

Politechnika Warszawska
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych

14 września 2016 r.

D z i e k a n a t

Uprzejmie informuję, że na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej odbędzie się w dniu 27 września 2016 r. publiczna obrona rozprawy doktorskiej

mgr inż. Pawła Barmuty

temat: „Efficient measurements and modeling of microwave active devices and circuits through adaptive sampling”

promotor – dr hab. inż. Adam Abramowicz, prof. Politechniki Warszawskiej
kopromotor- prof. Dominique Schreurs z KU Leuven, Belgium

recenzenci:

prof. dr hab. inż. Andrzej Materka z Politechniki Łódzkiej
prof. Francesco Ferranti z Vrije Universiteit Brussel Belgium

Rozprawa jest do wglądu w Bibliotece Głównej Politechniki Warszawskiej. Obrona odbędzie się w dniu 27 września 2016 r. w sali 229 na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych – Gmach im. Janusza Groszkowskiego, Warszawa, ul. Nowowiejska 15/19; początek godz. 12.00.

Dziekan



prof. dr hab. inż. Krzysztof Zaremba

Streszczenie pracy

Autor: Paweł Barmuta

Tytuł: Efficient Measurements and Modeling of Microwave Active Devices and Circuits through Adaptive Sampling (pol. "*Wydajne pomiary i modelowanie aktywnych przyrządów i obwodów mikrofalowych poprzez adaptacyjne próbkowanie*")

Streszczenie:

Charakteryzacja i modelowanie przyrządów i obwodów są kluczowe dla projektowania urządzeń mikrofalowych. Stale rosnące wymagania dotyczące parametrów projektowanych urządzeń oznaczają konieczność stosowania coraz to dokładniejszych i bardziej skomplikowanych modeli, co przekłada się na wzrost złożoności eksperymentów służących do ekstrakcji tych modeli. W przypadku przyrządów mikrofalowych znalazło to odzwierciedlenie m.in. w przejściu z wektorowych pomiarów liniowych do pomiarów wielkosygnałowych. Ponadto, obserwuje się stale rosnącą liczbę zmiennych branych pod uwagę przy ekstrakcji modelu, np. impedancji obciążenia, sposobu modulacji, napięć polaryzacji itd. Duża liczba zmiennych wejściowych i wyjściowych powoduje, że projekty eksperymentów tradycyjnie stosowane przy pomiarach mikrofalowych stają się mało efektywne pod względem zysku informacji w odniesieniu do liczby punktów pomiarowych. Stąd w ogromnej większości eksperymentów mikrofalowych poprawny ich projekt zależy w głównej mierze od doświadczenia operatora.

Celem tej pracy jest przełamanie kłątwy wymiarowości w procesie charakteryzacji i modelowania aktywnych urządzeń mikrofalowych. Projektowanie eksperymentów i ekstrakcja modeli zostały połączone poprzez zastosowanie metodologii powierzchni odpowiedzi, która to pozwoliła na całkowitą automatyzację obydwu procesów. Dzięki temu znacząco zmalały wymagania dotyczące doświadczenia operatora. Efektywność eksperymentu poprawiono wykorzystując algorytmy adaptacyjnego próbkowania, w których kolejne punkty pomiarowe są generowane na podstawie uprzednio zdobytych informacji.

Wpierw wyznaczono zestaw modeli i algorytmów adaptacyjnego próbkowania, które dają najlepsze wyniki w zastosowaniach mikrofalowych. Wykonane pomiary load-pull pozwoliły na identyfikację głównych problemów metodologii powierzchni odpowiedzi w aplikacjach mikrofalowych, tj. ograniczenia przestrzeni zmiennych wejściowych i stosunkowo duży koszt obliczeniowy. Wyzwania te zostały podjęte w dalszej części pracy, gdzie opracowane metody zostały sprawdzone w oparciu o symulacje i pomiary mikrofalowe. Na koniec, metodologia powierzchni odpowiedzi została zestawiona z innymi technikami służącymi zmniejszeniu złożoności eksperymentów, co dało punkt odniesienia i pozwoliło ulepszyć te metody.

Kwestionariusz-recenzja rozprawy doktorskiej
dla Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych
Politechniki Warszawskiej

Tytuł rozprawy: Efficient Measurements and Modeling of Microwave Active Devices and Circuits through Adaptive Sampling

Autor rozprawy: mgr inż. Paweł Barmuta

1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy (teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?

Celem rozprawy było poszukiwanie skutecznych metod redukcji kosztów opartego na pomiarach modelowania słabo nieliniowych przyrządów i obwodów mikrofalowych, w szczególności tranzystorów polowych. Tezę rozprawy sformułowano jasno na str. 10 w postaci twierdzenia, że całkowity koszt opracowania modelu przyrządów i układów mikrofalowych może być zmniejszony przez odpowiednie zaadaptowanie metody powierzchni odpowiedzi (oryginalnie opracowanej do przetwarzania i analizy danych pomiarowych w dziedzinach innych niż technika mikrofalowa). Badania naukowe zaplanowane i zrealizowane dla udowodnienia tezy łączą w sobie teorię, doświadczenia, symulacje komputerowe i analizę danych.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł (w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle) świadczącej o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

Obszerny przegląd literatury obejmuje 182 pozycje, w większości artykuły naukowe opublikowane w czasie ostatnich dwóch dekad. Rozległość tematyki tego przeglądu oraz drobiazgowość zagadnień wziętych pod uwagę w analizie, dyskusji i porównaniach technik mikrofalowych oraz informatycznych dowodzą, że mgr Barmuta posiada odpowiednio dużą wiedzę i doświadczenie, jakich się oczekuje od kandydatów do stopnia doktora nauk technicznych. Dyskusja i wnioski odnoszące się do próbkowania przestrzeni zmiennych, ograniczeń występujących w pomiarach mikrofalowych (których przekroczenie może być destruktywne), modelowanie i próbkowanie zorganizowane jako równoległe wątki obliczeń

komputerowych, zastosowanie kryterium informacyjnego Akaike do oceny modelu są przekonujące. Przegląd stanu wiedzy jest zarówno krytyczny jak i kreatywny.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Przyrządy aktywne będące obiektem badań oraz układy pomiarowe zostały wybrane i zaprojektowane w sposób przemyślany, by odwzorować istotne właściwości przyrządów mikrofalowych w konfrontacji z ograniczeniami ich modeli. Dane otrzymane drogą pomiarów i symulacji komputerowych przedstawiono, omówiono i zinterpretowano we właściwy sposób. Zilustrowanie ograniczonej dokładności pewnych modeli w zastosowaniu do ekstrapolacji charakterystyk przyrządu na podstawie dostępnych danych pomiarowych i opracowanie sposobów pokonania tych ograniczeń za pomocą modelu hybrydowego nie byłoby możliwe bez poprawnej interpretacji zgromadzonych danych doświadczalnych.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Rozprawa jako całość jest bez wątpienia oryginalna. Jest oparta na znanych metodach pomiaru wielkości fizycznych i przetwarzania danych, zmodyfikowanych i zaadaptowanych do specyficznych cech techniki mikrofalowej. Adaptacja ta nie była oczywista. Jej opracowanie koncepcyjne i implementacja wymagały przemyślanego połączenia relatywnie szerokiego spektrum metod matematycznych, statystycznych, informatycznych oraz teorii i technik mikrofalowych. Fragmenty prac składających się na ocenianą dysertację opublikowano jako oryginalne prace w renomowanych periodykach naukowych, takich jak *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* i przedstawiono na 27 konferencjach międzynarodowych. Tym samym, osiągnięcia doktoranta zostały poddane szerokiej dyskusji, a ich nowatorski charakter został uznany przez innych badaczy specjalizujących się w elektronice mikrofalowej.

Głównym osiągnięciem doktoranta jest opracowanie oryginalnego modelu hybrydowego, który pozwala na dokładną charakteryzację tranzystora przy zredukowanej liczbie pomiarów. Wydajność i dokładność modelu zostały zademonstrowane i obiektywnie oszacowane za pomocą zmierzonych i symulowanych numerycznie charakterystyk przyrządu FET osadzonego w układzie wzmacniacza. To samo podejście metodyczne wykorzystano do badania metod powierzchni odpowiedzi, opisanego w rozdziale 3. Do oceny błędów modelowania w przypadku danych zawierających składowe losowe wykorzystano proste statystyki. Ilość danych doświadczalnych zebranych w celu udowodnienia głównych wniosków ocenianej rozprawy jest wystarczająca.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Praca doktorska została napisana starannie. Jej tekst jest niemal bezbłędny. Sugerowałbym autorowi rozważenie zestawionych poniżej nielicznych, drobnych korekt.

str. 26: Tesslelation → Tessellation

str. 56: higher harmonics are much more corrugated → higher harmonics surfaces are much more corrugated

str. 59: Fig. 3.7b and Fig. 3.7b → Fig. 3.7b and Fig. 3.7c

str. 60: independent from the load impedance → independent of the load impedance

str. 60: are related with a simple quadratic function → are related to a simple quadratic function

str. 80: who were evaluated → which were evaluated

str. 109: number of folds will may result → number of folds may result

str. 143: The overall cost ... can be accomplished → The overall cost ... can be reduced [lowered]

Istnieją wyraźne różnice (wielkość symboli, krój czcionek, oznaczenie osi wykresów) między rysunkami 4.6-4.9 a pozostałymi rysunkami rozprawy, które skomponowano z dbałością o dopasowanie do przyjętego wzorca graficznego. Różnice te nie mają merytorycznego uzasadnienia i mogą rozpraszać uwagę czytelnika.

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Rozprawa mogłaby być mniej obszerna i bardziej skoncentrowana na celu badań, przyjętej tezie i jej dowodzeniu. Eksperymenty Marconiego, do których nawiązano w pierwszym zdaniu dysertacji nie były przedmiotem badań doktoranta w dyscyplinie elektronika. Są one bardzo luźno związane z rozwiązywanym problemem. Szczegółowe opisy i ilustracje użyte do scharakteryzowania znanych z literatury metod pomocniczych powinny być podporządkowane głównemu celowi, którym jest jasne i przekonujące udowodnienie hipotez. Na przykład, nieznane jest podobieństwo funkcji (2.6) i (2.7) opisujących powierzchnie przedstawione na rys. 2.12 do analogicznych (ale nie zilustrowanych odpowiednim rysunkiem) funkcji niejawnie występujących w eksperymencie opisywanym i diskutowanym w p. 2.3.2 C na str. 32-33.

Uwagi krytyczne zawarte w tej recenzji nie zmieniają wysokiej oceny wiedzy mgra Barmuty i poziomu naukowego zrealizowanych przez niego badań. Mam nadzieję, że moje sugestie okażą się przydatne w redagowaniu jego kolejnych publikacji – naukowych i dydaktycznych.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Zagadnienie redukcji czasu i zasobów potrzebnych do dokładnego odwzorowania właściwości nieliniowych przyrządów półprzewodnikowych jest ważne dla praktyki. Znalezienie sposobów i opracowanie metod oraz technik osiągnięcia takiej redukcji poszerza ogólną wiedzę w zakresie metrologii i przetwarzania danych. Proponowana przez doktoranta metoda, łącząca modelowanie przyrządów z adaptacyjnym próbkowaniem przestrzeni pomiarów, może być podstawą do rozwoju metod projektowania specjalistycznej, zautomatyzowanej aparatury pomiarowej.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- a) niespełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy
- b) wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania
- c) spełniająca wymagania
- d) spełniająca wymagania z pewnym nadmiarem
- e) wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

Magister inżynier Paweł Barmuta opracował i przedstawił oryginalne rozwiązanie istotnego problemu naukowego w dziedzinie nauk technicznych. Kandydat posiada wiedzę teoretyczną i praktyczną potrzebną do prowadzenia badań naukowych w dyscyplinie elektronika. Stosując metody właściwe dla tej dyscypliny udowodnił, że koszt modelowania tranzystorów mikrofalowych w układach słabo nieliniowych można zmniejszyć adaptując metodę powierzchni odpowiedzi. Opublikował wyniki swoich prac badawczych w recenzowanych artykułach o zasięgu międzynarodowym. Stwierdzam w związku z tym, że kandydat spełnił wymagania Ustawy z 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym... (Dz.U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) i wnioskuję o dopuszczenie jego rozprawy doktorskiej do publicznej obrony.

Andrzej Małkowski

Brussels, 10 September 2016

Prof. Dr. Eng. Francesco Ferranti
Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Belgium

Thesis review

Thesis title: Efficient Measurements and Modeling of Microwave Active Devices and Circuits through Adaptive Sampling

Thesis author: Paweł Barmuta

Measurement-based tasks can be quite time-consuming especially when the number of variables (dimensions) to be considered and explored during the experiments increases. This PhD thesis proposes adaptive sampling techniques to perform efficient measurements and modeling of active microwave devices. Adaptive sampling schemes allow collecting the most informative data samples in order to efficiently characterize and model the behavior of active microwave devices as a function of multiple variables, such as input power, load and bias conditions. Adaptive sampling methods are also linked with modeling techniques in an iterative process.

This PhD work provides innovative techniques in the field of automated measurement-based tasks. The cross-fertilization among different research areas (microwave measurements, modeling and adaptive sampling) is a key feature. Different interesting ideas and research directions have been investigated with successful results. Multiple simulated and measured examples are discussed and the shown results are a valuable validation step for this PhD work.

The computational cost to perform adaptive sampling and modeling in an iterative loop can be a limitation in complex scenarios and it is an aspect that deserves attention to further improve the current results and applications of this PhD work. The future work needed to address remaining challenges (e.g., improving the computational performance of the response surface methodology techniques and enhancing the application of this PhD work towards different classes of devices) is well identified and discussed.

- Please assess the work using one the following categories:
 - Does not meet the requirements for doctoral dissertation,
 - Requires amendments and re-review,
 - Fulfills the requirements,
 - Fulfills the requirements with an excess,
 - Remarkably good, worth distinction.

The PhD work is of high quality. I support the evaluation “Remarkably good, worth distinction”. I do not have knowledge of specific criteria required by Polish academic rules to award distinction, which might become a formal obstacle to award distinction in the case they are not satisfied. If there are formal obstacles to award distinction and my previous evaluation needs to be modified, I then support the evaluation “Fulfills the requirements with an excess”.

Sincerely yours,

Francesco Ferranti

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Francesco Ferranti". The signature is written in a cursive style with some flourishes.