

## Łukasz KRAIŃSKI<sup>1</sup>, Tadeusz TOPÓR-KAMIŃSKI<sup>2</sup>

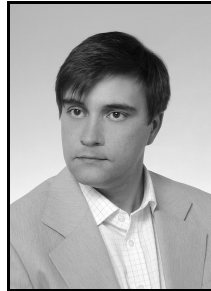
<sup>1</sup>TESPOL SP. Z O.O.

<sup>2</sup>POLITECHNIKA ŚLĄSKA, INSTYTUT METROLOGII, ELEKTRONIKI I AUTOMATYKI

# Analiza bezprzewodowych sieci komputerowych z wykorzystaniem analizatora czasu rzeczywistego z technologią DPX

Mgr inż. Łukasz KRAIŃSKI

W 2000 r. ukończył Wydział Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. Pracuje w firmie Tespol Sp. z o.o., będącej autoryzowanym przedstawicielstwem firmy Tektronix w Polsce, na stanowisku Dyrektora Działu Handlowego. Specjalizuje się w aparaturze pomiarowej do analizy widma i sygnałów oraz systemach radiokomunikacyjnych KF do zastosowań militarnych.



e-mail: [Lukasz.Krainksi@tespol.com.pl](mailto:Lukasz.Krainksi@tespol.com.pl)

Dr inż. Tadeusz TOPÓR-KAMIŃSKI

W 1996 r. ukończył Wydział Elektryczny Politechniki Śląskiej. W 2005 r. uzyskał z wyróżnieniem stopień doktora nauk technicznych. W swoich pracach naukowych zajmuje się problemami analizy metrologicznych właściwości algorytmów przetwarzania danych pomiarowych, identyfikacją źródeł błędów algorytmów, budowaniem modeli propagacji błędów i niepewności oraz opracowywaniem procedur wyznaczania niepewności wyników na wyjściu algorytmu.



e-mail: [tadeusz.topor-kaminski@polsl.pl](mailto:tadeusz.topor-kaminski@polsl.pl)

### Streszczenie

Rozpowszechnienie nowoczesnych technologii bezprzewodowej transmisji danych powoduje powstawanie coraz bardziej złożonych problemów związanych z ich niezawodną pracą. Z rozwiązaniem powyższych problemów musi zazwyczaj zmierzyć się użytkownik. Niezbędne jest zatem dostarczenie odpowiednich narzędzi pozwalających diagnozować i rozwiązywać powstające problemy. W pracy przedstawiona została opracowana przez firmę Tektronix metoda pomiaru widma w czasie rzeczywistym z funkcją DPX (ang. Digital Phosphor™ Technology). Na przykładzie bezprzewodowych interfejsów wi-fi opisane zostały zalety wspomnianej technologii w stosunku do tradycyjnych wektorowych analizatorów widma.

**Słowa kluczowe:** pomiar widma, technologia DPX, analizator widma czasu rzeczywistego, analiza sygnału standardu WLAN, wyzwalanie maską częstotliwościową.

## DPX technology application to measure wireless computer network

### Abstract

Detection is the first step in characterizing, diagnosing, understanding and resolving any problem relating to timevariant signals. As more channels crowd into available bandwidth, new applications utilize wireless transmission, and RF systems become digital-based, engineers need better tools to help them find and interpret complex behaviors and interactions. Tektronix' patented Digital Phosphor technology reveals signal details that are completely missed by conventional spectrum analyzers and vector signal analyzers. The full-motion DPX™ Spectrum's live RF display shows signals never seen before, giving users instant insight and greatly accelerating discovery and diagnosis. This article describes the DPX™ Spectrum display and how it addresses situations involving brief, intermittent, complex and coincident signals.

**Keywords:** Digital Phosphor technology (DPX), real-time spectrum analyzer, WLAN standards signal analysis, frequency mask.

## 1. Wstęp

Rozwój techniki bezprzewodowego przesyłu informacji pozwala na jej zastosowanie w niemalże wszystkich dziedzinach współczesnego życia. Producenci sprzętu opracowują coraz to nowe technologie pozwalające na coraz szybsze i bardziej niezawodne przesyłanie danych. Postępujące zagęszczenie urządzeń wykorzystujących różnorodne interfejsy bezprzewodowe prowadzi jednak do powstawania nowych problemów związanych z wzajemnym oddziaływaniem urządzeń wykorzystujących interfejs radiowy jako medium transmisyjne. Problemami tymi są między innymi: wzajemne zakłócanie się urządzeń oraz interferencje. Problemy te mogą wprowadzać duże błędy w transmisji sygnału a nawet spowodować całkowity brak komunikacji pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem danych. W tej sytuacji niezbędne jest zastosowanie

odpowiednich narzędzi pomiarowych pozwalających na szybkie i jednoznaczne identyfikowanie pojawiających się problemów oraz eliminowanie ich źródeł.

## 2. Charakterystyka pomiarów w czasie rzeczywistym z zastosowaniem technologii DPX

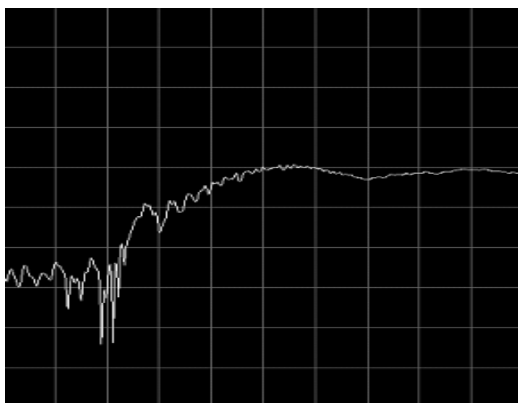
Technologia bezprzewodowa, z którą mamy obecnie do czynienia umożliwia komunikowanie się oraz przesyłanie danych z coraz większymi prędkościami, ale pomiary interfejsów radiowych stają się coraz trudniejsze. Dzieje się tak przede wszystkim dlatego że współczesne systemy pracują w sposób impulsowy, współdzielą zakres częstotliwości, wykorzystują technologie skakania po częstotliwościach oraz modulacje cyfrowe. Wszystko to sprawia, że analiza sygnałów w sposób tradycyjny staje się niemożliwa lub wynik pomiaru, który udało się uzyskać jest bardzo trudny do zinterpretowania. Wykonanie pomiarów oraz trafność ich interpretacji można poprawić wykorzystując technologię DPX (ang. Digital Phosphor™ Technology) [1] zastosowaną w analizatorach widma czasu rzeczywistego RTSA (ang. Real Time Spectrum Analyzer) [2] firmy Tektronix. Wspomnianą technologię wykorzystuje np. analizator serii RSA6114A [3].

### 2.1. Technologia DPX

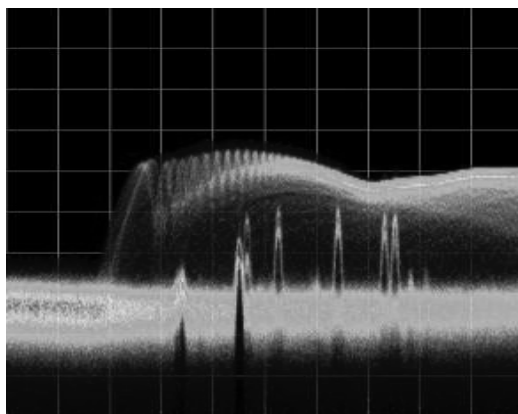
Technologia DPX pozwala na zobrazowanie na ekranie analizatora widma jego pracy w czasie rzeczywistym, tzn. pracy w sytuacji gdy czas obróbki danych jest krótszy od czasu ich akwizycji. Nie jest to możliwe w przypadku wykorzystania klasycznego wektorowego analizatora widma. W praktyce oznacza to możliwość pokazania niemalże 50 tysięcy wycięcia widma wykonywanych przez analizator w ciągu sekundy, co sprawia, że przyrządy tego typu są najszybszymi dostępnymi obecnie analizatorami widma. Na rys. 1 i rys. 2 przedstawiono kolejno pomiary widma tego samego sygnału wykonane klasycznym analizatorem wektorowym oraz analizatorem czasu rzeczywistego z technologią DPX. Obserwując oba rysunki możliwe jest porównanie właściwości technologii analizy widma w czasie rzeczywistym z klasyczną metodą wektorową. Na rys. 2 kolor cieplejszy reprezentuje sygnały, które częściej występują w badanym widmie. Na obu rysunkach pokazane jest widmo pasma GSM. Dzięki technologii DPX uwidocznione zostały użyteczne sygnały pochodzące od terminali ruchomych, które przykryte zostały silniejszym sygnałem zagłuszenia.

Mechanizm powstawania obrazu widma na ekranie analizatora z technologią DPX pokazany został na rys. 3. Każdy wyświetlony na ekranie obraz składa się z 1464 wycięcia widma. Na tej podstawie wyświetlany jest wynik pomiaru, który mówi o częstotliwości oraz amplitudzie mierzonego sygnału, a także o częstoci

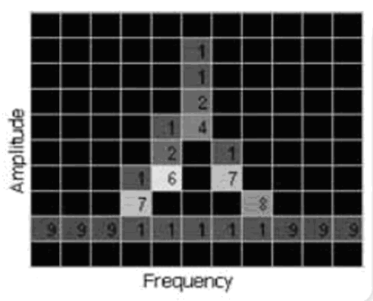
występowania tego sygnału w badanym widmie. Ponadto szybkość pracy analizatora umożliwia użytkownikowi obserwację sygnałów, które są dla klasycznego sprzętu niewidoczne. Architektura analizatorów czasu rzeczywistego z technologią DPX firmy Tektronix umożliwia obserwację i rejestrację badanego widma w czasie rzeczywistym w pasmie do 110 MHz.



Rys. 1. Wynik pomiaru wykonany klasycznym analizatorem widma  
Fig. 1. Spectrum measured with max-hold function on VSA



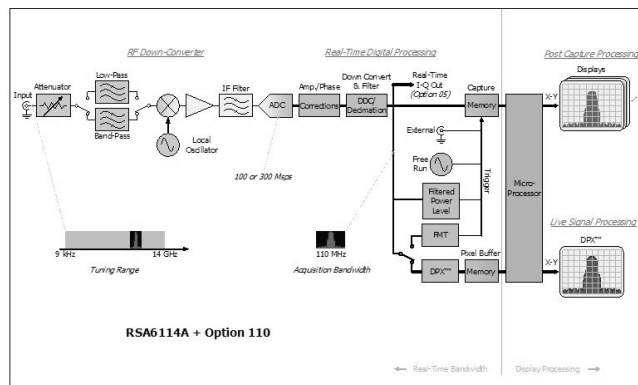
Rys. 2. Wynik pomiaru widma z rys. 1 wykonany analizatorem widma czasu rzeczywistego z technologią DPX  
Fig. 2. Spectrum from fig. 1 measured with real-time spectrum analyzer with DPX technology



Rys. 3. Mechanizm powstawania obrazu widma z informacją na temat częstości występowania sygnału w badanym widmie częstotliwości  
Fig. 3. Color – coded example (numer of occurrences represented by color)

## 2.2. Analiza widma w czasie rzeczywistym

Na rys. 4 przedstawiono schemat blokowy analizatora widma czasu rzeczywistego z technologią DPX.

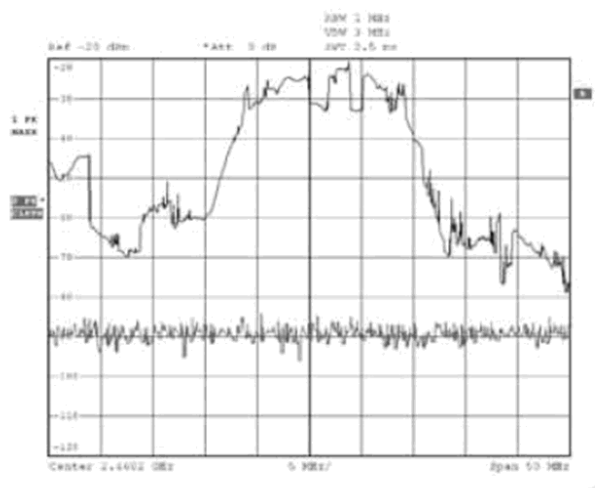


Rys. 4. Schemat blokowy analizatora widma czasu rzeczywistego z technologią DPX na przykładzie analizatora RSA6114A firmy Tektronix  
Fig. 4. Real – Time Spectrum Analyzer architecture

Analizatory których schemat blokowy przedstawiony został na rys. 4 cechuje w porównaniu z innymi urządzeniami bardzo duża szybkość, która jest od kilkuset do tysiąca razy większa. Uzyskanie tak dużej szybkości pracy możliwe jest dzięki zastosowaniu dedykowanych układów. Wykorzystywane są one zarówno w technologii RTSA z funkcją DPX, jak i w przypadku zastosowania unikatowego wyzwalania maską FMT (ang. frequency mask trigger).

## 2.3. Analiza „online” sygnału wi-fi przy użyciu analizatora czasu rzeczywistego z technologią DPX

Na kolejnych dwóch rysunkach (rys. 5 i rys. 6) przedstawiono wyniki pomiaru sygnału wi-fi w standardzie IEEE 802.11. W przypadku pomiaru przy pomocy klasycznego analizatora z włączoną funkcją „max hold” (rys. 5) widoczna jest obwiednia sygnału pochodzącego z karty wi-fi komputera przesyłającego cyklicznie dane.

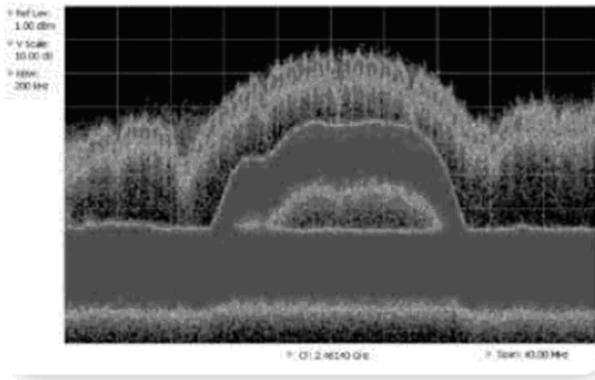


Rys. 5. Pomiar sygnału wi-fi przy pomocy klasycznego analizatora widma  
Fig. 5. Max Hold and Normal traces on a swept spectrum analyzer

Wykorzystując do tego samego typu pomiarów analizator widma czasu rzeczywistego uzyskuje się nie tylko łatwiejszy w interpretacji wynik pomiaru (rys. 6), ale również możliwe są do zaobserwowania sygnały, których istnienie wcześniej nie było możliwe do obserwacji.

Sygnał, który nie jest widoczny na rys. 5 pochodzi od punktu dostępowego. Amplituda tego sygnału jest wprawdzie niższa niż sygnału pochodzącego z karty wi-fi komputera (w trakcie pomiarów punkt dostępowy znajdował się w dalszej odległości od ante-

ny pomiarowej w porównaniu z komputerem), ale w badanym widmie częstotliwości sygnał ten występuje znacznie częściej, o czym świadczy jego barwa.



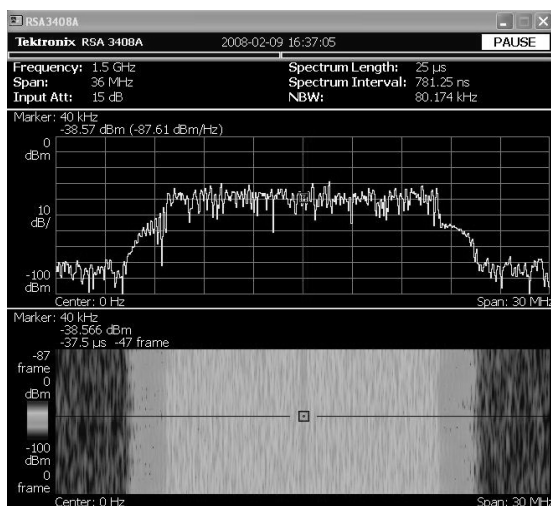
Rys. 6. Widmo sygnału wi-fi - pomiary analizatorem widma czasu rzeczywistego z technologią DPX

Fig. 6. Spectrum display shows the laptop transmissions, access point signal and background noise, all in its live-motion bitmap trace

## 2.4. Analiza „offline” sygnału wi-fi

Wykorzystując analizator czasu rzeczywistego możliwa jest analiza sieci komputerowej standardu IEEE 802.11 a/b/g/n w trybie „online”, jak i w trybie „offline”. Analizy „offline” dokonuje się stosując bezpośrednio analizator bądź wykorzystując do tego celu pliki zapisane w pamięci urządzenia, które można wielokrotnie analizować pod różnym kątem przy pomocy oprogramowania Tektronix RSAVu (wersja podstawowa dostępna bezpłatnie na [www.tek.com](http://www.tek.com)). Na rys. 7 pokazano widmo sygnału WLAN oraz jego spektrogram, które uzyskano podczas analizy wyników pomiarów zapisanych pod postacią pliku, wspomnianym oprogramowaniem RSAVu.

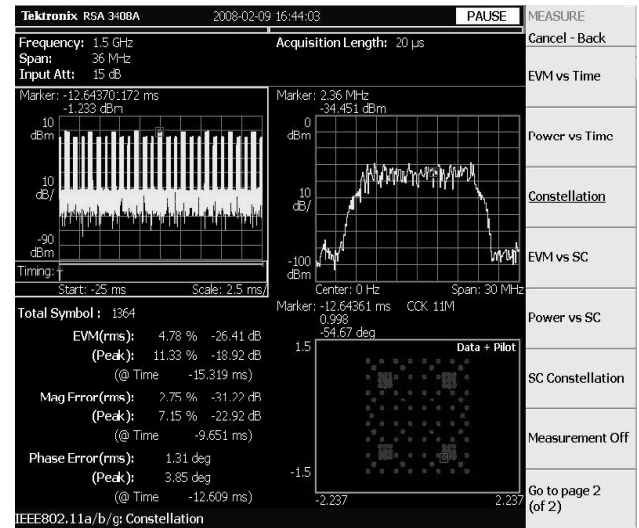
Aby dokonać analizy sygnału przedstawionego na rys. 7 należy wybrać odpowiedni standard oraz jeden z dostępnych pomiarów.



Rys. 7. Widmo i spektrogram sygnału standardu WLAN

Fig. 7. Spectrum and spectrogram of WLAN signal

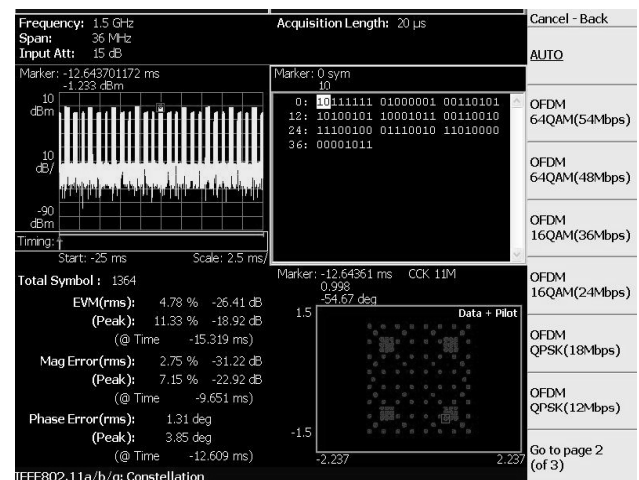
Oprogramowanie umożliwia jednoczesną obserwację do trzech skorelowanych czasowo okien, których zawartość jest w pełni definiowalna i zależna od użytkownika. Na rys. 8 przedstawiono wyniki pomiarów oraz konstelację, widmo i przebieg czasowy analizowanego sygnału.



Rys. 8. Analiza sygnału standardu WLAN

Fig. 8. WLAN standards signal analysis

Dzięki skorelowanym w czasie oknom możliwa jest jednoczesna analiza sygnału we wszystkich dostępnych oknach, a znaczniki automatycznie wskazują interesujące z punktu widzenia przeprowadzanej analizy miejsca. Rys. 9 przedstawia skorelowane okna przebiegu czasowego, konstelacji oraz tablicy symboli, dzięki czemu w łatwy sposób można wykryć m.in. błędy modulatora w badanym systemie.



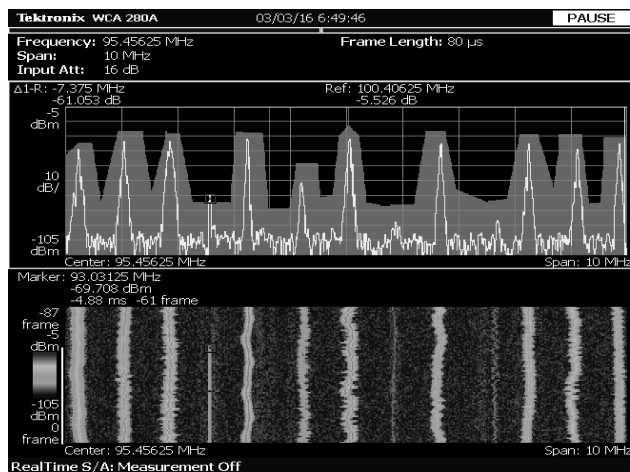
Rys. 9. Analiza sygnału standardu WLAN – skorelowana w czasie konstelacja i tablica symboli

Fig. 9. WLAN standards signal analysis - constellation and symbol table correlated in time

## 2.5. Technologia wyzwalania maską

Analizator widma czasu rzeczywistego posiada gotowe aplikacje pomiarowe oraz pakiet analizy modulacji analogowych i cyfrowych. Możliwa jest wnikliwa analiza interfejsu radiowego badanego sygnału wraz z wyświetleniem konstelacji, tablicy symboli, wyników pomiarów, EVM w funkcji czasu, itp. Zakres zastosowań analizatorów RTSA z funkcją DPX to m.in. radiokomunikacja (GSM/EDGE, UMTS, WLAN – IEEE 802.11 a/b/g/n, WiMAX, DVB/T, DVB/H, itd.), monitorowanie widma częstotliwości, radary, RFID, wzmacniacze MCPA oraz aplikacje, gdzie sygnał jest zmienny w czasie oraz występuje sporadycznie. Zarejestrowanie takiego sygnału możliwe jest dzięki unikalnej funkcji wyzwalania maską częstotliwościową FMT, która jest w pełni definiowalna przez użytkownika rys. 10. Wykorzystanie tego typu wyzwalania zapewnia przechwycenie oraz dalszą analizę sygna-

łów, które nie mieszczą się w zdefiniowanych kryteriach. Analizator monitoruje widmo, na bieżąco porównuje jego kształt ze zdefiniowaną maską i wyświetla wynik pomiaru w przypadku, gdy pojawi się sygnał, który nie spełnił kryteriów i zakłócił maskę, czym spowodował wyzwolenie analizatora.



Rys. 10. Przykład wykorzystania wyzwalań maską częstotliwościową. Wyzwolenie na sygnał o mniejszej amplitudzie w obecności sygnału o większej amplitudzie

Fig. 10. Using the frequency mask to trigger on a low level signal presence of a large signal

### 3. Podsumowanie

W artykule przedstawiono metodę analizy sieci komputerowej standardu 802.11 przy użyciu narzędzia jakim jest analizator czasu rzeczywistego z technologią DPX. Ta nowatorska metoda analizy widma opracowana została przez firmę Tektronix. Pozwala ona na detekcję sygnałów w dużym paśmie częstotliwości do 110 Mhz i uwidocznienie sygnałów w sytuacjach w których tradycyjny analizator wektorowy jest nieprzydatny. Zastosowanie analizatora czasu rzeczywistego przedstawione zostało na przykładzie analizy jednej z popularniejszych technologii bezprzewodowych – technologii WLAN. Przykłady zostały tak dobrane aby najlepiej zobrazować zalety tego rozwiązania. Niniejszy artykuł stanowi jedynie wstęp do dalszych prac wykorzystujących technologie analizy widma w czasie rzeczywistym z funkcją DPX.

### 4. Literatura

- [1] Fundamentals of Digital Phosphor™ Technology in Real-Time Spectrum Analyzers - materiały firmowe Tektronix.
- [2] Fundamentals of Real-Time Spectrum Analysis Analyzers - materiały firmowe Tektronix.
- [3] Kraiński Ł., Topór-Kamiński T.: Zastosowanie analizatora czasu rzeczywistego z technologią DPX do pomiarów bezprzewodowych interfejsów WI-FI. Podstawowe Problemy Metrologii PPM'08, Sucha Beskidzka, 11-14 Maj 2008.

Artykuł recenzowany

## INFORMACJE

### Studia Podyplomowe

Wydział Elektryczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Instytut Metrologii, Elektroniki i Automatyki ogłasza nabór na Dwusemestralne Zaoczne Studia Podyplomowe

#### Organizacja i Akredytacja Laboratoriów

Studia prowadzone są na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach, w systemie zaocznym w każdą sobotę lub w co drugi weekend (do wyboru) przez dwa semestry. Zajęcia prowadzone są przez nauczycieli akademickich ze stopniem co najmniej doktora oraz przez zaproszonych Gości o uznanym dorobku i autorytecie. Studia obejmują 200 godzin dydaktycznych. Rozpoczęcie Studiów nastąpi po skompletowaniu odpowiedniej liczby kandydatów na dany rodzaj studiów.

#### Organizator studiów:

Instytut Metrologii, Elektroniki i Automatyki Politechniki Śląskiej, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 10, tel. 032 237 12 41, fax: 032 237 20 34, e-mail: re2@polsl.pl lub agnieszka.skorkowska@polsl.pl, <http://imeia.elekt.polsl.pl>

#### Kierownik studiów:

Prof. dr hab. inż. Tadeusz SKUBIS