

**UNIVERZITET U NIŠU
MAŠINSKI FAKULTET**



**MODELIRANJE I SIMULACIJA SISTEMA
PROGRAMOM COMSOL MULTIPHYSIC**

- DIPLOMSKI RAD -

kandidat

Dejan Vidojković 9836

mentor

dr Miloš Milošević, docent

Niš, Jul 2008

MODELIRANJE I SIMULACIJA SISTEMA PROGRAMOM COMSOL MULTIPHYSIC

Rezime

U ovom radu su prikazane mogućnosti i primena programa COMSOL Multiphysic. Program se koristi za modeliranje i simulaciju multifizičkih sistema. Baziran je na parcijalnim diferencijalnim jednačinama. Koristi mnoga proširenja, kao na primer povezivanje sa MATLAB-om (Simulink-om). Moguća je i upotreba gotovih modela, urađenih u Solid Works-u ili u nekom od CAD programa. Program ima veoma velike mogućnosti primene u modeliranju i simulaciji mašinskih sistema.

Prednosti korišćenja računara prilikom rešavanja problema u razvoju novih proizvoda, u poređenju sa tradicionalnim konceptom razvoja, ogledaju se u smanjenju ukupnog vremena i troškova razvoja proizvoda i povećanju sveukupnog kvaliteta.

Ključne reči:

- Modeliranje,
- Simulacija,
- Virtualni inženjering,
- COMSOL Multiphysic,
- Simulink

Sadržaj:

UVOD	- 5 -
1. MODELIRANJE I SIMULACIJA	- 6 -
1.1. Pojam i vrste sistema	- 7 -
1.2. Model	- 9 -
1.3. Modeliranje	- 10 -
1.4. Komunikacioni aspekti modeliranja i simulacije.....	- 11 -
1.5. Model i teorija.....	- 12 -
1.6. Verifikacija i valjanost modela	- 13 -
1.7. Klasifikacije modela.....	- 14 -
1.7.1. Fizički i apstraktni modeli.....	- 14 -
1.7.2. Statički i dinamički modeli.....	- 14 -
1.7.3. Modeli kontinualnog stanja i diskretnog stanja	- 15 -
1.7.4. Stohastički i deterministički modeli	- 15 -
1.7.5. Autonomni i neautonomni modeli	- 16 -
1.7.6. Vremenski nepromenljivi i promenljivi modeli	- 16 -
1.8. Simulacija.....	- 16 -
2. ZNAČAJ I PRIMENA INOVATIVNIH TEHNOLOGIJA VIRTUELNOG INŽENJERINGA	- 18 -
2.1. Definicija virtuelnog inženjeringa	- 18 -
2.1. Komponente virtuelnog inženjeringa	- 19 -
2.2.1. Virtuelni prototipovi i proizvodnja	- 19 -
2.2.2. Fizički prototipovi i proizvodnja	- 19 -
2.2.3. Virtuelna stvarnost.....	- 20 -
2.2.4. Virtuelna proizvodnja	- 20 -
2.2.5. DMU – Digitalni model.....	- 20 -
2.2.6. Upravljanje podacima o proizvodu.....	- 21 -
2.2.7. Upravljanje životnim ciklusom proizvoda	- 21 -
2.2.8. Kolaborativna okruženja	- 22 -

3. Uvod u COMSOL Multiphysics	- 25 -
3.1. Okruženje COMSOL Multiphysics-a.....	- 30 -
3.2. COMSOL Moduli	- 32 -
3.2.1. AC/DC Modul.....	- 32 -
3.2.2. Akustički Modul.....	- 34 -
3.2.3. Modul za hemijsko inženjerstvo	- 36 -
3.2.4. Modul za prenos toplote	- 40 -
3.2.5. MEMS Modul	- 41 -
3.2.6. Modul za elektromagnetne talase.....	- 43 -
3.2.7. Modul za otpornost materijala.....	- 45 -
3.3. Povezivanje COMSOL Multiphysics-a sa programom Simulink.....	- 47 -
3.3.1. Tipovi Simulink izvoza	- 49 -
4. Primer simulacije magnetne kočnice	- 51 -
4.1. Uvod	- 51 -
4.2. Definicija modela	- 52 -
4.3. Modeliranje u COMSOL Multiphysicsu	- 54 -
4.4. Rezultati	- 54 -
4.5. Modeliranje pomoću grafičkog interfejsa - Fiksno ω	- 55 -
4.6. Modeliranje pomoću programskog jezika	- 57 -
4.7. Izvoz u Simulink— ω u zavisnosti od vremena.....	- 60 -
4.8. Modeliranje pomoću grafičkog korisničkog interfejsa — ω u zavisnosti od vremena.....	- 62 -
5. ZAKLJUČAK.....	- 63 -
Literatura:	- 64 -
Biografija.....	- 65 -

UVOD

U svakodnevnom životu suočavamo se sa nizom interesantnih ali i veoma složenih i teško razumljivih procesa različite prirode koji mogu imati tehnološki, biološki, ekonomski, fiziološki itd. karakter. Brojni su razlozi zbog kojih je poželjno pravilno shvatiti ove procese. Za to je potrebno da se neki aspekti realnog sistema modeliraju i predstave na apstraktan, ali razumljiv način. Pritom treba odrediti koje od karakteristika treba uzeti u obzir, a u odnosu na one koje se smatraju nebitnim i koje se mogu ignorisati. Upravo se u tome ogleda suština modeliranja, da se između velikog broja raspoloživih karakteristika nekog sistema ili procesa izaberu samo one koje su neophodne i dovoljne za apstraktno opisivanje na način koji je svrsishodan i razumljiv onima kojima je model neophodan za dalju obradu.

Virtuelni inženjering (*VE-Virtual Engineering*) je napredna tehnologija koja pomaže inženjerima u donošenju odluka i uspostavljanju kontrole u procesu razvoja proizvoda i njegove izrade, a ogleda se u korišćenju računarskog okruženja za preciznu simulaciju geometrijskih i fizičkih osobina realnih sistema. Tako, primena simulacije može eliminisati skupe fizičke prototipe i eksperimente. Vreme razvoja se drastično smanjuje. Više projektnih alternativa se može proveriti, što rezultira povećanjem kvaliteta. Virtuelni inženjering, takođe, obezbeđuje izvanredni korisnički interfejs, koji dozvoljava korisniku da vidi trodimenzionalni model proizvoda unapred, da preduzme neophodne izmene i da prati ponašanje materijala u proizvodnim procesima. Takve sposobnosti su veoma dragocene u automobilske i avio industriji, gde su fizički modeli skupi, zahtevaju veliko vreme razvoja, a proizvodi su ekstremno složeni.

Ideja je da se ovim radom pokažu specifični aspekti modeliranja i simulacije u industriji na primerima primene programa COMSOL Multiphysics.

5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio da se pokaže korišćenje programa COMSOL Multiphysics, koji se koristi za modeliranje, simulaciju i analizu multifizičkih sistema. U radu je prikazano koliko je lakša upotreba nekog softvera, koji se zasniva na algoritmima za modeliranje i simulaciju sistema, kao što je u ovom slučaju COMSOL Multiphysics, nego što je upotreba matematičkih metoda.

COMSOL Multiphysics ima velike mogućnosti za razvoj novih sistema, a pored toga omogućuje izvođenje eksperimenata na ekonomičan način, ali i način koji je mnogo lakši i brži. Jedna od velikih prednosti COMSOL Multiphysics-a je i njegova mogućnost povezivanja sa ostalim CAD programima, ali i sa Matlab/Simulink-om.

Njime se vrlo efikasno mogu obavljati simulacije različitih testova na modelima iz različitih oblasti, znatno brže nego u toku fizičkih testiranja. Ovaj program je namenjen studentima i inženjerima, koji imaju određeno predznanje iz oblasti za koju ga koriste. Vodeći naučnici iz svojih oblasti su učestvovali na izradi programa, tako da simulacija pruža verodostojne rezultate.

Osnovne prednosti ovakvog vida pristupa rešavanju problema u procesima razvoja novih proizvoda, u poređenju sa tradicionalnim konceptom razvoja novih proizvoda, su veoma velike. Primenom modeliranja i simulacije se od početne koncepcije do gotovog proizvoda dolazi uz:

- Smanjenje ukupnog vremena i troškova razvoja proizvoda: izrada i testiranje virtualnog modela primenom kompjuterskih simulacija je mnogo jeftinije i brže nego izrada fizičkog prototipa i njegovo testiranje.
- Brze i efikasne izmene na modelu.
- Povećanje ukupnog kvaliteta: usled uštede u vremenu razvoja proizvoda inženjerima je na raspolaganju više vremena za poboljšanje performansi proizvoda i njihovu optimizaciju.

Literatura:

- COMSOL Multiphysics User's Guide
- COMSOL users conference 2007 – User presentations
- Multiphysics Modeling With Finite Element Methods, William B. J. Zimmerman
- Boris Bjelošević, MATLAB 6 (upustvo za upotrebu), PC PRESS, Beograd, 2001.
- Dragan Antić, Bratislav Danković, Modeliranje i simulacija dinamičkih sistema, Elektronski fakultet, Niš, 2001.
- dr Miloš Milošević, Predavanja iz predmeta modeliranje i simulacija mehatroničkih sistema, Mašinski fakultet u Nišu, 2006.
- Značaj i primena inovativnih tehnologija virtuelnog inženjeringa
- <http://www.comsol.com/>