

prof. dr. Saša Divjak
zaslužni profesor
nosilec predmeta: E-izobraževanje
Fakulteta za računalništvo in informatiko
Univerza v Ljubljani

25.7.2018

izr. prof. dr. Anton R. Sinigoj, as. dr. Edi Bulić, izr. prof. ddr. Iztok Humar
Fakulteta za elektrotehniko
Univerza v Ljubljani

Recenzija učbenika *Video Elektromagnetika*

E-učbenik *Video Elektromagnetika* je študijsko gradivo s področja elektromagnetike, primarno namenjeno študentom magistrskega študijskega programa na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani in predstavlja nadgradnjo na enak način zastavljenih e-učbenikov *Video Osnove elektrotehnike I* in *Video Osnove elektrotehnike II*, ki vsebujeta zanj ustrezna elektrotehniška predznanja.

Glavni sklopi e-učbenika so: 1) enačbe elektromagnetnega polja, 2) razredi elektromagnetnih polj in 3) numerično reševanje inženirskih elektromagnetnih problemov. E-učbenik torej celovito pokriva tematiko elektromagnetizma na podlagi kompleksnih matematično-fizikalnih modelov, ki terjajo ustrezno podlago s področja vektorske analize, parcialnih diferencialnih enačb, kompleksnih funkcij, integralnih enačb, variacijskega računa in numeričnih metod.

Zahtevna učna snov sama po sebi kliče po rabi sodobnih pristopov učenja, kakršna so video - predavanja, ki študentu ponujajo možnost večkratnega predvajanja, pohitritve ali zaustavitve, s čimer študent lahko pridobi čas za premislek, natančen pregled izpeljav ali izdelavo izpiskov. Avtorji so se odločili za tradicionalni pristop podajanja snovi, pri katerem slika s kredo nastaja na tabli. Ta pristop je zahtevnejši tako z vidika zajema video posnetka, ki mora omogočati berljivost zapisov na tabli, kot tudi z vidika organizacije predavanj, saj od predavatelja zahteva disciplino pri uporabi table ter prehodih med tablam.

Avtorji so tokrat predavanja razširili tudi s posnetki teoretičnih zgledov – avditornih vaj.

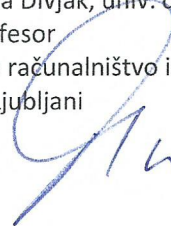
Video gradiva so pripravljena zelo dobro strukturirano in sistematično. Predavanja so očitno dobro vnaprej pripravljena. Posneta so bila »v živo«, kar je še posebej zahtevno, saj gre za predavanja v višjem letniku v manjši predavalnici, zaradi česar je tudi tabla manjša, to pa zahteva še večjo disciplino pri uporabi table ter prehodih med tablam; kljub temu se zgodi, da asistent, ki se sprehaja pred tablo, včasih uide s scene. Predavatelji imajo dober smisel za čistost zapisovanja, risanja po tabli ter uporabljajo primeren tempo govorjenja; vse to je nujno pri dobrih didaktičnih video posnetkih. Ponujena so tudi dodatna gradiva in dokumenti, ki jih moremo obravnavati kot pripomočke za študij.

Tako posneta predavanja lahko služijo kot odlično izhodišče za danes sodoben način »obrnjenega učenja« (flipped learning), kjer lahko študentje osnovno znanje pridobijo s proučevanjem posnetih predavanj, predavatelj pa ima nato vlogo moderatorja pri nadaljnjem poteku pouka. Predavanja so mu v pomoč, s katero pridobi na času in se v živo bolj usmeri v diskusijo, komentarje in ilustrativne zglede. Tako lahko na predavanjih širi na videu pripravljen nabor zgledov in jih celo dosname za uporabo v prihodnjih letih, s tem pa širi repertoar predstavljenih področij v banki e-učbenika.

Predavanja so podana sekvenčno, v zaporedju 11 triurnih blokov predavanj ter 9 dvournih blokov vaj. Z indeksnim kazalom, ki 66 tem strukturirano podaja v devetih poglavjih, pa je mogoč tudi dostop do posamezne tematike. Ta neposreden dostop do interesantne vsebine pa je zanimiv tudi za študente doktorskega programa, raziskovalce ter strokovnjake, ki bi želeli izpopolniti oz. nadgraditi ozko in specifična znanja s področja elektrotehnike.

V pripravo teh kvalitetnih in strokovno čistih video gradiv je bilo očitno vložena veliko dela, zato avtorjem izražam podporo k uporabi sodobnega pristopa pri poučevanja in podajanju snovi ter ocenjujem e-učbenik *Video Elektromagnetika* s pozitivno oceno.

prof. dr. Saša Divjak, univ. dipl. inž. el.
zaslužni profesor
Fakulteta za računalništvo in informatiko
Univerza v Ljubljani





doc. dr. Boštjan Batagelj
Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

Strokovna recenzija univerzitetnega učbenika »Video Elektromagnetika«

Na osnovi strokovne analize video vsebine univerzitetnega učbenika »Video Elektromagnetika«, ISBN 978-961-6999-12-0, katerega založnik je Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Laboratorij za osnove elektrotehnike in elektromagnetiko, ki je nastal v video produkciji Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Laboratorij za osnove elektrotehnike in elektromagnetiko (LOEE) ter Laboratorij za telekomunikacije (LTFE), Multimedijski center (MMC) v Ljubljani septembra leta 2014, in se kot odprta vsebina nahaja na internetni povezavi <http://video.fe.uni-lj.si/elektromagnetika/>, sem pripravil sledečo strokovno recenzijo.

Vsebina je skladna z učnim programom pri predmetu Elektromagnetika, ki so ga študentje na Fakulteti za elektrotehniko, Univerze v Ljubljani poslušali v 1. letniku drugostopenjskega univerzitetnega študijskega programa Elektrotehnika pri izbirnem modulu. Vsebina je sedaj primerna tudi za študente 3. stopnje pri istoimenskem predmetu Elektromagnetika.

Video gradiva so razdeljena na predavanja in vaje. V skupni dolžini približno 22 ur predavanj in 18 ur vaj so zasnovana kot sklopi 11. predavanj in 9. vaj. Predavanje je mogoče predvajati v celoti ali po 56-ih tematikah, ki so razvrščene znotraj predavanj.

1. predavanje: Makroskopska količina (splošno); Prostorninska gostota naboja; Gostota toka; Tok; Kontinuitetna enačba (zakon o ohranitvi naboja); Lorentzova sila; Coulombovo polje
2. predavanje: Biot-Savartovo polje; Vektorski magnetni potencial; Lorentzov pogoj - kontinuitetna enačba potencialov; Vrtničnost magnetnega polja; Vrtničnost neskljenjenih tokov; Faradayeva indukcija; Maxwelllove enačbe; Splošna rešitev sistema Maxwelllovih enačb (valovna enačba)
3. predavanje: Prevodnik in polje; Dielektrik (izolant) in polje; Magnetik in polje; Zgled (polje v snovi); Mejni pogoji
4. predavanje: Poyntingov stavek; Zgled 1: Poyntingov stavek; Zgled 2: Poyntingov stavek; Poyntingov stavek v linearni snovi; Enačbe ELMG polja v kompleksnem
5. predavanje: Integralna rešitev polja v linearni izgubni snovi v prisotnosti neodvisnih tokovnih virov; Linearizacija v kompleksnem prostoru; Poyntingov stavek v kompleksnem; Razredi ELMG polj; Časovno stalno polje; Zgled 3: Časovno stalno polje, Poyntingov vektor

6. predavanje: Dinamično polje; Maxwellove enačbe v kvazistatiki; Kirchhoffova zakona; "Poynting" v kvazistatiki; Daljnje polje splošne harmonične tokovne strukture; Sommerfeldov sevalni pogoj; Uvod v numerične metode
7. predavanje: Metoda končnih razlik (diferenc); Primer Laplaceove enačbe (Metoda končnih diferenc); Zgled 4: Kvadratni vodnik v kvadratnem oklopu (MKD); Uporaba MKE pri neekvidistantnih korakih
8. predavanje: Tokovno polje in razlike; Magnetostatika; Kožni pojav; Kovinski valovod; Elektrostatika; Potencial enojnega sloja
9. predavanje: Prevodnik v tujem polju; Zgled 5: Kapacitivnost sistema dveh prevodnih teles, kondenzator; Dielektrik v tujem polju; Kondenzator z dielektrikom; Dielektrik v električnem polju
10. predavanje: Potencial dvojnega sloja; Enojni in dvojni sloj v elektrostatiki
11. predavanje: Mejna integralna enačba kot mejni pogoj, metoda končnih elementov

V začetnem teoretičnem delu, ki predstavlja okvir predmeta, so predstavljene glavne elektromagnetne količine skupaj z vektorskim magnetnim potencialom in Poyntingovim vektorjem. Prikazane so njihove medsebojne povezave v diferencialni obliki, kar privede do splošne rešitve Maxwellovih enačb in uvedbe snovno-geometrijskih lastnosti. Po obravnavi energijske bilance se preide na drugi del, ki s pomočjo različnih numeričnih metod obravnava polje v točkah prostora. Drugi del prične z obravnavo najenostavnejših numeričnih metod končnih razlik na konstantni mreži in nadaljuje na neekvidistantni mreži ter preide v metodo končnih elementov. Numerične metode se sprva izvede na preprostih elektrostatičnih primerih gradientnega polja in osvojene pristope kasneje uporabi na primerih tokovnega polja, magnetnike, elektrodinamike, nihanja in valovanja.

Snov predmeta Elektromagnetika se logično povezuje s snovjo predmetov Osnove elektrotehnike I in Osnove elektrotehnike II, pri čemer se privzame poznavanje matematičnih orodij, ki so jih slušatelji osvojili na prvi stopnji pri matematičnih predmetih.

Predavanja, na katerih so obravnavane zakonitosti elektromagnetnega polja, so podkrepljena z vajami, kjer so prikazani načini reševanja enačb za elektromagnetna polja. Reševanje se razprostira od enostavnih geometrij, ki so analitično rešljive, do kompleksnejših primerov, kjer je potrebno poseči po numeričnih metodah in računalniških orodjih.

Predmet nazorno prikaže, da je pri reševanju elektromagnetnih problemov mogoče pristopiti na več različnih načinov in da različne numerične formulacije vodijo do bolj ali manj enake rešitve, kjer so odstopanja odvisna od diskretizacije prostora in števila obravnavanih enačb. Pri tem se numerične metode nemalokrat tudi primerja med seboj in testira na šolskih primerih, ki jih je mogoče analitično rešiti.

Prikazani numerični pristopi so univerzalni in uporabni na različnih področjih elektrotehnike, kot so na primer informacijsko-komunikacijske tehnologije za izračun anten in valovodov, ki omogočajo prenos telekomunikacijskih signalov. Njihova uporabnost pa se razteza od načrtovanja elektroenergetskih naprav do visokofrekvenčnih elektronskih vezij.

Sodobni inženir pri svojem delu mnogokrat uporablja tudi komercialne programe za izračun elektromagnetnih problemov, ki imajo vgrajene različne numerične metode. Snov obravnavana v okviru predmeta Elektromagnetika pripomore k boljšemu razumevanju sodobnih simulacijskih orodij in s pomočjo obravnavanih problemov da študentu intuitivni občutek, ki ga bo hitreje privedel do pravih rešitev v praksi.

Bistven miselni preskok predmeta je, da se elektromagnetno polje in vezje ne obravnavata ločeno, temveč se količine in dogajanje v njem postavi na skupni imenovalec enovitosti narave, ki velja v prostoru. Predmet prikaže, da se vse temeljne stvari dogajajo na nivoju polja in posamezne točke v prostoru. Elektromagnetni pojavi se torej dogajajo v elementih, vezjih in prostoru, ki ga obdajajo.

Bistven miselni preskok predmeta je prav v tem, da odpravi tabuje v zvezi z elektromagnetnimi problemi, in pokaže, da se prenos energije dogaja v prostoru okrog električnih žic in ne po njih.

Pri pregledu univerzitetnega učbenika »Video Elektromagenetika« smo priča optimalni uporabi informacijsko-komunikacijske tehnologije, ki je današnji generaciji mladih inženirjev bolj domača kot pisana beseda. Verjamem, da bo bogastvo temeljnega znanja, ki je zbrano v tem pedagoškem pripomočku, pomagalo študentom pridobiti širše razumevanje elektromagnetike v domačem slovenskem jeziku. Učbenik kot tak pojmem kot pomemben gradnik v strokovni slovenščini in pripomoček za širše razumevanje elektrotehnike v slovenskem prostoru.

Vsem snovalcem in izvajalcem univerzitetnega učbenika »Video Elektromagnetika« iskreno čestitam za opravljeno delo, ki ga ocenjujem s pozitivno oceno.

V Ljubljani, 13. 8. 2018

recenzent: doc. dr. Boštjan Batagelj, univ. dipl. inž. el.

