

Autoreferat

Życiorys naukowy, ze wskazaniem najważniejszych publikacji będących przedmiotem postępowania habilitacyjnego

Urodziłem się 25 lutego 1974 r. w Rypinie (dawne woj. kujawsko-pomorskie). W 1993 r. ukończyłem liceum ogólnokształcące, profil matematyczno-fizyczny. Dyplom magistra inżyniera uzyskałem z dziedziny techniki mikrofalowej na Politechnice Gdańskiej w roku 1998, broniąc pracę pt. „Badanie zjawisko polowych występujących w falowodzie prostokątnym zawierającym ośrodek pseudochiralny typu omega”. Moje zainteresowanie techniką mikrofalową oraz możliwość dalszej współpracy z promotorem pracy dyplomowej, oraz późniejszej pracy doktorskiej, prof. dr hab. inż. Jerzym Mazurem zaowocowały dalszą nauką w tym kierunku.

W roku 1998 rozpocząłem prace zawodową w Prokom Software w Gdyni oraz jednocześnie prace nad doktoratem „Badanie układów niewzajemnych zawierających złącza ferrytowych linii sprzężonych magnesowanych podłużnie”. Stopień doktora uzyskałem w roku 2002 broniąc prace w Przemysłowym Instytucie Telekomunikacji w Warszawie.

W Prokom Software pracowałem jako starszy konsultant techniczny do roku 2005, a zakres moich obowiązków obejmował między innymi pisanie oprogramowania na platformach Windows i Unix. Specjalizowałem się w zagadnieniach integracyjnych pomiędzy różnymi systemami i architekturami informatycznymi oraz rozwiązywaniem problemów informatycznych na poziomie algorytmicznym.

W roku 2004 wraz z trzema kolegami założyłem spółkę TeleMobile Electronics, gdzie do chwili obecnej zajmuje się pisanie oprogramowania.

Z problemem strojenia filtrów mikrofalowych spotkałem się w roku 2006.

Analizując literaturę fachową tej tematyki oraz przeprowadzając wywiad w fabrykach największych producentów filtrów stwierdziłem, że problem strojenia filtrów nie został do chwili obecnej w pełni rozwiązany. Z jednej strony zaproponowano metody pozwalające stroić pewne klasy filtrów. Były to zazwyczaj filtry niskiego rzędu, bądź filtry bez sprzężeń skrośnych. Z drugiej strony metody te były obciążone wadami w postaci małej skuteczności oraz/bądź małej szybkości działania. W roku 2006 rozpocząłem prace nad własnymi algorytmami do strojenia filtrów mikrofalowych, a pierwszy prototyp robota strojącego filtry uruchomiłem w roku 2007. Urządzenie zostało wyposażone w głowicę, która łączy zespół silników krokowych z zespołem śrubokrętów. Jest ona dostosowywana do każdego nowego typu filtru i może automatycznie, jednocześnie zmieniać wszystkie jego elementy strojące¹.

W trakcie badań zaproponowałem nowe metody strojenia. Szybkie, niezależne od topologii filtru, szerokości pasma oraz niewymagające procesu ekstrakcji parametrów, a zatem długotrwałych procesów optymalizacji dla każdej iteracji strojenia. Opracowanie tych metod poprzedziły długotrwałe badania nad metodami automatycznego strojenia na podstawie mechanizmów optymalizacji, przy pomocy zbudowanego robota. Zbadałem heurystyczne metody optymalizacji bezgradientowej w aspekcie ich zastosowania do strojenia filtrów, takie jak: algorytm genetyczny, metodę simplexu, metodę symulowanego wyżarzania, metodę Powell'a, metodę Jeeves'a i inne. Zaproponowane metody optymalizacji działają niezależnie od topologii strojonego filtru; traktują go jak „czarną skrzynkę”. W wymienionych metodach każdy element strojący jest rozpatrywany jako jedna, niezależna zmienna optymalizacji. Głównym wnioskiem wynikającym z tych badań było stwierdzenie, że przy odpowiednio skonstruowanej funkcji kosztu metody te są w zasadzie 100% zbieżne, jakkolwiek niepozbawione wad. Metody optymalizacji bezgradientowej z zasady swojego działania dochodzą do wyniku „optymalnego” za pomocą wielu iteracji, podczas których każdy z elementów strojących jest wielokrotnie zmieniany, pokonując przy tym długą drogę kątową².

¹ Patent uzyskałem w roku 2012. Zgodnie z moją wiedzą jest to jedyne jak dotąd zbudowane urządzenie pozwalające zmieniać wszystkie elementy strojące filtru jednocześnie.

² Przez „drogę kątową” definiuję całkowity sumaryczny, co do modułu, kąt obrotu elementu strojącego (śruby) podczas całego procesu strojenia.

Fakt ten jest niepożądany ze względu na ryzyko powstawania podczas tych zmian metalowych opiłków, które mogą wpaść do wnętrza filtru. Opiłki te mogą stać się źródłem niepożądanych pasywnych produktów intermodulacji (ang. *Passive Inter-Modulation* – PIM), przez co eliminują zastosowanie produkcyjne takich filtrów. Dalsze moje badania dotyczyły opracowania metody umożliwiającej wyeliminowanie wspomnianej wady. Taką metodę, opracowaną przeze mnie w roku 2007, pozwalającą na automatyczne strojenie, opisałem w pracy

J. J. Michalski, *“Artificial Neural Networks Approach in Microwave Filter Tuning”*, *Progress In Electromagnetics Research M*, Vol. 13, 173-188, 2010.

Wykazałem, że dzięki wykorzystaniu zdolności aproksymacyjnych sztucznych sieci neuronowych (SSN) możliwe jest bezpośrednie odwzorowanie rozstrojonej charakterystyki filtru na wartości odchyłek elementów strojących, odpowiedzialnych za rozstrojenie. Dzięki temu, przynajmniej teoretycznie, można zestroić filtr podczas jednej iteracji, co minimalizuje drogę kątową elementów strojących.

W ogólności metoda zaproponowana przeze mnie polega na modelowaniu, przy wykorzystaniu fizycznych wzorców (wektorów uczących sztuczna sieć neuronową), relacji charakterystyka filtru a odchyłki elementów strojących. Z uwagi na sposób budowy modelu metodykę tę nazwałem Metodą Modelu Wstecznego (MMW).

W kolejnym podejściu przedstawionym w pracy

J. J. Michalski, *“Artificial Neural Network Algorithm for Automated Filter Tuning with Improved Efficiency by Usage of Many Golden Filters”*, *Proceedings of XVIII International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications MIKON-2010, Lithuania, Vilnius, June 14-16, 2010, Vol. 3, pp. 264 – 266.*

wykazałem, że użycie wielu filtrów w celu budowy bazy wzorców uczących do nauki SSN znacznie poprawia błąd generalizacji, a co za tym idzie, podnosi jakość procesu strojenia. Inną z metod, mającą na celu zmniejszenie błędu generalizacji,

było zastosowanie nowoczesnych aproksymatorów typu ANFIS, które opisałem w pracy

T. Kacmajor, J. J. Michalski, "Neuro-Fuzzy Approach in Microwave Filter Tuning", IEEE International Microwave Symposium, 2011 Baltimore.

Opisane metody radziły sobie doskonale ze strojeniem filtrów zarówno metodami automatycznymi, przy pomocy robotów, jak i również podczas strojenia ręcznego. Jedynym wymaganiem stawianym przed strojeniem było aby filtr był wstępnie nastrojony. Tzn. elementy strojące filtru musiały być ustawione w pobliże ustawień poprawnych już w procesie składania filtru z komponentów. W praktyce, założenie to było łatwe do spełnienia metodami znanymi wcześniej z literatury. Niemniej jednak dalsze moje badania skupiły się na opracowaniu własnej metody strojenia wstępnego, którą opisałem w pracy

J. J. Michalski, "Inverse Modeling in Application for Sequential Filter Tuning", Progress In Electromagnetics Research, Vol. 115, 113-129, 2011.

Metoda ta pozwalała w sposób sekwencyjny, z bardzo dużą dokładnością na przeprowadzenie procesu strojenia. W tym podejściu zakłada się, że na początku strojenia wszystkie elementy są wyjęte z filtru i w procesie strojenia są ustawiane, jeden za drugim od wejścia filtru w kierunku jego wyjścia.

Kolejną zaproponowaną ewolucją opracowanych metod było zastosowanie liniowego macierzowego operatora realizującego funkcję aproksymatora relacji charakterystyka filtru a wartości odchyłek elementów strojących. Metoda ta wymusza liniową relacje pomiędzy charakterystyką filtru a pozycjami elementów strojących. Opracowaną procedurę strojenia opublikowałem w

J. J. Michalski, "On Linear Mapping of Filter Characteristic to Position of Tuning Elements in Filter Tuning Algorithm," Progress In Electromagnetics Research, Vol. 123, 279-298, 2012.

Wysoka skuteczność tej metody stała się jednak możliwa dopiero po zastosowaniu przekształceń charakterystyk filtru za pomocą dyskretnych przekształceń z

wykorzystaniem transformaty Karhunen-Loevego, opublikowanych w

T. Kacmajor, J. J. Michalski, "Principal Components Analysis in Application for Filter Tuning Algorithm", IMWS Conference, Proceedings, pp. 684-686, Sitges, Barcelona, Spain, September 15-16, 2011.

bądź przekształceń falkowych Daubechies D4 zaproponowanych w publikacji

J. J. Michalski, T. Kacmajor, "Filter Tuning Algorithm with Compressed Reflection Characteristic by Daubechies D4 Wavelet Transform", Proceedings of the 41st European Microwave Conference, pp. 778-781, Manchester, UK, 9-14 October 9-14, 2011.

Zaletą metody opartej o liniowy operator macierzowy, w stosunku do metod opartych o sztuczną sieć neuronową, czy aproksymator ANFIS, był brak konieczności przeprowadzania długotrwałego procesu przygotowywania algorytmu związanego z nauką SSN bądź ANFIS.

Na początku badań nad skutecznością algorytmów (r. 2007) podczas strojenia robotem, zaobserwowałem, że bardzo dobre wyniki uzyskuje się w przypadku gdy zbiór uczący sztuczną sieć neuronową jest utworzony nie tylko w drodze losowego rozstrajania filtru lecz również za pomocą rozstrajania element po elemencie przy zachowaniu pozostałych elementów na pozycjach nastrojonych. Obserwacja ta wyeliminowała konieczność losowego długotrwałego rozstrajania filtru w celu zebrania wzorców uczących. Na tym etapie moich badań nie potrafiłem jeszcze wyjaśnić tego zachowania. W latach kolejnych kontynuowałem badania związane z tą obserwacją. Dalsze prace prowadzone w latach 2010 – 2012 pozwoliły na analityczne i numeryczne wyjaśnienie tego efektu oraz na opracowanie metodyki zbierania wzorców uczących bez konieczności użycia robota, lecz metodą ręczną. Uzyskane wyniki zostały opisane w dwóch publikacjach:

T. Kacmajor, J. J. Michalski, "Microwave filter tuning using coarse set of reflection characteristics and corresponding tuning elements deviations," Elektronika (LIII), nr 7/2012, s. 24-26.

oraz

T. Kacmajor, J. J. Michalski, „Filter Tuning Based on Linear Decomposition of Scattering Characteristics”, Progress In Electromagnetics Research, Vol. 135, 451-464, 2013

Dalsze badania wykazały, że opracowane metody można zastosować nie tylko do strojenia filtrów lecz również innych urządzeń mikrofalowych. Badane przeze mnie były: ogranicznik mocy oparty na diodach PIN oraz izolator ferrytowy. Wyniki eksperymentów zostały opublikowane w dwóch pozycjach literatury:

T. Kacmajor, J. J. Michalski, “Sequential Tuning of Waveguide PIN Diode Limiters”, Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, pp. 1393-1397, Kuala Lumpur, Malaysia, Mar. 27-30, 2012.

M. Mazur, J. J. Michalski, "The Isolator Tuning Using Sequential Method with applied Artificial Neural Network," Proceedings of XIX International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications MIKON-2012, Warsaw, Poland, May 21-23, 2012, Vol 2, pp. 785-788.

Do chwili obecnej zajmuję się metodami sztucznej inteligencji w zastosowaniu do strojenia filtrów mikrofalowych. Materiał podsumowujący wyniki moich prac z tej tematyki, uzyskany podczas badań w latach 2006 – 2012, można znaleźć w następujących wydaniach książkowych:

J. J. Michalski, J. Gulowski, T. Kacmajor, M. Mazur, rozdział "Artificial Neural Network in Microwave Cavity Filter Tuning," książka, "Microwave and Millimeter Wave Circuits and Systems: Emerging Design, Technologies and Applications", edytorzy: A. Georgiadis, H. Rogier, L. Roselli, P. Arcioni, Wiley 2012 (ISBN-10: 1119944945, ISBN-13: 978-1119944942).

J. J. Michalski, “Modelowanie wsteczne w zastosowaniu do strojenia filtrów mikrofalowych,” Novae Res – Wydawnictwo Innowacyjne 2013 (ISBN-978-83-7722-546-2).

Uzyskane patenty

W lipcu 2007 r. zgłosiłem wniosek patentowy na wynalazek:

J. J. Michalski, "Sposób i urządzenie do strojenia filtrów", wynalazek - zgłoszenie

patentowe nr: P382895.

Patent uzyskałem w październiku 2012 r. Wcześniej rozwiązanie zostało zarejestrowane z certyfikatem pierwszeństwa na targach Cebit 2007 w Hanowerze pod numerem 2516.

Inne zainteresowania naukowe

W zakresie moich zainteresowań naukowych znajdują się również metody optymalnego rozwiązywania równań nieliniowych wielu zmiennych w dziedzinach rzeczywistej i zespolonej. Od roku 2009 pracowałem nad autorskim algorytmem „śledzenia zer” przeszukującym przestrzeń rozwiązań leżących w wielowymiarowych wierzchołkach simpleksów regularnych. Autorski algorytm nazwałem SCVS (Simplex Search Vertices Searching). Opracowaną metodykę opublikowałem w

J. J. Michalski, P. Kowalczyk, "Efficient and Systematic Solution of Real and Complex Eigenvalue Problems Employing Simplex Chain Vertices Searching Procedure", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Volume: 59, Issue: 9, 2011.

Symulacje numeryczne metody SCVS oraz innych metod znanych z literatury pokazały bardzo dużą skuteczność opracowanego przeze mnie algorytmu. Rozważania teoretyczne oraz dalsze badania numeryczne wykazały, że metoda ta znajduje również zastosowanie do rozwiązywania układów, które charakteryzują się bliskimi zerami oraz nawet zerami wielokrotnymi. Jest to unikalna cecha tej metody w świetle metod aktualnie znanych. Materiał ten opublikowałem w pracy

J. J. Michalski, " Systematic solution of nonlinear equations with close or double roots in complex domain," Proceedings of XIX International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications MIKON-2012, Warsaw, Poland, May 21-23, 2012, vol. 1, pp. 323-326.

Metodę SCVS udało mi się dalej zastosować do rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych stopnia pierwszego i drugiego. Jest możliwa łatwa

adaptacja do stopni wyższych niż drugi. Materiał opracowany w tym zakresie jest aktualnie w recenzji w prestiżowym piśmie matematycznym *IMA Journal of Applied Mathematics* (luty 2013).

Podsumowanie dorobku naukowego

Szczegółowy wykaz publikacji oraz podsumowanie dorobku naukowego znajduje się w „Załączniku 3 - Wykaz dorobku naukowego”.

Udział w projektach

W latach 2007 – 2009 byłem kierownikiem i głównym wykonawcą projektu pt. „Inteligentna Automatyczna Strojnica Filtrów – Intelligent Automatic Filter Tuning Tool (IAFTT)” – projekt celowy podpisany z MNiSW.

Następnie w latach 2010 – 2012 byłem kierownikiem i głównym wykonawcą projektu wykonywanego w ramach europejskiej akcji COST IC0803 RF/Microwave Communication Subsystems for Emerging Wireless Technologies (RFCSET) pt. „Opracowanie nowych metod optymalizacji i ich badanie pod kątem zastosowania do fizycznych urządzeń mikrofalowych wymagających strojenia”.

Lista nagród za rozwiązanie do automatycznego strojenia filtrów mikrofalowych

Rozwiązanie do strojenia filtrów było kilkakrotnie wyróżniane i nagradzane w prestiżowych konkursach:

1. Nagroda Przeglądu Technicznego za „wysokie walory praktyczne i innowacyjne Automatycznej Inteligentnej Strojnicy Filtrów”, Targi Techniki Przemysłowej, Nauki i Innowacji TECHNICON INNOWACJE 2007, Gdańsk, 23-25.10.2007;
2. Dyplom – wyróżnienie w konkursie o Grand Prix im. prof. Roberta Szewalskiego, kategoria: Informatyka i telekomunikacja, za Automatyczną Inteligentną Strojnicę Filtrów, Targi Techniki Przemysłowej, Nauki i Innowacji, TECHNICON INNOWACJE 2007, Gdańsk, 24.10.2007;

3. Tytuł „Innowacyjny produkt” w konkursie „Krajowi Liderzy Innowacji”, szczebel regionalny, Edycja 2008 (Warszawa, listopad 2008);
4. Tytuł „Innowacyjny produkt” w konkursie „Krajowi Liderzy Innowacji”, Edycja 2008 – ogólnopolska (Warszawa, listopad 2008).

Wdrożenia technologii do strojenia filtrów

Aktualnie technologia strojenia filtrów jest wdrożona u 3 klientów, gdzie strojone są filtry oraz dupleksery w zakresie częstotliwości od 474 MHz do 30 GHz. Trwają rozmowy z następnymi klientami odnośnie wdrożenia technologii strojenia ręcznego jak i również automatycznego.

Plany na przyszłość

Swoje plany na przyszłość wiąże z dalszym rozwojem opracowanych metod. Między innymi rozwój dotyczy zastąpienia wzorców uczących pochodzących z procesu rozstrajania filtru wzorcowego, danymi pochodzącymi z symulacji elektromagnetycznych odpowiedzi filtrów dla różnych ustawień elementów strojących. Pozwoliłoby to na zastosowanie algorytmów nie tylko w przypadkach produkcji masowych, gdzie nie jest trudno o jeden nastrojony filtr służący jako wzorzec, lecz również w strojeniu pojedynczego egzemplarzu fizycznego filtru. Następny, a raczej równoległy, kierunek moich badań naukowych to rozszerzenie algorytmów rozwiązywania, metodami „śledzenia zer”, równań różniczkowych o równania cząstkowe. Zamierzam również znaleźć zastosowania tych algorytmów do problemów z dziedziny techniki mikrofalowej.

Lista publikacji, wchodzących w skład osiągnięcia pt. „Nowe metody strojenia filtrów mikrofalowych”

Jako osiągnięcie naukowe, będące przedmiotem postępowania habilitacyjnego, wskazuję jednotematyczny cykl publikacji pt. „Nowe metody strojenia filtrów mikrofalowych”. Na cykl składa się 21 pozycji wymienionych poniżej.

Książki i rozdziały do książek

1. **J. J. Michalski**, J. Gulgowski, T. Kacmajor, M. Mazur, rozdział "Artificial Neural Network in Microwave Cavity Filter Tuning," książka, "Microwave and Millimeter Wave Circuits and Systems: Emerging Design, Technologies and Applications", Edytorzy: A. Georgiadis, H. Rogier, L. Roselli, P. Arcioni, Wiley 2012 (ISBN-10: 1119944945, ISBN-13: 978-1119944942).
2. **J. J. Michalski**, "Modelowanie Wsteczne w Zastosowaniu do Strojenia Filtrów Mikrofalowych," *Novae Res – wydawnictwo innowacyjne* 2013 (ISBN: 978-83-7722-546-2).

Publikacje recenzowane (baza Journal Citation Reports – patrz załącznik 6a)

1. **J. J. Michalski**, "Inverse Modeling in Application for Sequential Filter Tuning", *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 115, 113-129, 2011. (IF=5,298, 32 punkty).
2. **J. J. Michalski**, "On Linear Mapping of Filter Characteristic to Position of Tuning Elements in Filter Tuning Algorithm," *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 123, 279-298, 2012. (IF= 5,298 (2011), 2012 ? , 32 punkty).
3. J. Gulgowski, **J. J. Michalski**, "The Analytic Extraction of the Complex-valued Coupling Matrix and its Application in the Microwave Filter Modeling", *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 130, 131-151, 2012. (IF= 5,298 (2011), 2012 ? , 32 punkty).
4. T. Cegielski, **J. J. Michalski**, "Heuristic Methods for Automated Microwave Filter Tuning", *Proceedings of XVII International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications MIKON-2008, Poland, Wroclaw, May 19-21, 2008*, Vol. 3, pp. 647 – 650.
5. T. Kacmajor, **J. J. Michalski**, „Filter Tuning Based on Linear Decomposition of Scattering Characteristics”, *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 135, 451-464, 2013. (IF= 5,298 (2011), 2013 ? , 32 punkty)

Pozostałe publikacje recenzowane

1. **J. J. Michalski**, "Artificial Neural Networks Approach in Microwave Filter Tuning", *Progress In Electromagnetics Research M*, Vol. 13, 173-188, 2010.
2. T. Kacmajor, **J. J. Michalski**, "Microwave Filter Tuning Using Coarse Set of

Reflection Characteristics and Corresponding Tuning Elements Deviations," Elektronika (LIII), nr 7/2012, s. 24-26 (9 punktów).

3. **J. J. Michalski**, "Artificial Neural Network Algorithm for Automated Filter Tuning with Improved Efficiency by Usage of Many Golden Filters", *Proceedings of XVIII International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications MIKON-2010, Lithuania, Vilnius, June 14-16, 2010, Vol. 3, pp. 264 – 266.*
4. **J. J. Michalski**, T. Kacmajor, J. Gulgowski and M. Mazur, "Consideration on Artificial Neural Network Architecture in Application for Microwave Filter Tuning", *Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, pp. 1313-1317, Marrakesh, Morocco, Mar. 20-23, 2011.*
5. T. Kacmajor, **J. J. Michalski**, "Neuro-Fuzzy Approach in Microwave Filter Tuning", *IEEE International Microwave Symposium, 2011 Baltimore.*
6. T. Kacmajor, **J. J. Michalski**, "Principal Components Analysis in Application for Filter Tuning Algorithm", *IMWS Conference, Proceedings, pp. 684-686, Sitges, Barcelona, Spain, September 15-16, 2011.*
7. **J. J. Michalski**, T. Kacmajor, "Filter Tuning Algorithm with Compressed Reflection Characteristic by Daubechies D4 Wavelet Transform", *Proceedings of the 41st European Microwave Conference, pp. 778-781, Manchester, UK, 9-14 October 9-14, 2011.*
8. T. Kacmajor, **J. J. Michalski**, "Sequential Tuning of Waveguide PIN Diode Limiters" , *Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, pp. 1393-1397, Kuala Lumpur, Malaysia, Mar. 27-30, 2012.*
9. T. Kacmajor, **J. J. Michalski**, "Approximation of Filter Characteristic to Tuning Element Positions Using Coarse Set," *Proceedings of XIX International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications MIKON-2012, Warsaw, Poland, May 21-23, 2012, Vol. 2, pp. 684-687.*
10. M. Mazur, **J. J. Michalski**, "The Isolator Tuning Using Sequential Method with applied Artificial Neural Network," *Proceedings of XIX International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications MIKON-2012, Warsaw, Poland, May 21-23, 2012, Vol. 2, pp. 785-788.*
11. J. Gulgowski, **J. J. Michalski**, T. Kacmajor, "Influence of Number of Frequency Points on Rational Function's Zeroes and Poles Reliability in Microwave Filter Tuning," *Proceedings of XIX International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications MIKON-2012, Warsaw, Poland, May 21-23, 2012, Vol 1, pp. 228-232.*
12. **J. J. Michalski**, T. Kacmajor, "Application of Gray Generalised Codes in the Process of Collecting Learning Vectors of Artificial Neural Networks for the Purpose of

Automatic Filter Tuning," Proceedings of XIX International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications MIKON-2012, Warsaw, Poland, May 21-23, 2012, Vol. 2, pp. 467-470.

13. T. Kacmajor, **J. J. Michalski**, J. Gulgowski, "Filter Tuning and Coupling Matrix Synthesis by Optimization with Cost Function Based on Zeros, Poles and Hausdorff Distance", *IEEE International Microwave Symposium, 2012 Montreal.*
14. **J. J. Michalski**, J. Gulgowski, T. Kacmajor, "Coupling Matrix Synthesis by Optimization with Cost Function Based on Daubechies D4 Wavelet Transform,". *Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, pp. 1351-1354, Moscow, Russia, Aug. 19-23, 2012.*

Jerzy Julian Michalski



podpis