

Výuka předmětu „DISKRÉTNÍ PROCESY V ELEKTROTECHNICE“

Jaromír Baštinec,

*Ústav matematiky, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, VUT v Brně
e-mail: bastinec@feec.vutbr.cz*

Irena Hlavičková

*Ústav matematiky, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, VUT v Brně
e-mail: hlavicka@feec.vutbr.cz*

Abstrakt

Příspěvek je věnován obsahu, zaměření a inovacím předmětu „Diskrétní procesy v elektrotechnice“, který je určen pro PGS studenty na FEKT VUT.

1 Úvod

Současný stav výuky matematiky na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií Vysokého učení technického v Brně (FEKT VUT):

V bakalářském studiu je v prvním semestru předmět BMA1 o rozsahu 4 hodiny přednášek, 1 hodina numerického a 1 hodina počítačového cvičení týdně a volitelný seminář pro doplnění středoškolské látky BMAS o rozsahu 2 hodiny numerického cvičení týdně. Ve druhém semestru je předmět BMA2 o rozsahu 3 - 1 - 1. Ve třetím semestru je předmět BMA3 o rozsahu 2 - 1 - 1.

Partie matematiky, které bylo nutné vyřadit z osnov povinných předmětů BMA1 - 3, ale které budou studenti potřebovat v magisterském studiu, byly zařazeny do volitelného předmětu BVPM o rozsahu 4 - 0 - 0.

Do navazujícího magisterského studia byly zařazeny 4 matematické předměty: Diferenciální rovnice v elektrotechnice - o rozsahu 3 hodiny přednášek a 1 hodina cvičení týdně, Pravděpodobnost, statistika a operační výzkum - o rozsahu 2 - 2, Maticový a tenzorový počet - o rozsahu 2 - 2, Moderní numerické metody - o rozsahu 3 - 1. Jde o dobrovolně volitelné předměty.

Celkově došlo k výraznému omezení počtu hodin výuky matematiky a tím i ke změnám v obsahu výuky.

2 Výuka matematiky v doktorandském studiu

Postgraduální doktorandské studium je nemyslitelné bez kvalitní teoretické přípravy. Proto byly matematické předměty zahrnuty i do doktorandských studijních programů.

Podle svého zaměření si mohli studenti volit z následujících předmětů:

- Numerické řešení polí
- Diferenciální rovnice v elektrotechnice
- Algebra, kombinatorika, grafy

- Logika
- Komplexní proměnná v elektrotechnice
- Diskrétní procesy v elektrotechnice
- Operační analýza
- Variační počet, aplikace v elektrotechnice
- Impulsní funkce, aplikace v elektrotechnice
- Globální transformace funkcionálních rovnic
- Statistické metody zpracování dat

Obsah předmětů vycházel z požadavků finálních ústavů. U všech předmětů jsou plánovány pouze přednášky. Studenti PGS si vybírají předměty podle svého odborného zaměření. Většinou se rozhodují na základě doporučení svého školitele.

Počet kurzů a jejich obsah se průběžně mění. Jako důsledek neustálého krácení počtu hodin výuky matematiky v základních programech je třeba stále více partií matematiky přesunovat do vyšších programů - z bakalářského do magisterského a z magisterského do postgraduálního. Některé vybrané partie matematiky, které byly dříve standardní součástí základního kurzu matematiky na naší fakultě, se teď objevují až v doktorandském studiu. To znamená, že zatímco dříve se s nimi seznamovali všichni studenti, nyní se jejich výuka týká pouze vybraných jedinců.

3 Předmět „Diskrétní procesy v elektrotechnice“

Fyzikální a technický popis většiny procesů v elektrotechnice se provádí pomocí spojitých a po částech spojitých funkcí. Ale při každém měření dostáváme jako obraz spojitě veličiny diskrétní veličinu. Proto je nutné, aby studenti zvládli práci nejen se spojitými funkcemi, ale i s diskrétními. Proto je jedním z doktorandských předmětů předmět „Diskrétní procesy v elektrotechnice“ o rozsahu 39 hodin výuky, tj. 3 hodiny týdně, zařazený do letního semestru.

Současná osnova předmětu:

1. Diferenční počet. Diferenční diskrétní rovnice a jejich systémy.
2. Diferenční rovnice a systémy s konstantními koeficienty a metody jejich řešení.
3. Konvergence a divergence řešení diferenčních rovnic.
4. Periodické body a cykly. Transformace nelineárních diskrétních rovnic v lineární.
5. Jordanův tvar matice.
6. Markovovy řetězce. Stabilita řešení diskrétních rovnic.
7. Stabilita podle diskrétní lineární aproximace. Ljapunovy metody v teorii diskrétních rovnic. Typy diskrétní stability.
8. Z transformace. Metody zpětné Z transformace. Volterrova diferenční rovnice konvolučního typu.
9. Diskrétní Laplaceova a Fourierova transformace. Z-transformace versus Laplaceova transformace. Rychlá Fourierova transformace.

10. Diskrétní ekvivalenty spojitých systémů. Diskrétní teorie řízení. Řiditelnost. Stabilizace řízení dle zpětné vazby.
11. Oscilace a neoscilace řešení diferenčních rovnic. Asymptotické vlastnosti řešení diferenčních rovnic.
12. Aproximační nástroje. Rovnice druhého řádu. Vzorkování. Krátkodobé impulsové podněty.
13. Diracova distribuce. Popis obvodů diferenčními rovnicemi.

Pro usnadnění studia byl vypracován elektronický text přednášek, který obsahuje i příklady pro samostatnou práci. Základní literatura, ze které jsme vycházeli, je uvedena na konci příspěvku. Text je PGS studentům FEKT přístupný na fakultní síti.

Plánujeme, že při výuce bude pro ilustraci jednotlivých metod a postupů využíván vhodný matematický software. Program MATHEMATICA můžeme využívat pouze v omezené míře, která je dána současným počtem licencí. Navíc jej nemohou studenti používat doma a při práci na svých domovských ústavech. Proto se v současnosti zaměřujeme více na využívání programu MAPLE.

Pro letošní rok byl schválen grant, který předpokládá tvorbu ilustračních příkladů pro potřeby předmětu „Diskrétní procesy v elektrotechnice“ právě v prostředí MAPLE. Výsledky tohoto grantu se budou používat paralelně s připravovaným elektronickým textem.

Předmět „Diskrétní procesy v elektrotechnice“ si volí studenti oborů Kybernetika, automatizace a měření, Biomedicínská elektronika a biokybernetika, Mikroelektronika a technologie, Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika, Elektronika a sdělovací technika.

Počet zájemců o předmět závisí na počtu přijatých studentů do doktorských oborů a osciluje kolem deseti posluchačů ročně. To umožňuje i individuální přístup a pružnou reakci na potřeby a požadavky studentů.

4 Schválené změny

Obsah a zaměření doktorandského studia se neustále mění a přizpůsobuje novým podmínkám a úkolům. Například řada disertačních prací je vypracována na základě požadavků či přímo zadání firem, které se tímto podílejí na základním i aplikovaném výzkumu. Spolupráce s firmami je velmi různorodá a liší se případ od případu. Od jedné získáme pouze téma, které je pro ně zajímavé, jiná se vedle formulace zadání i částečně podílí na financování výzkumu, či umožňuje využívat své zařízení a vybavení pro výzkum. Proto je nutné průběžně upravovat i náplň matematických předmětů.

Na základě požadavků vedení fakulty byly vypracovány dva návrhy na inovaci předmětu, které předpokládaly, že budou mít 4 hodiny přednášek týdně, tj. 42 hodiny celkem, a budou probíhat v letním semestru.

Vedením fakulty byl do výuky od tohoto školního roku zařazen předmět „Diskrétní procesy v elektrotechnice“ v následující podobě:

1. Základní aparát a základní metody vyšetřování diskrétních procesů. (5 týdnů)

Diskrétní počet (vybrané diferenční vztahy na základě spojitých analogií). Diferenční rovnice a systémy. Základní pojmy, užívané v diskrétních rovnicích (rovnovážné body, periodické body, body potenciálně rovnovážné a potenciálně periodické, stabilita řešení, přitahující a odpuzující body) a jejich ilustrace na příkladech (modelování obvodů diskrétními rovnicemi, přenos informace). Rekurzivní algoritmy řešení systémů

diskrétních rovnic a rovnic vyšších řádů (případ konstantních koeficientů, metoda variace parametrů, metoda neurčitých koeficientů). Počítačová konstrukce obecného řešení. Transformace některých nelineárních rovnic na lineární. Diferenční rovnice sestavované na bázi vzorkování, impulsové podněty, výpočet charakteristik z odezvy signálu (odezva Diracovy distribuce), přechodné děje.

2. Aplikace diferenčních rovnic - stabilita procesů (4 týdny)

Stabilita rovnovážných bodů. Typy stability a nestability. Stabilita lineárních systémů s proměnnou maticí. Stabilita nelineárních systémů podle lineární aproximace. Ljapunovova přímá metoda pro zjištění stability. Fázová analýza dvourozměrného diskrétního systému s konstantními koeficienty, klasifikace rovnovážných bodů. (Alternativně: typy diskrétních Z transformací a metody zpětné Z transformace. Volterrova diferenční rovnice konvolučního typu. Diskrétní Laplaceova a Fourierova transformace. Rychlá Fourierova transformace.)

3. Aplikace diferenčních rovnic - řízení procesů (4 týdny)

Diskrétní ekvivalenty spojitého systému. Diskrétní teorie řízení (řiditelnost, úplná říditelnost, matice říditelnosti, kanonické tvary říditelnosti, říditelná kanonická forma, konstrukce algoritmu řízení). Pozorovatelnost (úplná pozorovatelnost, nepozorovatelnost, princip duality, matice pozorovatelnosti, kanonické tvary pozorovatelnosti, vztah říditelnosti a pozorovatelnosti). Stabilizace řízení dle zpětné vazby.

5 Závěr

Při přípravě předmětu jsme byli vedeni snahou poskytnout studentům doktorandských studijních programů efektivní matematický aparát, který bude bezprostředně použitelný při jejich práci. Museli jsme přitom počítat s nižší úrovní vstupních znalostí studentů. Nakolik jsme byli úspěšní, ukáže až budoucí zájem studentů PGS o předmět.

Poděkování. Práce byla podpořena grantem FRVŠ 727/2006.

Reference

- [1] J. G. Aramamovič, G.L. Lunc, L.C. Elsgolc: *Funkcie komplexnej premennej, operátorový počet, teória stability*, Alfa, SNTL, 1973.
- [2] J. Diblík: *Diskrétní rovnice*, přípravy k přednáškám, Brno, 2006. Preprint.
- [3] J. Diblík, J. Baštinec, I. Růžicková: *Diferenciální rovnice a jejich použití v elektrotechnice*, Studijní modul, FEKT, VUT, Brno, 2005.
- [4] J. Diblík, I. Růžicková: *Discrete Processes in Electrical Engineering*, Studijní modul, Brno, 2005.
- [5] S.N. Elaydi: *An Introduction to Difference Equations*, Springer-Verlag, New York, Inc., 1996. ISBN 0-387-94582-2
- [6] S.N. Elaydi: *An Introduction to Difference Equations*, Second Edition, Springer-Verlag, New York, Inc., 1999. ISBN 0-387-98830-0
- [7] S.N. Elaydi: *An Introduction to Difference Equations*, Springer-Verlag, New York, Inc., 3rd ed., 2005.

- [8] S.J. Farlow: *An Introduction to Differential Equations*, McGraw-Hill, Inc., 1994. ISBN 0-07-020030-0
- [9] V. Lakshmikanthan, D. Trigiante: *Theory of Difference Equations, Numerical Methods and Applications*, Marcel Dekker, Inc., 2002. ISBN 0-415-30074-6
- [10] D. Mayer: *Úvod do teorie elektrických obvodů*, SNTL, Alfa, 1978.
- [11] A. Prágerová: *Diferenční rovnice*, SNTL, 1971.
- [12] Z. Šmarda, I. Růžičková: *Vybrané partie z matematiky*, Studijní modul, FEKT VUT, Brno 2005.