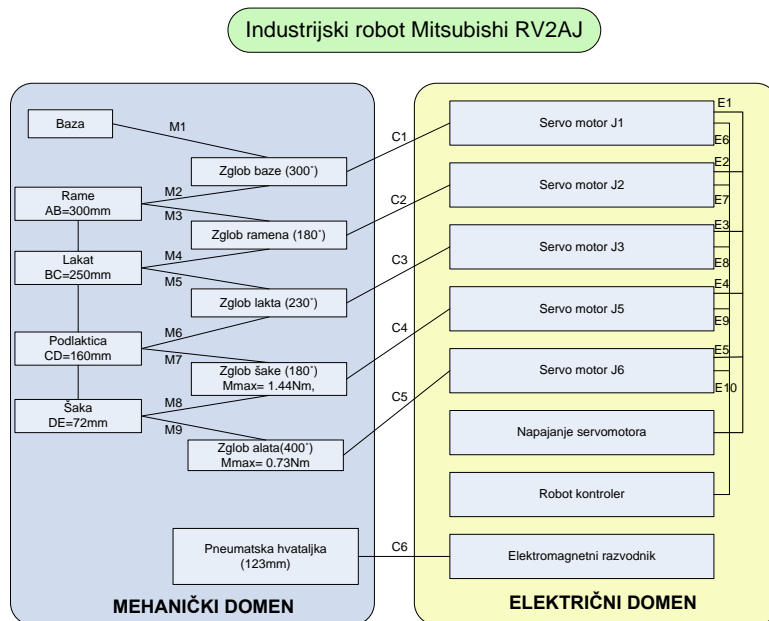


Slika 2. Tradicionalni proces projektovanja mehatronskog sistema [2]

Postupak baziran na modeliranju ograničenja sastoji se iz sledećih faza:

1. Kreiranje liste svih elemenata mehatronskog sistema sa njihovim atributima i klasifikacija elemenata u mehanički ili električni domen.
2. Uspostavljanje međusobnih veza između ograničenja mehatronskih komponenti u okviru domena, baziranih na atributima komponenti.
3. Uspostavljanje veza ograničenja elemenata između mašinskog i električnog domena.
4. Kreiranje tabele ograničenja mehatronskog sistema koja sadrži sve elemente mehatronskog sistema i veze između ograničenja elemenata sistema.

Postupak modeliranja ograničenja kreiran je na modelu industrijskog robota Mitsubishi RV2AJ koji je deo laboratorijske opreme kabineta mehatronike Tehničke škole Trstenik. Tip robota je "vertikalni", sa pet stepeni slobode, maksimalnog opterećenja 2 kg. Radni alat ovog robota predstavlja pneumatska hvataljka. Na sl. 3 prikazano je modeliranje ograničenja industrijskog robota Mitsubishi RV2AJ. Mehanička ograničenja obeležena su simbolima M1-M9, električna ograničenja obeležena su simbolima E1-E10, dok su međusobna ograničenja obeležena C1-C6. Mehanička ograničenja obuhvataju geometrijske dimenzije elemenata, koordinate baze, referentne koordinate ostalih elemenata, dužine linkova, opseg kretanja linkova, tip i karakteristike materijala, moment inercije, gravitaciono ubrzanje i slično. Ograničenja u električnom domenu obuhvataju tip motora, maksimalnu brzinu kretanja, maksimalni moment opterećenja, rezoluciju enkodera, tip kontrolera, napajanje servomotora i elektromagnetnog razvodnika. Multidisciplinarna ograničenja definišu veze između mehaničkih linkova, zglobova i motora, maksimalni obrtni moment, silu, maksimalno opterećenje, opseg kretanja, upravljanje alatom robota i slično. Na osnovu definisanih ograničenja vrši se izbor motora, tip, dimenzije, snaga, brzina i način upravljanja.



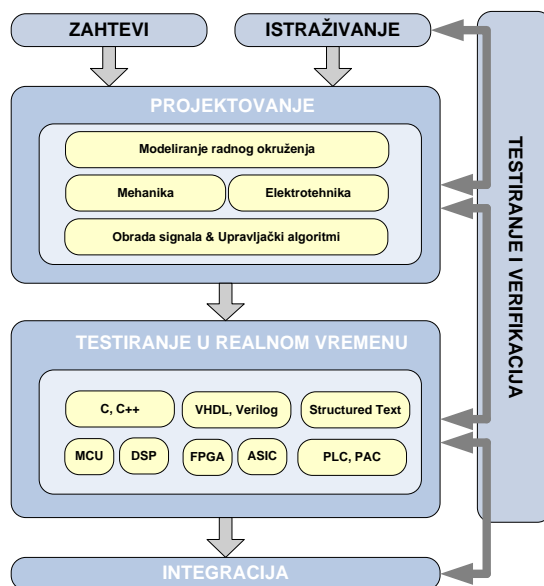
Slika 3. Modeliranje ograničenja robota Mitsubishi RV2AJ

Postupak projektovanja u većem delu se odvija zasebno, tako da povratne informacije o promenama komponenti kasne, a testiranje integrisanog sistema se vrši na kraju procesa. Ovakav pristup ima velika ograničenja i ona se ogledaju u sledećem:

- Složena analiza i složen postupak izmena
- Pogrešno tumačenje zahteva
- Složen sistem integracije projekta
- Nepotpun i skup sistem
- Ne postoji mogućnost testiranja po nivoima razvoja
- Dugotrajan proces detekcije greške
- Ograničena prenosivost
- Ograničena mogućnost praćenja od projektovanja do integracije

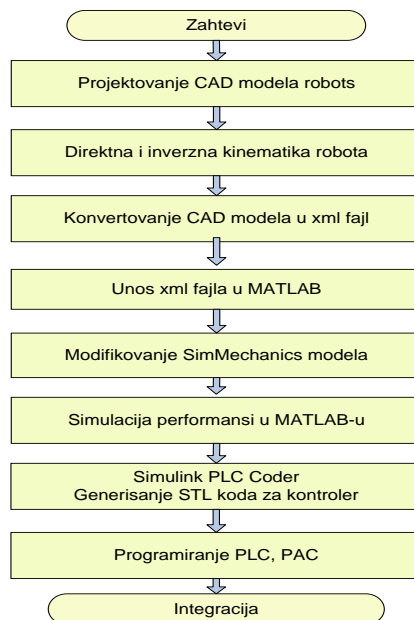
2.2. Projektovanje zasnovano na modelu sistema

Savremeni multidisciplinarni pristup projektovanja mehatronskih sistema baziran je na integrisanom razvojnom okruženju, koje omogućava kreiranje, modeliranje i testiranje mehatronskog sistema. Današnji trendovi u projektovanju mehatronskih sistema baziraju se na razvoju modela sistema, trodimenzionalnom modeliranju, simulaciji i implementaciji modela na realnim industrijskim sistemima. Kompanija Festo razvila je upravljački sistem na bazi MATLAB-a i Simulika za razvoj „Model-Based Desing“, implementaciju modela na programibilni logički kontroler (PLC) korišćenjem alata Simulink PLC Coder [4].



Slika 4. Savremeni pristup projektovanja mehatronskog sistema – Projektovanje zasnovano na modelu [3]

Primenom ovog pristupa omogućava se simulacija modela, generisanje koda za programiranje PLC-a u istom programskom okruženju. Postupak projektovanja baziranog na modelu prikazan je na sl. 4. Na bazi definisanih zahteva i ograničenja vrši se istraživanje i projektovanje simulacionog CAD modela robota, koji generiše SimMechanics model (XML file). U fazi projektovanja integrisano je modeliranje električnih i mehaničkih sklopova, obrada signala i kreiranje upravljačkih algoritama. Nakon kreiranja svih modela vrši se simulacija modela u programskom paketu MathWorks, testiranje modela i generisanje upravljačkog STL koda za odgovarajući PLC pomoću modula Simulink PLC Coder [5]. Tokom celokupnog procesa vrši se testiranje i verifikacija parametara sistema. Bilo kakva promena nekog elementa ili parametra, automatski dovodi do promene drugih parametara sistema, kako bi sistem zadržao projektovane karakteristike. Ovakav pristup omogućava multidisciplinarnu saradnju duž čitavog postupka projektovanja u realnom vremenu, testiranje, verifikaciju i validizaciju modela u svim fazama projekta, čime se smanjuje vreme i cena razvoja novih sistema, i unapređuje kvalitet proizvoda.



Slika 5. Algoritam projektovanja mehatronskog sistema „Model-Based Desing“

Algoritam projektovanja industrijskog robota prikazan je na slici sl. 5. Nakon testiranja i verifikacije vrši se integracija sistema.

3. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani savremeni trendovi u projektovanju mehatronskih sistema. Primena savremenih softverskih alata prikazana je na modelu projektovanja modela industrijskog robota. Posebna pažnja posvećena je specifičnostima mehatronskog pristupa u projektovanju, analizi mehaničkih i električnih ograničenja i njihovoj integraciji u jedinstven mehatronski sistem. Primena savremenih softverskih paketa omogućava brz i siguran put u razvoju i projektovanju novih mehatronskih komponenti i sistema.

LITERATURA

- [1] Isermann, R. (2007). *Mechatronic systems: Innovative products with embedded control*, Control Engineering Practice, doi:10.1016/j.conengprac.2007.03.010.
- [2] Kenway, C., Jonathan, B., Jitesh, P., Dirk, S. (2009). *A Framework for Integrated Design of Mechatronic Systems*, Collaborative Design and Planning for Digital Manufacturing, pp. 37-70, Springerlink.
- [3] Jack, L. (2014). *The Impact of Model-Based Design on Controls Today and in the Future*, MathWorks.
- [4] Rüdiger, N. (2014). *Festo Develops Innovative Robotic Arm Using Model-Based Design*, Festo.
- [5] <http://www.mathworks.com/products/datasheets/pdf/simulink-plc-coder.pdf>