



Wykorzystanie emisji akustycznej w diagnozowaniu morskich urządzeń energoelektronicznych na przykładzie półprzewodnikowych przyrządów mocy.



mgr inż. Radosław Gordon

Akademia Morska w Szczecinie

Wydział Mechaniczny

Geneza zagadnienia

Analiza literaturowa zagadnień związanych z tematem badań, w tym dokonanie przeglądu:

- elementów wykorzystywanych obecnie w wielu nowoczesnych systemach energoelektronicznych stosowanych na statkach morskich;
- stosowanych metod diagnozowania półprzewodnikowych elementów mocy użytych w okrętowych układach energoelektronicznych;
- możliwość wykorzystania fal sprężystych emisji akustycznej (EA) do diagnozowania morskich urządzeń elektroenergetycznych oraz ich scharakteryzowania
- zastosowania fal sprężystych emisji akustycznej do określenia poprawności ich pracy oraz monitorowania wczesnych stanów uszkodzeń,

Cel i teza pracy

Cel :

Celem rozprawy jest określenie właściwości sygnałów emisji akustycznej generowanych w wybranych typach półprzewodnikowych przyrządów mocy oraz poddanie ich takiej obróbce cyfrowej, która pozwoli w otrzymanym sygnale odnaleźć ich charakterystyczne stany pracy.

Teza rozprawy:

„Istnieje możliwość wykorzystania fal sprężystych emisji akustycznej do diagnozowania zmiennych stanów pracy energoelektronicznych urządzeń półprzewodnikowych”

Program i zakres pracy

Program pracy zawiera:

1. Zaprojektowanie i wytworzenie stanowiska badawczego na Wydziale Mechanicznym Akademii Morskiej w Szczecinie.
2. Wykonanie pomiarów i analizę wyników pozyskanych z pomiarów emisji akustycznej wybranych półprzewodników.
3. Propozycję zastosowania metod matematycznych pozwalających na obróbkę otrzymanego sygnału w celu pozyskania informacji o częstotliwościach własnych charakteryzujących stany przejściowe (przełączanie) elementów półprzewodnikowych.

Zastosowanie autorskich przekształceń matematycznych, które posłużą do identyfikacji poszczególnych (zmiennych) stanów pracy elementów półprzewodnikowych.

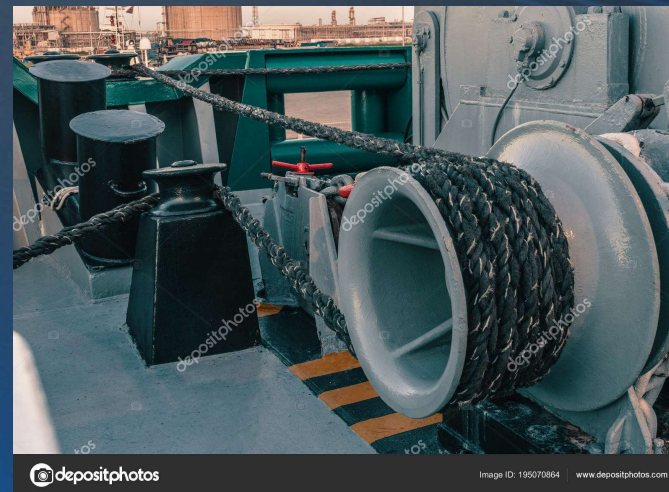
Zakres pracy ograniczony jest do elementów półprzewodnikowych mocy i obejmuje elementy morskich urządzeń elektroenergetycznych.

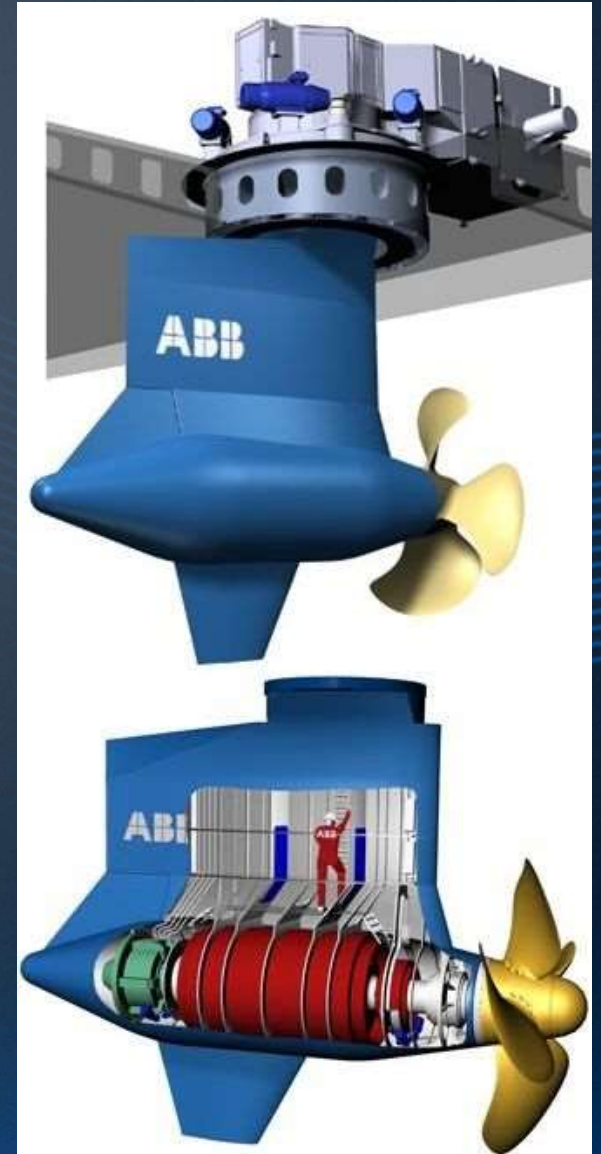
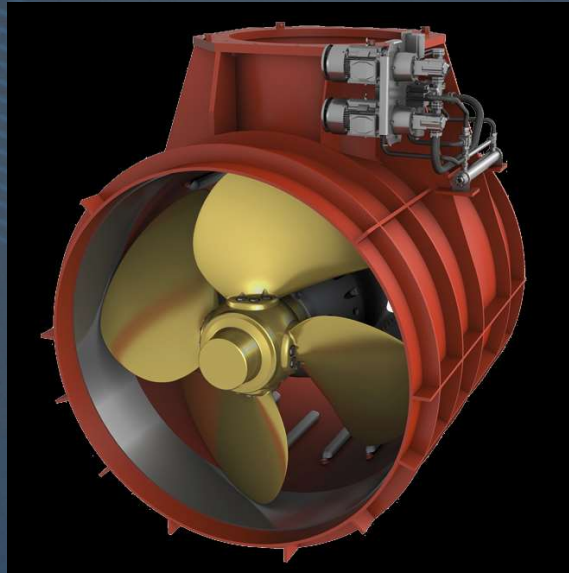
Celowość diagnozowania

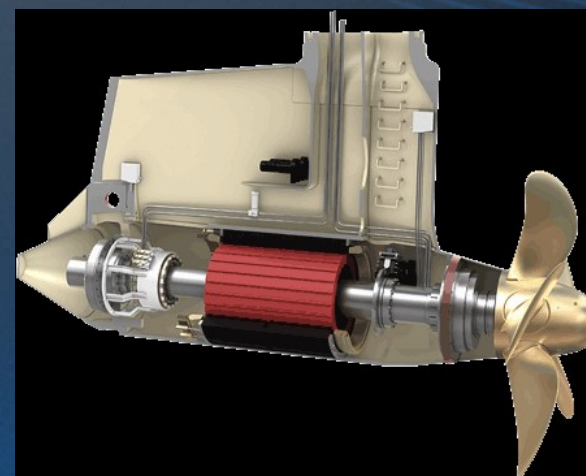
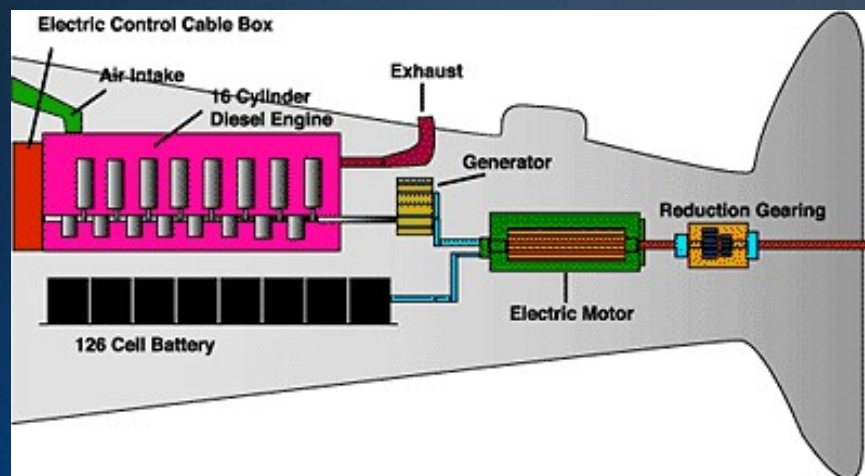
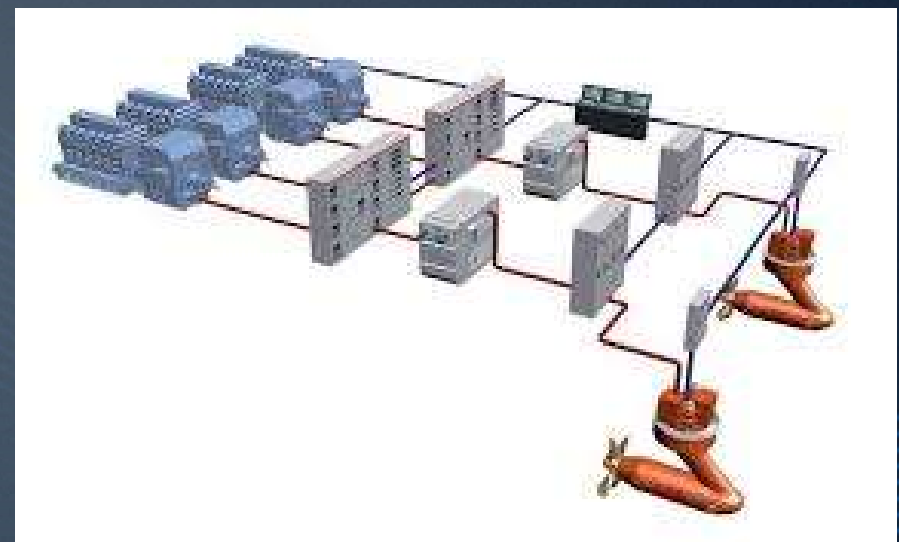
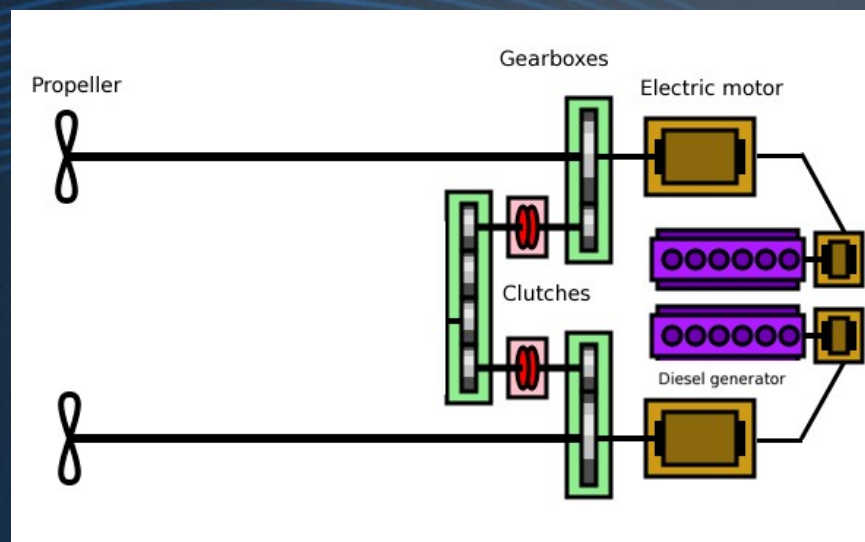
Diagnostyka techniczna jest dziedziną zajmującą się oceną technicznego stanu urządzenia lub maszyny poprzez badanie procesów zachodzących podczas pracy danego urządzenia.

Niebezpieczeństwa w razie awarii ważnych urządzeń w elektroenergetyce okrętowej są różne w zależności od funkcji spełnianej przez urządzenie, od niegroźnych do krytycznych.











Diagnostowanie przykładowych urządzeń mocy:

1. Pomiar zmian wartości pobieranego prądu w czasie.
2. Pomiar napięcia na urządzeniu w czasie.
3. Pomiar temperatury i termowizja.
4. Defektoskopia RTG.
5. Defektoskopia ultradźwiękowa.
6. Ocena stanu w paśmie widzialnym.
7. Emisja Akustyczna.

Emisja Akustyczna

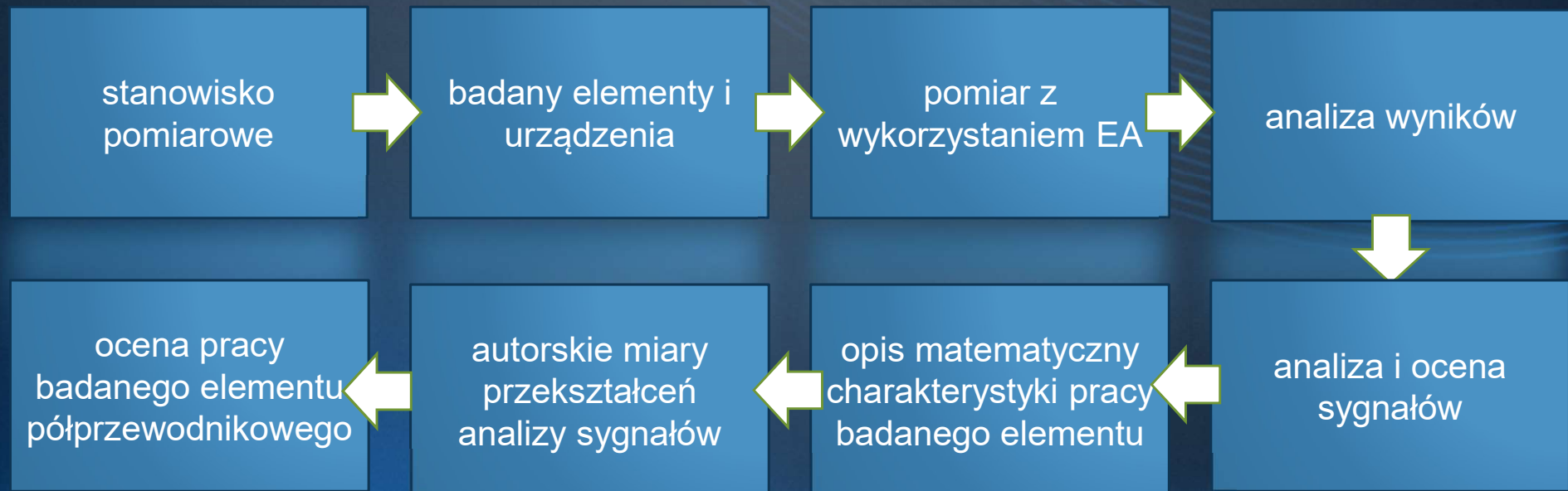
Emisja akustyczna (EA) jest rozumiana jako rozprzestrzeniające się fale sprężyste. Fale te są związane i zależą od wielu procesów fizycznych zachodzących wewnątrz oraz na powierzchni badanego elementu (materiału) na poziomie nano-, mikro-, oraz makroskopowym. Forma propagującej fali zależy m.in. od wymiarów ośrodka sprężystego, jego cech materiałowych, częstotliwości fali itp.

Emisja Akustyczna

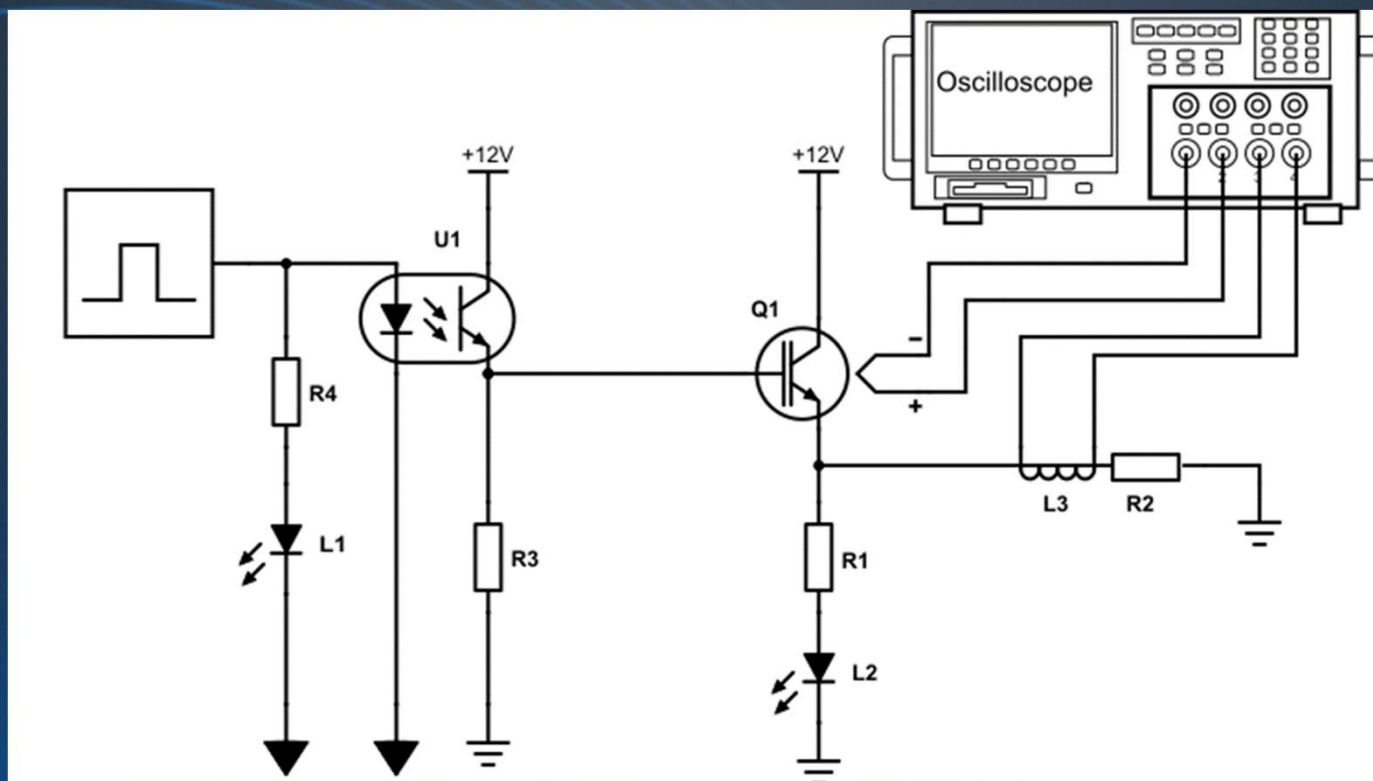
Jeśli pojawi się zewnętrzna przyczyna zmieniająca nabyty podczas eksploatacji stan energii sprężystej, to w jednym lub wielu obszarach zapoczątkowane są „procesy energetyczne” EA. W trakcie tego, część zakumulowanej energii może być oddawana w postaci promieniowania jako fale sprężyste.

Badania własne

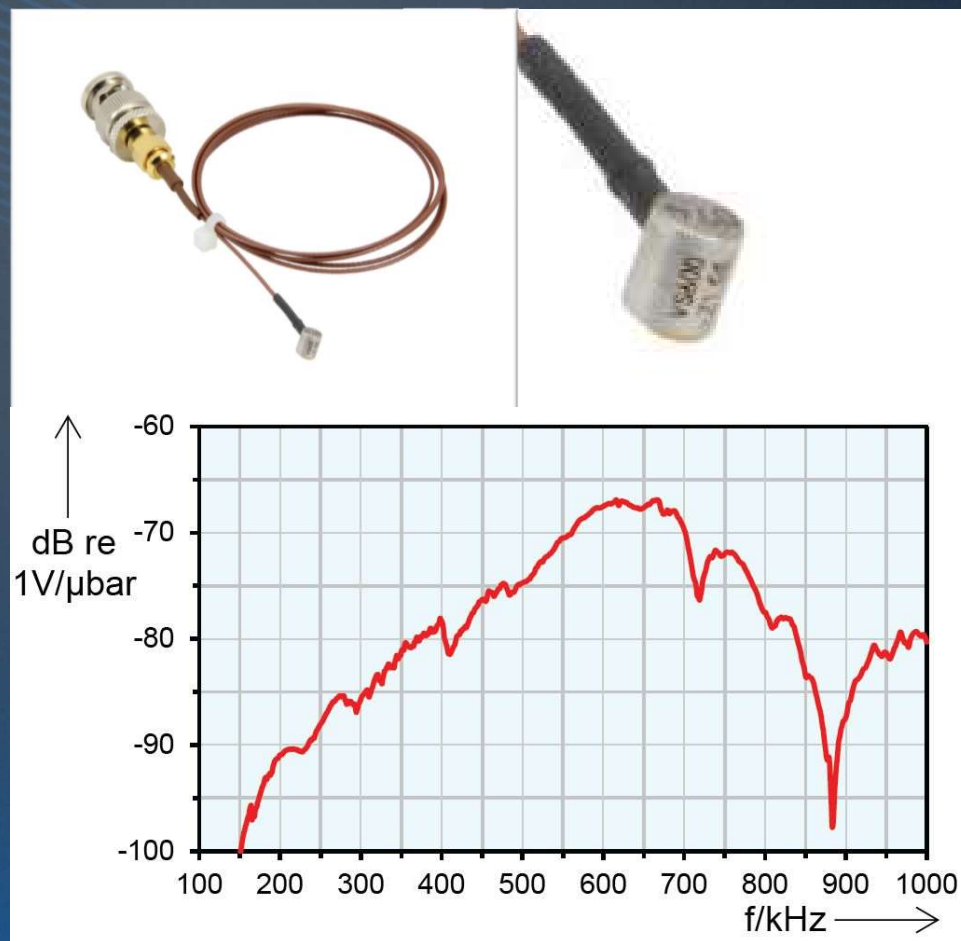
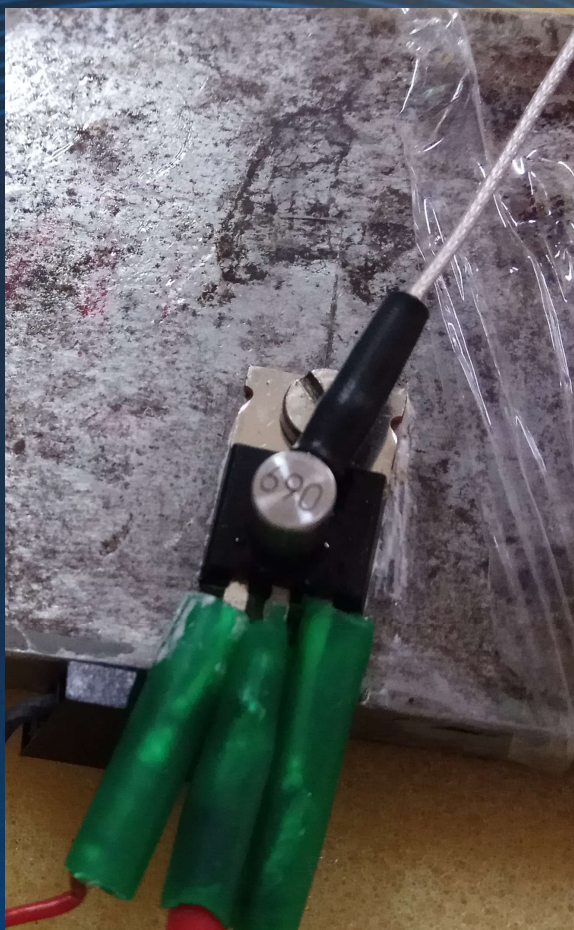
Algorytm postępowania



Badania własne



Schemat pomiarowy stanowiska badawczego
Zakład Elektrotechniki i Elektroniki
Wydział Mechaniczny Akademii Morskiej w Szczecinie



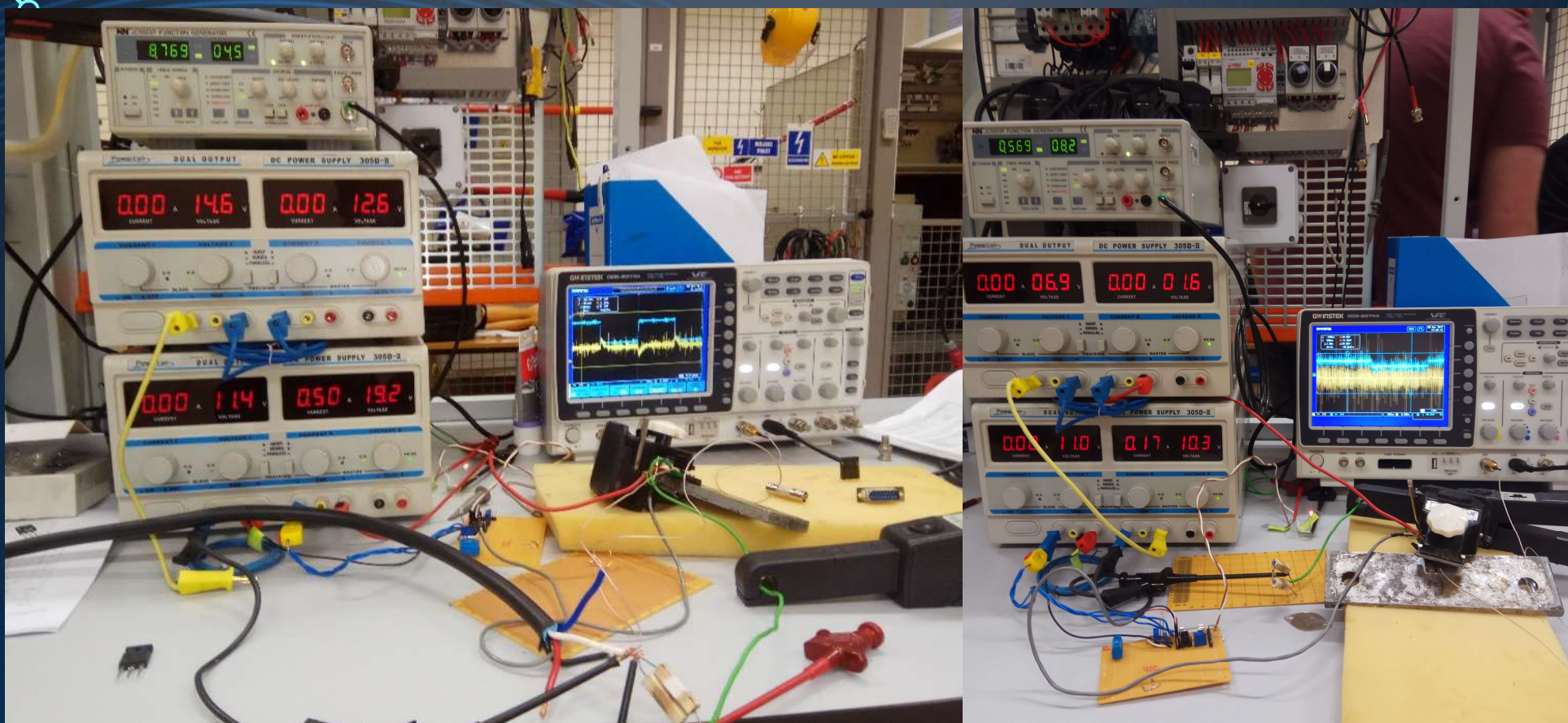
Czujnik Emisji Akustycznej firmy Vallen



Sensor na tranzystorze z radiatorem
z dodatkowym mocowaniem

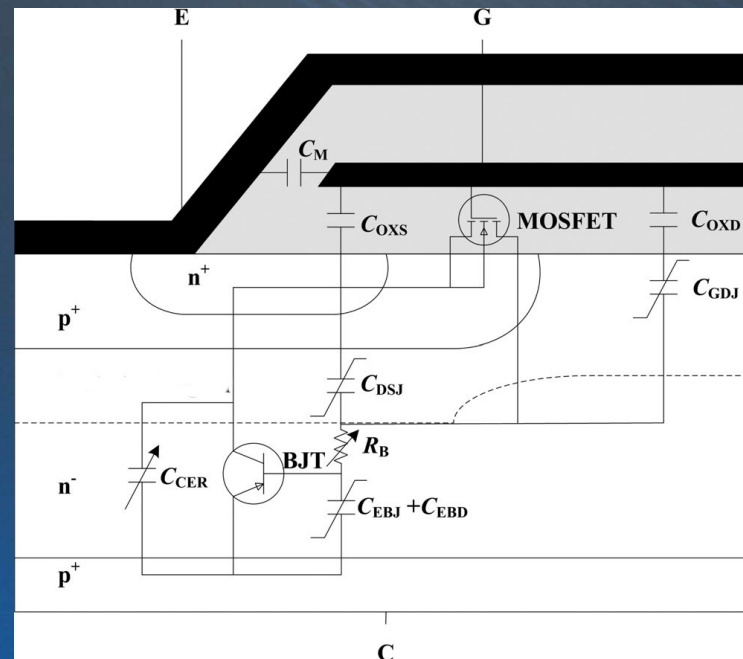


bez mocowania

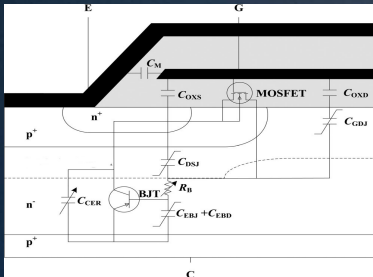


Zaprojektowane i wykonane stanowisko badawcze
Zakład Elektrotechniki i Elektroniki
Wydział Mechaniczny Akademii Morskiej w Szczecin

Struktura wewnętrzna tranzystora IGBT



Struktura wewnętrzna tranzystora IGBT

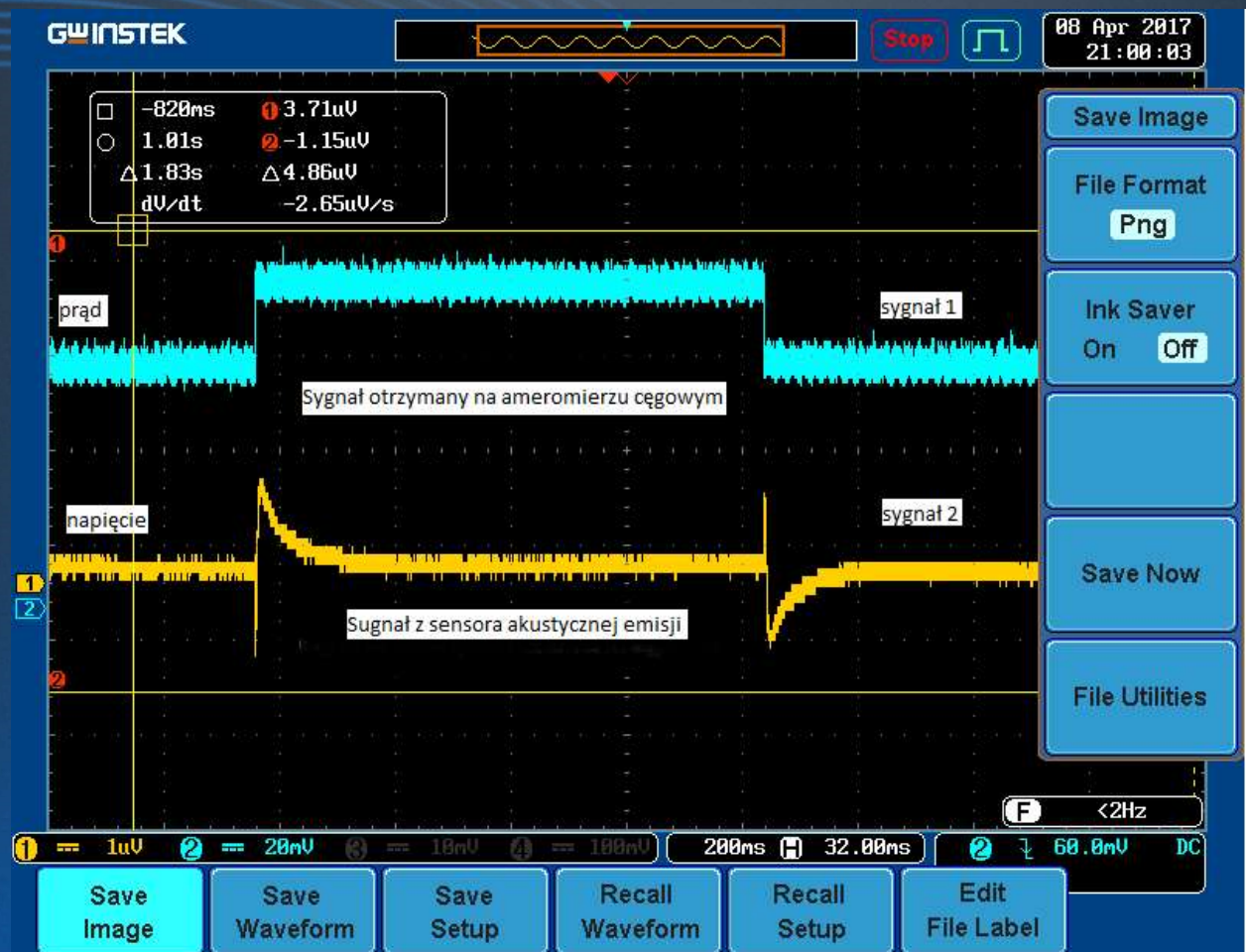


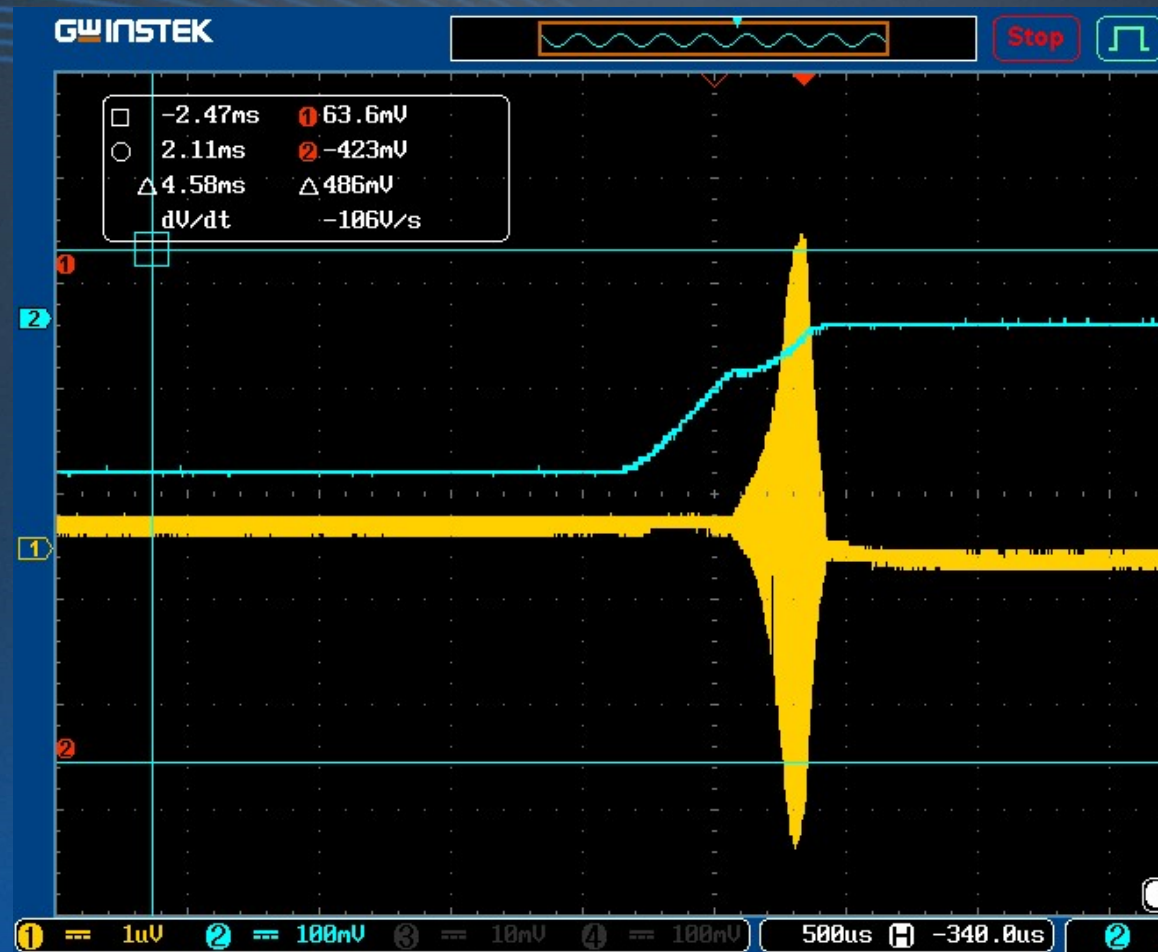
$$C_{GC} = \begin{cases} C_{OXD} & V_{CE} < V_{GE} - V_{GE(th)} \\ \frac{C_{OXD}C_{GDJ}}{C_{OXD} + C_{GDJ}} & V_{CE} \geq V_{GE} - V_{GE(th)} \end{cases}$$

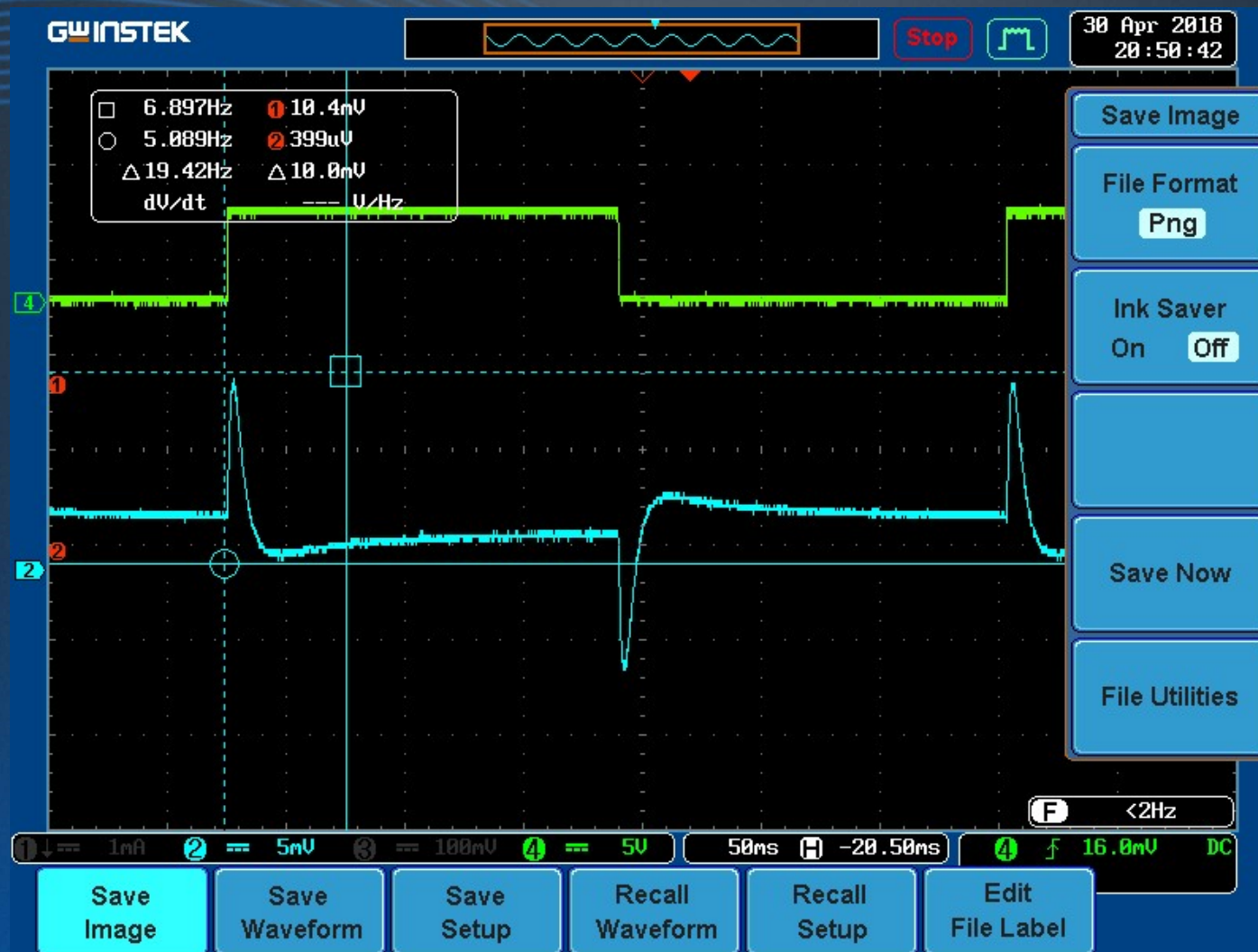
$$C_{GC} = \frac{A_{GD}\epsilon_{Si}}{\sqrt{2\epsilon_{Si}(V_{CE} - V_{(th)})/q/N_B}}$$

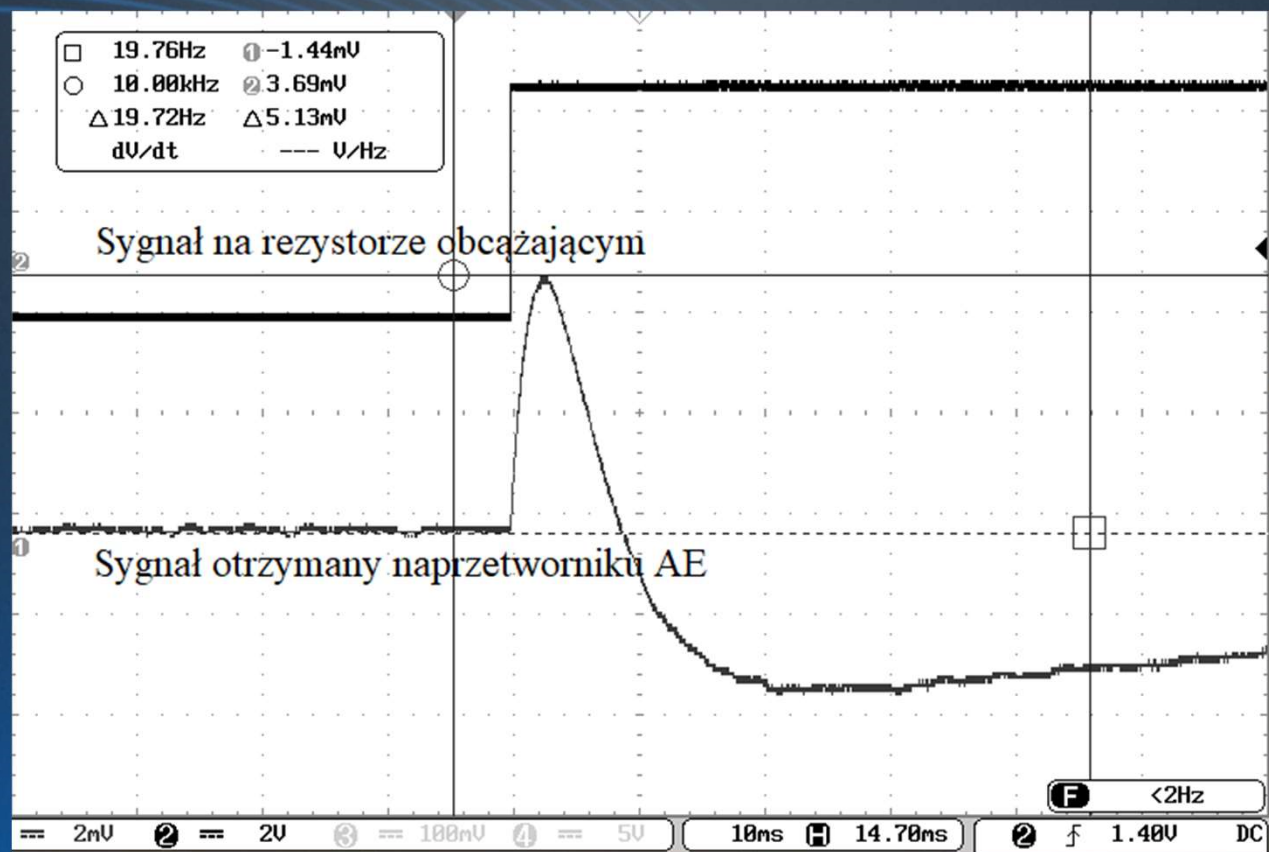
gdzie:

C_{OXD} pojemności nasycenia bramka – bramka dren
 C_{GDJ} zależne od napięcia V_{CE} (kolektor emiter) gdzie
 A_{GD} jest powierzchnią styku,
 ϵ_{Si} jest stałą dielektryczną krzemu i napięcia progowego bramka emiter $V_{GE(th)}$,
 N_B obszar koncentracji nośników większościowych.
 C_{GC} pojemność kolektor-emiter, składająca się pojemności na styku tlenku krzemu
 bramka – dren









Wpływ napięcia zasilania tranzystora IGBT na otrzymany sygnał emisji akustycznej.

Lp.	Napięcie zasilania [V]	Wartość napięcia szczytowa zarejestrowanej fali [mV]	Wartość napięcia dolnej części zarejestrowanej fali [mV]
1	30	24	15,1
2	25	14,6	10,7
3	20	12,3	8,16
4	15	7,8	5,4
5	10	4,6	3,5
6	5	0,9	0,1

Tab. 1. Tabela wartości bezwzględnych maksymalnych i minimalnych napięć zmierzonych na zarejestrowanym sygnale z częstotliwością przełączania **3Hz**

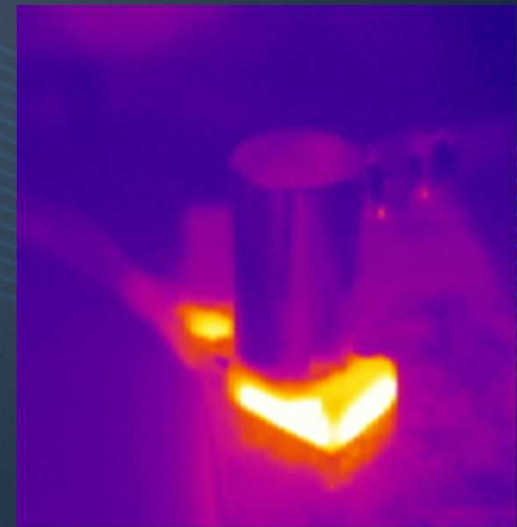
Lp.	Napięcie zasilania [V]	Wartość napięcia szczytowa zarejestrowanej fali [mV]	Wartość napięcia dolnej części zarejestrowanej fali [mV]
1	30	27,7	13,5
2	25	14,5	11,1
3	20	13,2	8,7
4	15	8,9	6,1
5	10	4,9	3,0
6	5	0,8	0,2

Tab. 2. Tabela wartości bezwzględnych maksymalnych i minimalnych napięć zmierzonych na zarejestrowanym sygnale z częstotliwością przełączania **10Hz**

Pomiary kamerą termowizyjną

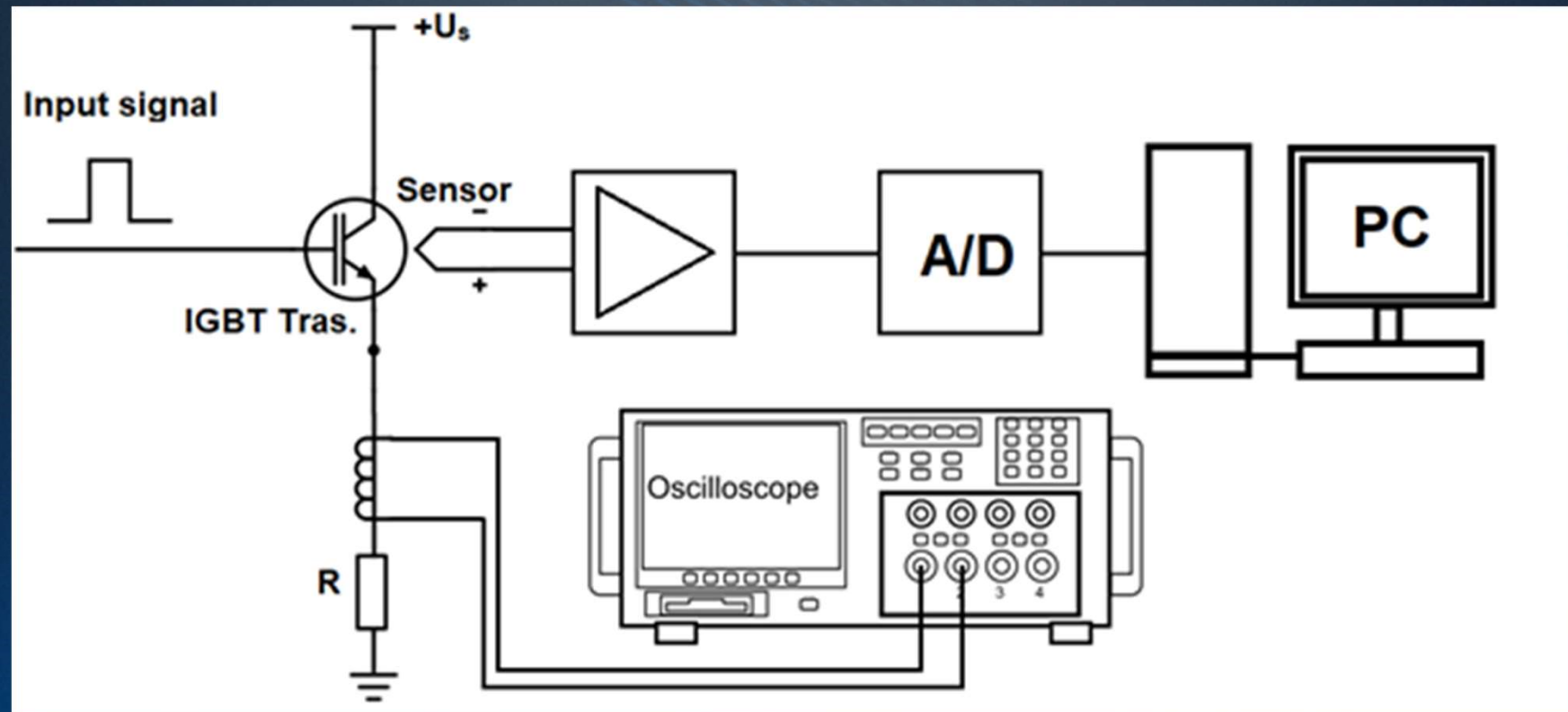


Praca z kamerą termowizyjną

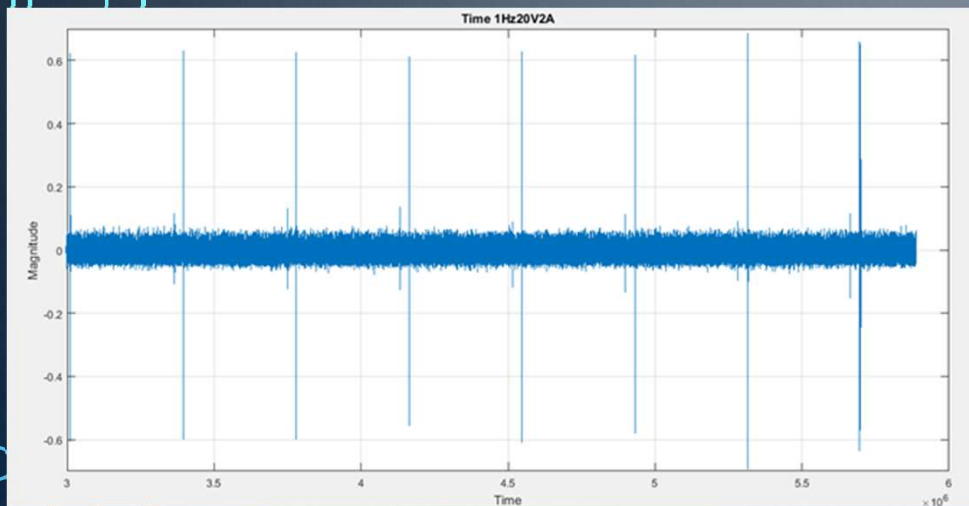


Obraz w podczerwieni

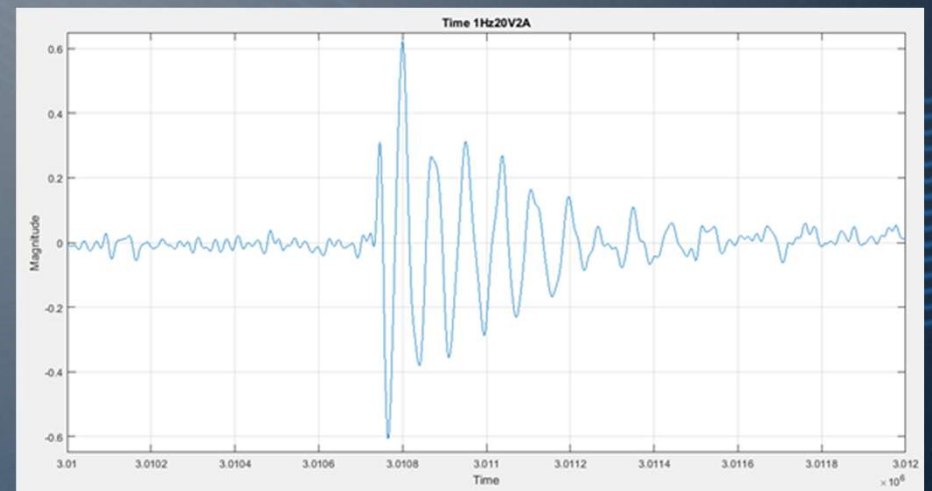
Schemat blokowy układu do obróbki sygnału na PC



Wygenerowany sygnał EA (WAV) przedstawiony w Matlabie

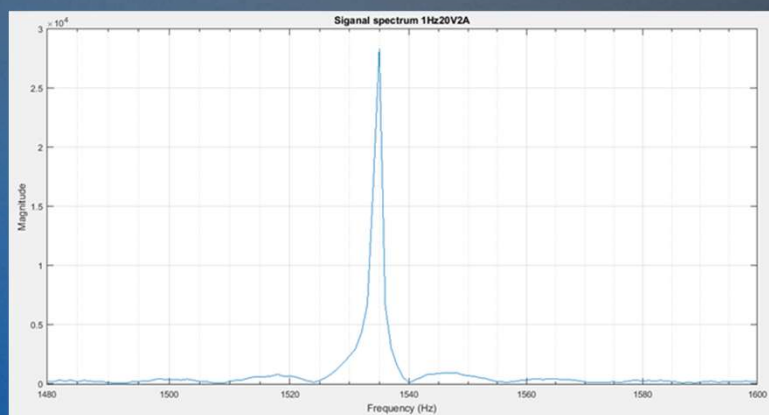
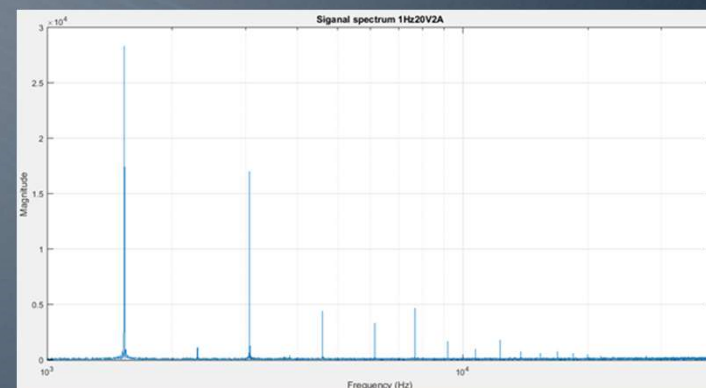
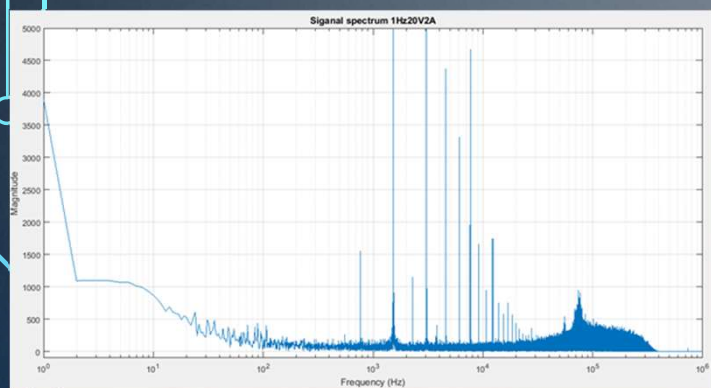


Zarejestrowany czterosekundowy plik w formacie WAV



Pojedynczy impuls EA w czasie

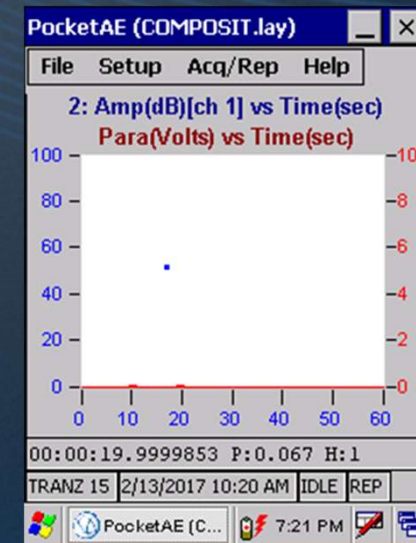
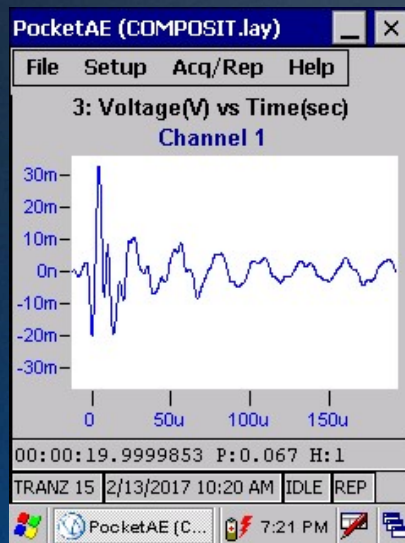
Widmo częstotliwości po przekształceniu FFT w Matlabie





Badania własne

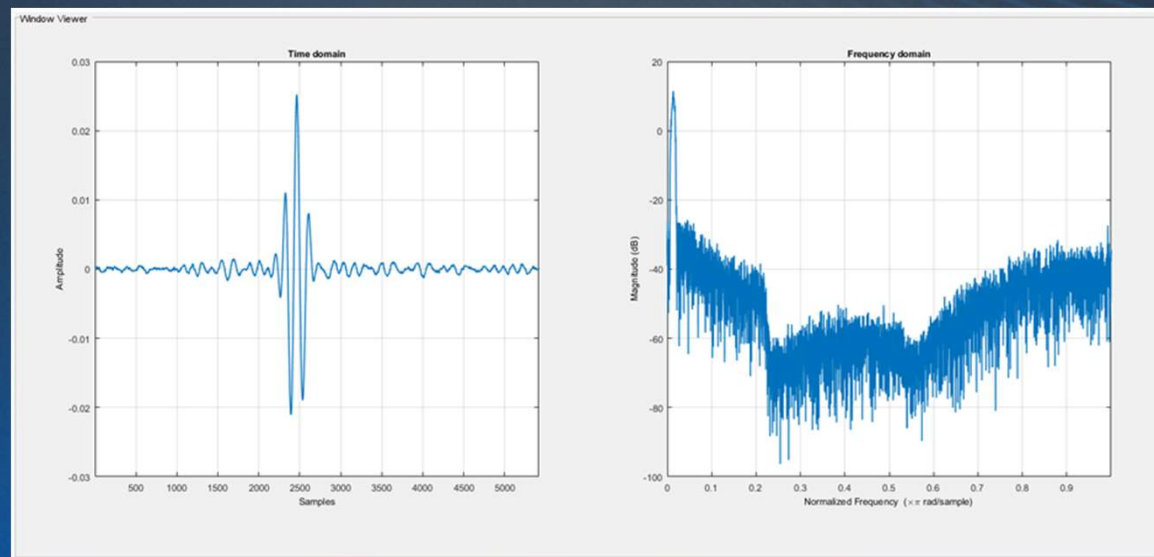
Zaproponowano wykorzystanie analizy sygnałów fal sprężystych emisji akustycznej generowanych w momencie zmiany stanu (przełączania) w strukturze wewnętrznej elementu półprzewodnikowego (tranzystora).
Dokonano próby wykazania możliwości wykrycia i rejestracji sygnału.



Sygnał wypromieniowanej fali sprężystej emisji akustycznej, w trakcie przełączenia tranzystora IGBT (z lewej - sygnał czasowo-napięciowy, z prawej strony sygnał amplitudowo-czasowy).

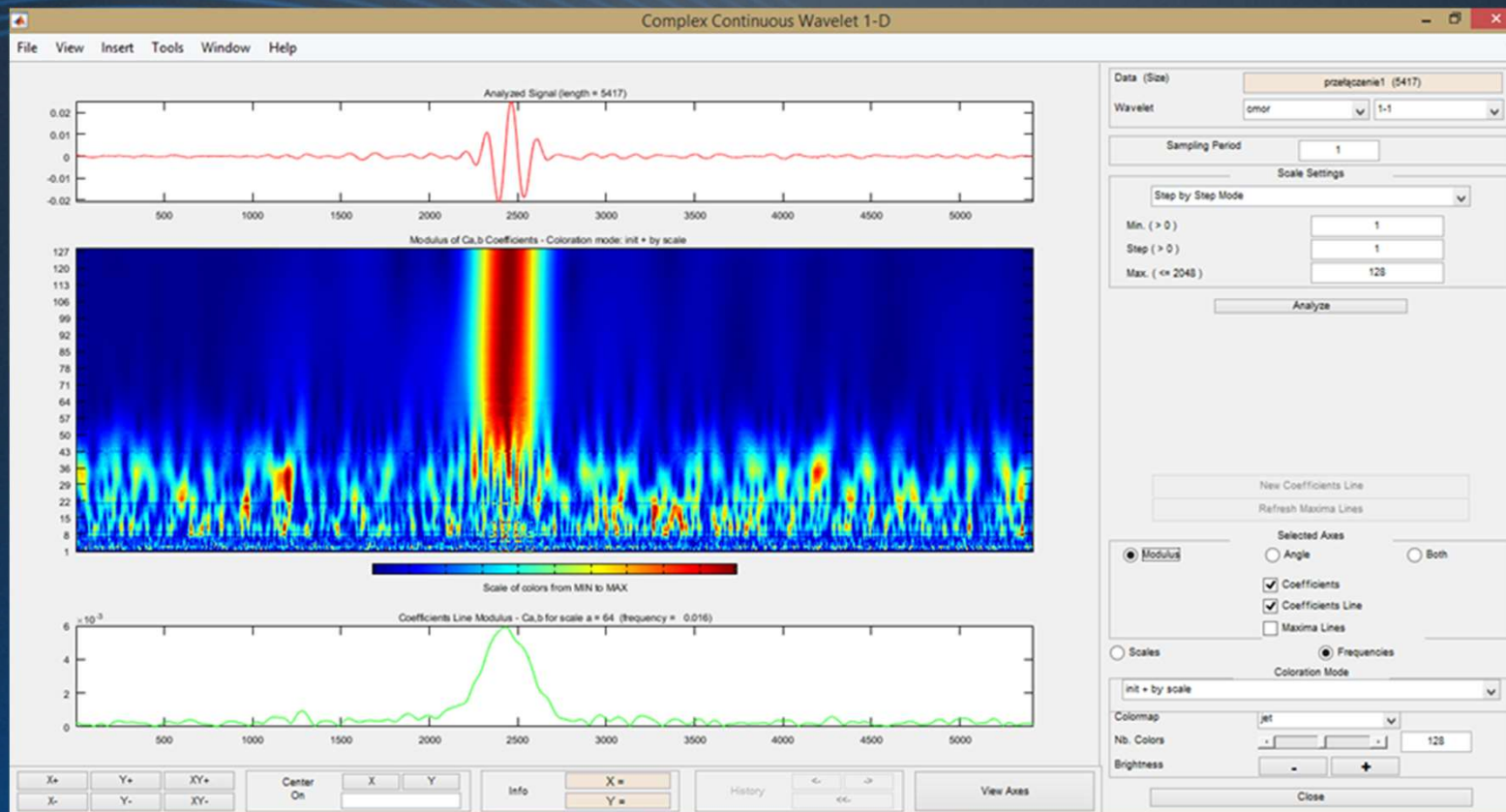
Badania własne

Zjawisko falowe będące sygnałem źródłowym związanym z „przechwyceniem” momentu/fazy przełączenia tranzystora. W tym przypadku, sygnał zarejestrowano przyrządem do pomiaru emisji akustycznej, zaprojektowanym w Akademii Morskiej w Szczecinie. Do analizy pasm częstotliwości, związanych z impulsem pochodzącym od przełączenia tranzystora, zastosowano analizę falkową z wykorzystaniem falki Morleta.



Sygnał źródłowy fali sprężystej emisji akustycznej (lewa strona rysunku) oraz jego analiza częstotliwościowa (prawa strona rysunku).

Badania własne



Analiza falkowa sygnału emisji akustycznej pochodząca od przełączenia tranzystora IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

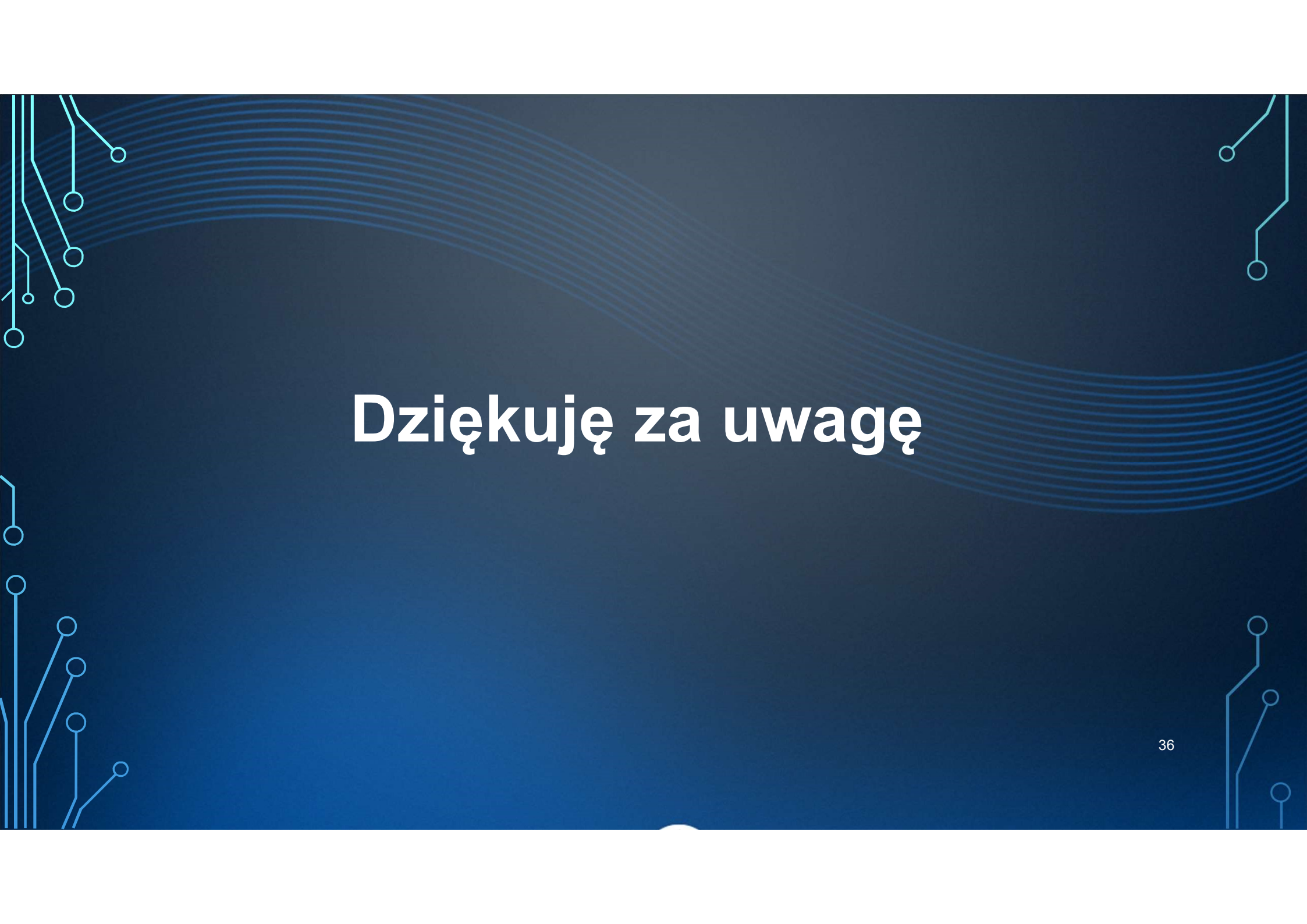
Wnioski

Dotychczasowe badania skłoniły do postawienia wniosku, że istnieje bezpośrednia zależność generowania fal EA w trakcie pracy tranzystora IGBT.

W pracy zostanie przedstawiona możliwość wykorzystania sygnałów fal sprężystych emisji akustycznej do diagnozowania momentu, ale przede wszystkim prawidłowości pracy (przełączeń) tych elementów. Wydaje się, że wykorzystanie do analizy sygnału transformaty falkowej (przy użyciu falki Morleta), daje dobry obraz rozkładu częstotliwości charakterystycznych dla rozpatrywanego procesu, co należy potwierdzić w dalszych pracach związanych z niniejszą pracą.

Wnioski

W przypadku zmian związanych z wewnętrzną strukturą tranzystora, powstają dodatkowe (nowe) częstotliwości charakterystyczne (które autor zaprezentuje w dalszej pracy). Jednocześnie, zmiana amplitudy oraz charakteru rozkładu gęstości widmowej mocy sygnału, pozwala na określenie wewnętrznych (niewidocznych w postaci zewnętrznych symptomów) zmian energetycznych związanych z zaburzeniem pracy tranzystora. Tym samym jest duże prawdopodobieństwo potwierdzenia tezy pracy, że istnieje możliwość wykorzystania fal sprężystych emisji akustycznej do diagnozowania zmiennych stanów pracy energoelektronicznych urządzeń półprzewodnikowych.



Dziękuję za uwagę