



## Ćwiczenie 5

# Badanie sensorów piezoelektrycznych

### 1. Cel ćwiczenia

Poznanie podstawowych układów pracy sensorów piezoelektrycznych jako przetworników wielkości mechanicznych na elektryczne. Doświadczalne wyznaczenie i analiza charakterystyk przetwarzania, przetworników piezoelektrycznych w różnych układach pracy.

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia student zobowiązany jest do przyswojenia wiedzy teoretycznej znajdującej się w literaturze przedmiotu ze szczególnym uwzględnieniem dwóch pozycji: „Laboratorium miernictwa wielkości nieelektrycznych” autorstwa A. Michalski, S. Tumański, B. Żyła. oraz „Przetworniki i Sensory” autorstwa A. Michalskiego.

### 2. Przebieg ćwiczenia

Zadaniem studentów jest samodzielne zestawienie układów pomiarowych oraz wykonanie pomiarów i wyznaczenie charakterystyk zgodnie z programem ćwiczenia, jak również opracowanie sprawozdania końcowego z przygotowaniem odpowiedzi na pytania postawione w poniższej instrukcji.

**Uwaga: Po zestawieniu układu pomiarowego, przed przystąpieniem do dalszej pracy konieczne jest sprawdzenie i akceptacja układu pomiarowego przez prowadzącego zajęcia laboratoryjne.**

**W przypadku zastania połączonego układu pomiarowego koniecznym jest sprawdzenie poprawności połączeń oraz wartości początkowych obciążenia oraz napięć zasilających w obwodzie pomiarowym.**



## 2.1 Stanowisko pracy

Do realizacji ćwiczenia przeznaczone jest stanowisko wyposażone w:

- Akcelerometr piezoelektrycznych ACH-01;
- Kabel piezoelektrycznych o długości 1,5m;
- Stół wibracyjny;
- Wzmacniacz niskoszumowy;
- Stabilizowany zasilacz laboratoryjny;
- Woltomierz laboratoryjny;
- Częstościomierz laboratoryjny;
- Komputer PC z oprogramowaniem pozwalającym na przedstawienie wyników pomiarów w sposób graficzny oraz wspomagającym wykonanie sprawozdania końcowego;
- Instrukcje wykonania ćwiczenia.

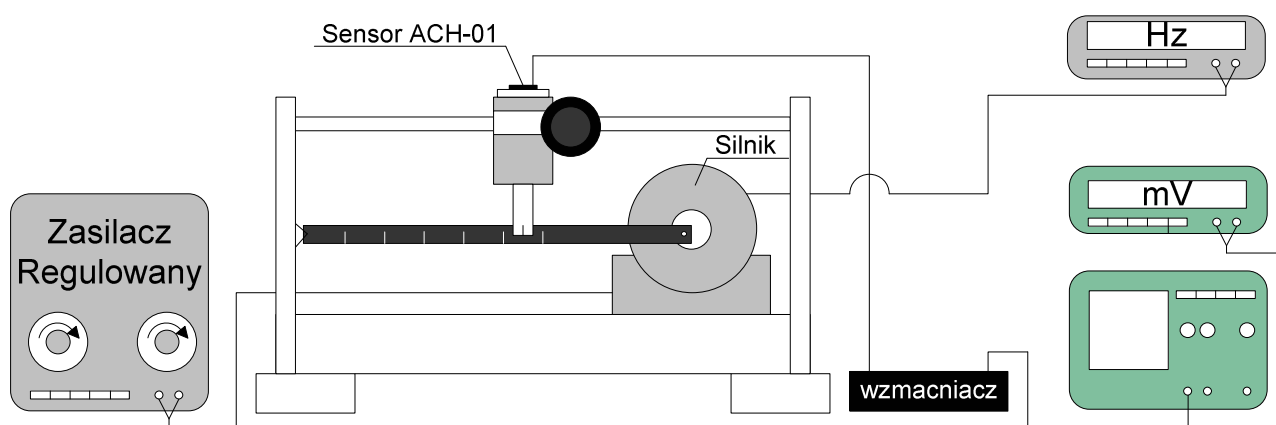
Ćwiczenie składa się z dwóch zasadniczych części. Przetwornik piezoelektryczny, którego zasada pracy bazuje na efekcie piezoelektrycznym występującym w folii PVDF badany jest w układzie akcelerometru, oraz w układzie miernika energii uderów mechanicznych.

Oprogramowanie wspomagające wykonanie ćwiczenia ma postać arkusza kalkulacyjnego i uruchamiane jest z poziomu pulpitu.

## 2.2 Badanie przetwornika w układzie akcelerometru

Badanym przetwornikiem jest akcelerometr ACH-01 zainstalowany na stole wibracyjnym sprzężonym z silnikiem prądu stałego. Rysunek nr 1, przedstawia w sposób poglądowy układ pomiarowy. Zasada pracy stołu jest następująca: wraz ze wzrostem napięcia zasilającego silnik, zwiększą się częstość obrotów, co powoduje wzrost częstości drgań belki przymocowanej w sposób mimośrodowy do wału silnika. Belka, poprzez układ buforujący, wprawia w ruch posuwisto zwrotny blat stołu wibracyjnego wraz z zamocowanym na nim układem akcelerometru. Konstrukcja

stołu zapewnia możliwość zmiany zarówno częstotliwości jak i amplitudy drgań akcelerometru. Dzięki temu w przedstawionym układzie pomiarowym możliwe są do osiągnięcia przyspieszenia z przedziału od 0 do 6g (gdzie g przyspieszenie ziemskie).



Rys. 1 Układ do badania akcelerometru

### ***Charakterystyka przetwarzania metoda I***

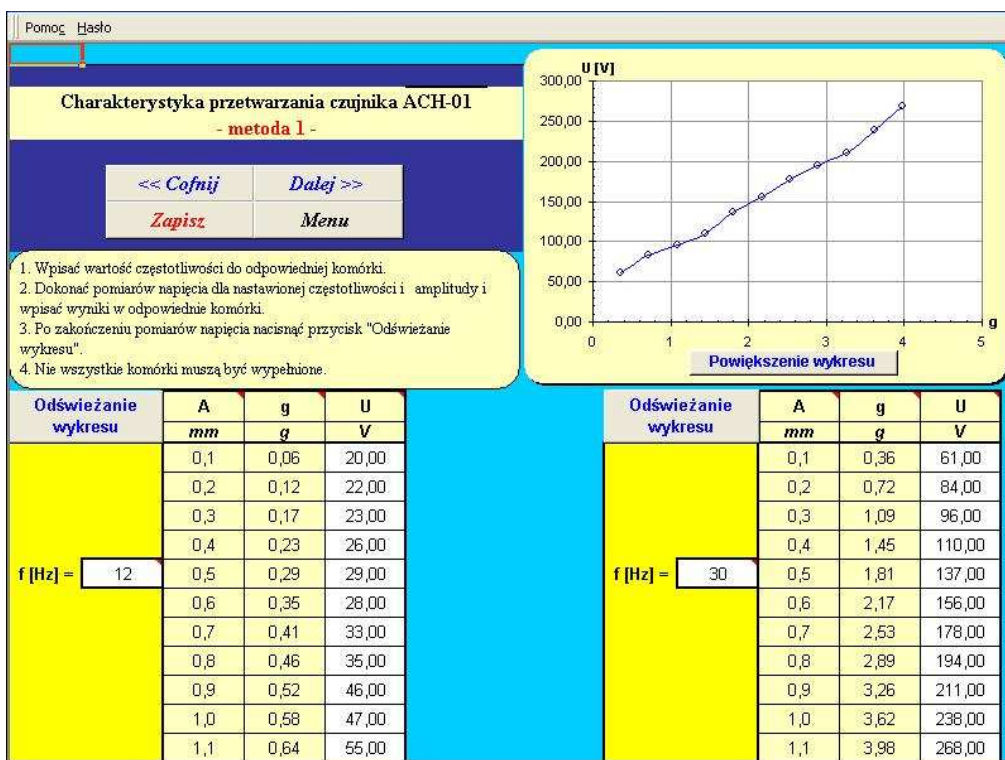
Charakterystykę przetwarzania badanego sensora, dysponując powyższym stanowiskiem badawczym, można wyznaczyć w dwojaki sposób. Przy stałej częstotliwości drgań a zmiennej amplitudzie i w układzie odwrotnym tzn. przy zmiennej częstotliwości a stałej amplitudzie. Korzystając z pierwszego sposobu zostaną wyznaczone dwie charakterystyki dla dwóch różnych częstotliwości odpowiadających dwóm różnym przedziałom mierzonego przyspieszenia.

O ile prowadzący nie zaleci inaczej, aby wyznaczyć, charakterystykę przetwarzania akcelerometru metodą I należy:

- Sprawdzić poprawność połączenia układu pomiarowego, włączyć wzmacniacz i inne urządzenia pomiarowe;
- Uruchomić oprogramowanie wspomagające, przejść do pierwszego punktu w ćwiczeniu „Charakterystyka przetwarzania czujnika ACH-01” (rys. 2);
- Ustawić na zasilaczu napięcie, powodujące częstotliwość drgań belki z zakresu 8 - 15Hz;
- Wprowadzić częstotliwość do arkusza – spowoduje to automatyczne wyliczenie przyspieszenia jakiemu poddany jest sensor przy danej amplitudzie (położeniu karetki);



- e) Ustawić karetkę z akcelerometrem w pozycji 0,1 i odczytać wartość skuteczną sygnały wyjściowego sensora (za wzmacniaczem) na woltomierzu, jednocześnie obserwując kształt sygnału na oscyloskopie;
- f) Wprowadzić wynik pomiaru do arkusza;
- g) Przesunąć karetkę o wymaganą odległość i ponownie odczytać wartość sygnału wyjściowego
- h) Pomiary wykonać dla wskazanych w arkuszu amplitud A;
- i) W celu kontroli poprawności uzyskiwanych wyników polecane jest sukcesywne odświeżanie wykresu;



Rys.2. Panel wspomagający wyznaczenie charakterystyki  $U=f(g)$

*charakterystyka dla większych przyspieszeń*

- j) Po zakończeniu serii pomiarów, ustawić napięcie na zasilaczu powodujące drgania belki z częstotliwością z zakresu 25 - 30 Hz;
- k) Powtórzyć punktu od d) do i).

Po wyznaczeniu charakterystyki należy oba wykresy wydrukować. W tym celu należy wybrać



opcję **Powiększenie wykresu** dla danego wykresu i w nowo otwartym oknie wcisnąć klawisz **Drukuj Wykres**. Przykładowe charakterystyki  $U=f(g)$  przedstawione są na Rys. 3.



a) przyspieszenie z zakresu 8 – 15 Hz



b) przyspieszenie z zakresu 25 – 30 Hz

Rys. 3 Przykładowe charakterystyki  $U=f(g)$  wyznaczone metodą I.

Po wydrukowaniu charakterystyk należy przejść do następnej części ćwiczenia.



Problemy:

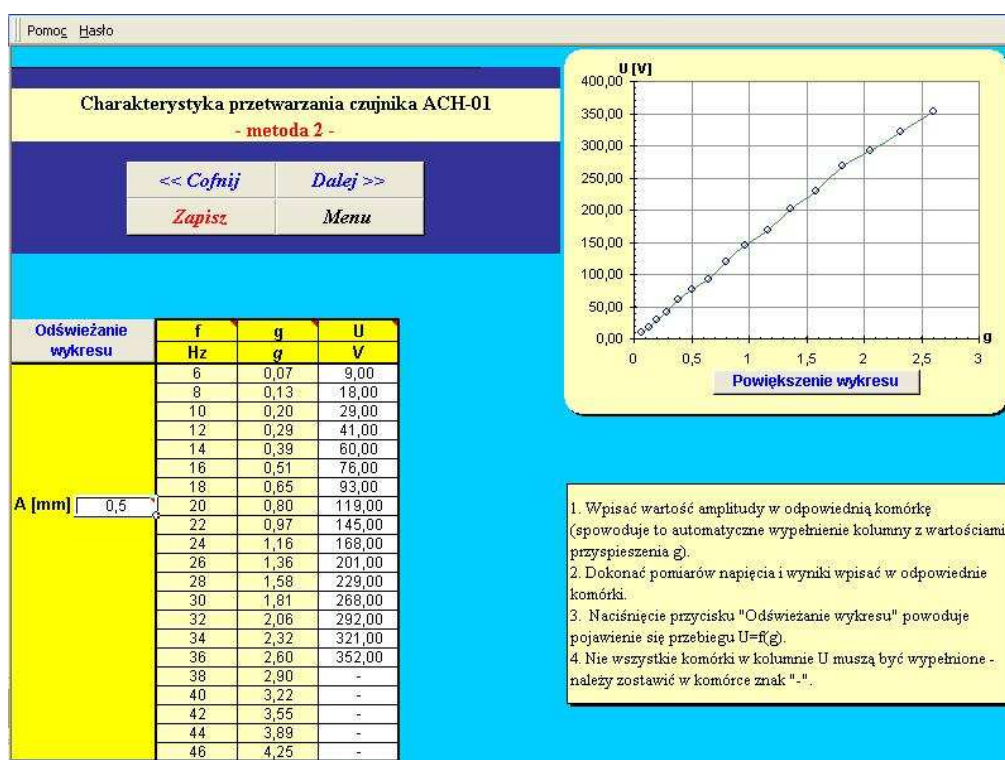
1. Uzasadnić kształt otrzymanych charakterystyk;
2. Porównać charakterystyki z charakterystykami idealnymi badanego sensora;

### Charakterystyka przetwarzania - metoda II

Podczas wyznaczania charakterystyki przetwarzania metodą drugą, stałą wartością jest amplituda drgań akcelerometru a zmienną częstotliwość. Podobnie jak w przypadku I metody, pomiary należy przeprowadzić dla dwóch różnych zakresów mierzonego przyspieszenia. W pierwszym zakresie ustawiamy amplitudę o wartości mieszczącej się w zakresie 0,1 – 0,3 mm zaś w drugi, w zakresie 0,9 – 1,1 mm.

O ile prowadzący nie zaleci inaczej, w celu wyznaczenia charakterystyki przetwarzania metodą II należy:

- Ustawić oprogramowanie wspomagające na panel „Charakterystyka przetwarzania czujnika ACH-01 metoda 2”, widoczny na Rys. 4;

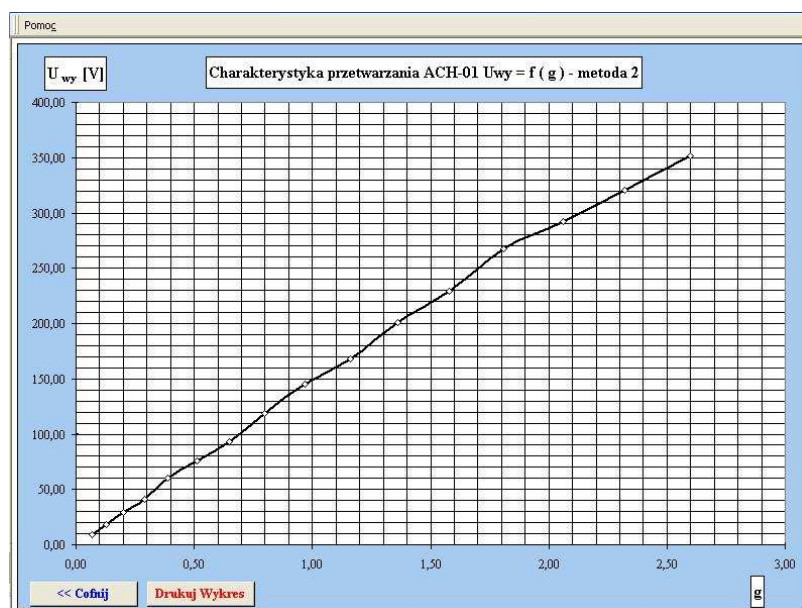


Rys. 4. Panel wspomagający wyznaczenie charakterystyki przetwarzania metodą II



- Ustawić blat stołu wibracyjnego z czujnikiem w położenie odpowiadające amplitudzie drgań z przedziału  $0,1 \div 0,3$  mm;
- Wpisać wybraną wartość amplitudy do oprogramowania;
- Ustawić na zasilaczu napięcie wywołujące częstotliwość drgań, zgodnie z tabelą;
- Zapisać wartość sygnału wyjściowego dla danej częstotliwości drgań belki;
- Wykonać zalecaną liczbę pomiarów;
- Odświeżyć wykres.

Po zebraniu charakterystyki wykres należy wydrukować (procedura analogiczna jak w poprzednim punkcie). Przykładowa charakterystyka przetwarzania sensora ACH-01 wyznaczona metodą drugą przedstawiona jest na Rys 5.



Rys.5 Charakterystyka przetwarzania sensora ACH-01 metoda II

Po wydrukowaniu charakterystyki należy powtórzyć kompletną procedurę pomiarową dla wartości amplitudy drgań wybranej z zakresu  $0,9 - 1,1$  mm. Wyniki prowadzonych pomiarów winny być rejestrowane w tej samej tabeli po uprzednim jej wyczyszczeniu.

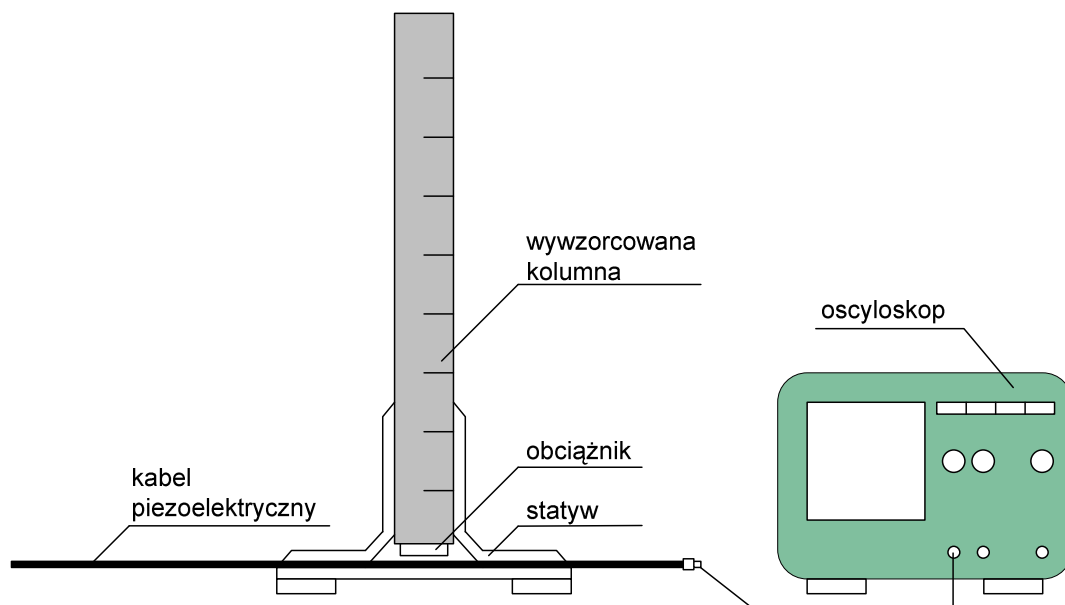
Problemy:

1. Czy istnieje korelacja między charakterystykami uzyskanymi dzięki pierwszej i drugiej metodzie?
2. Porównać otrzymane charakterystyki dla dwóch wartości ustawionych amplitud drgań.
3. Do jakich potencjalnych zastosowań można użyć powyższy sensor?

### 2.3 Badanie parametrów kabla piezoelektrycznego

Parametry kabla piezoelektrycznego badane są w układzie miernika energii uderzeń mechanicznych. Układ ten przedstawiony jest na Rys. 6.

Kabel piezoelektryczny pobudzany udarami, generuje impuls napięciowy o wartości maksymalnej proporcjonalnej do energii uderzenia. Przedstawiony na Rys. 6 układ pomiarowy pozwala na zdjęcie charakterystyki  $U_{max} = f(E)$  gdzie  $U_{max}$  jest wartością maksymalną impulsu napięciowego natomiast  $E$  energią uderzenia. Energia uderzenia obliczana jest na podstawie energii potencjalnej obciążnika o stałej masie umieszczonego wewnątrz wywzorcowanej kolumny.



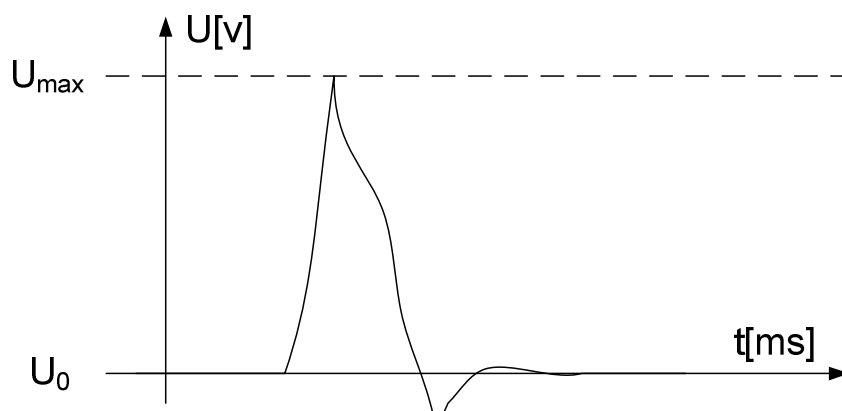
Rys. 6. Układ miernika energii uderzeń mechanicznych, bazujący na kablu piezoelektrycznym





O ile prowadzący nie zaleci inaczej, aby wyznaczyć charakterystykę  $U_{\max}=f(E)$  należy:

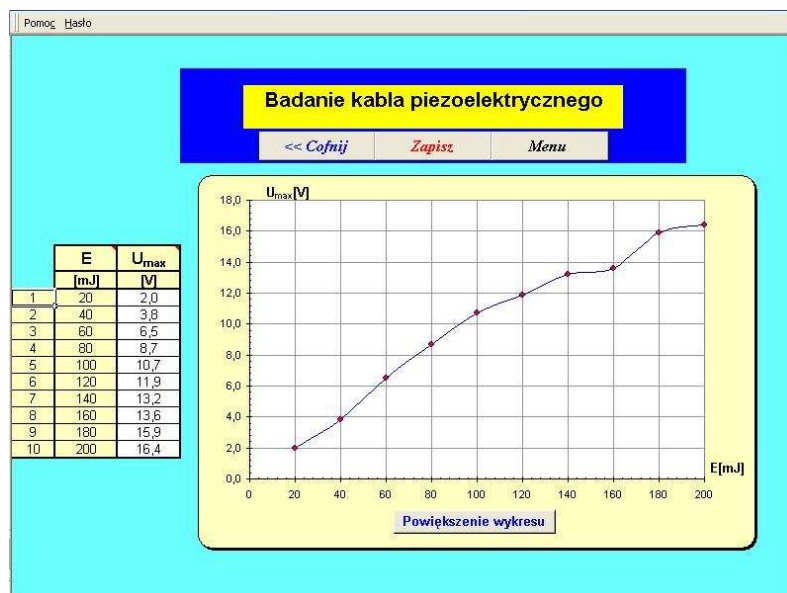
- Zestawić układ pomiarowy zgodnie z Rys. 6;
- Zwrócić szczególną uwagę na stabilne przymocowanie kabla pod dnem kolumny;
- Ustawić oscyloskop w tryb pozwalający odczytać wartość maksymalną pojedynczego impulsu (single shot);
- Przetestować układ pomiarowy pojedynczym udarem, zmierzyć, korzystając z kursorów oscyloskopu, maksymalną wartość amplitudy zarejestrowanego impulsu. Przykładowy impuls z zaznaczonymi wartościami napięcia przedstawia Rys. 7;



Rys. 7. Przykładowy impuls generowany podczas udaru

- W programowaniu wspomagającym przejść do panelu „Badanie kabla piezoelektrycznego”, przedstawionego na Rys. 8;
- Umieścić obciążnik wzorcowy w kolumnie na wysokości najniższej szczeliny, (co odpowiada energii impulsu równej 20mJ);
- Opuścić bezwładnie obciążniki, zarejestrować uzyskany impuls napięciowy, pomierzyć jego amplitudę ( $U_{\max} - U_0$ ), w celu uniknięcia błędu przypadkowego dla każdej ze szczelin wykonać minimum 5 pomiarów, wartości skrajne odrzucić pozostałe uśrednić i wynik wprowadzić do tabeli znajdującej się na ekranie (Rys. 8).

- Wykonać zalecaną liczbę pomiarów w pełnym zakresie zmian dostarczanej energii (20 – 200 mJ);
- Proszę wszystkie pomiary również rejestrować w uprzednio przygotowanym protokole.



Rys. 8. Panel wspomagający badanie kabla piezoelektrycznego

Po wyznaczeniu charakterystyki wykres należy wydrukować korzystając z opcji **Powiększenie wykresu** a następnie **Drukuj Wykres**. Przykładowa charakterystyka kabla piezoelektrycznego przedstawiona jest na Rys. 9.



Rys. 9 Przykładowa charakterystyka  $U_{max}=f(E)$

Problemy:

1. Wyjaśnić kształt uzyskanej charakterystyki.
2. Jakie parametry kabla mogą wpływać na taki a nie innych przebieg charakterystyki?
3. Podać przykładowe możliwości zastosowania kabla piezoelektrycznego.

### 3. Sprawozdanie

W sprawozdaniu powinny znaleźć się:

- Schematy układów pomiarowych;
- Wyniki pomiarów;
- Wydrukowane charakterystyki;
- Odpowiedzi na pytania zawarte w instrukcji;
- Wnioski własne i spostrzeżenia.

Po wykonaniu sprawozdania należy wyłączyć przyrządy pomiarowe i komputer, oraz rozłączyć układ pomiarowy. Sprawozdanie przekazać prowadzącemu zajęcia laboratoryjne.