

Badanie właściwości metrologicznych toru  
pomiarowego z modulacją AM przeznaczonego do  
współpracy z czujnikami wielkości nieelektrycznych

**Adrian Jałoszewski**, Tomasz Kotowski, Monika Ścisło

10 października 2016, poniedziałek, 9<sup>30</sup>

## Spis treści

<b>1</b>	<b>Cel ćwiczenia</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Wykaz aparatury</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Wykonanie ćwiczenia</b>	<b>2</b>
3.1	Badanie właściwości metrologicznych transformatorowego czujnika LVDT drogi . . . . .	2
3.1.1	Wyznaczenie charakterystyki statycznej czujnika LVDT . . . . .	2
3.1.2	Obserwacja sygnałów na poszczególnych etapach przetwarzania czujnik LVDT – wzmacniacz z modulacją AM . . . . .	4
3.2	Wyznaczenie charakterystyki statycznej wzmacniacza pomiarowego z modulacją AM . . . . .	6
3.3	Wyznaczenie charakterystyki statycznej układu czujnik + tor z modulacją amplitudową . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Wnioski i podsumowanie</b>	<b>9</b>

## 1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia było zapoznanie się z pomiarem wielkości nieelektrycznej jaką jest przesunięcie przy pomocy przyrządów mierzących wielkości elektryczne.

## 2 Wykaz aparatury

1. Układ pomiarowy – tor z modulacją amplitudy
2. Multimetr HP34401A lub HP34410A (łącznie dwie sztuki)
3. Oscyloskop dwukanałowy Tektronix TDS1012B
4. Czujnik transformatorowy PTx20 firmy Peltron zintegrowany mechanicznie ze śrubą mikrometryczną

## 3 Wykonanie ćwiczenia

Ćwiczenie było wykonane dla obydwu podpunktów punktu pierwszego oraz dla punktu trzeciego. Punkt drugi został pominięty w wykonaniu pomiarów ze względu na to, że dane potrzebne do jego realizacji zostały pobrane w trakcie wykonania pozostałych dwóch punktów. Na wykresach czerwoną kropką zaznaczone jest zero konstrukcyjne czujnika.

Część punktów pomiarowych zostało wyjętych z rozważań, gdyż znacznie odstawały od pozostałych pomiarów – przyjęliśmy je jako błędy grube.

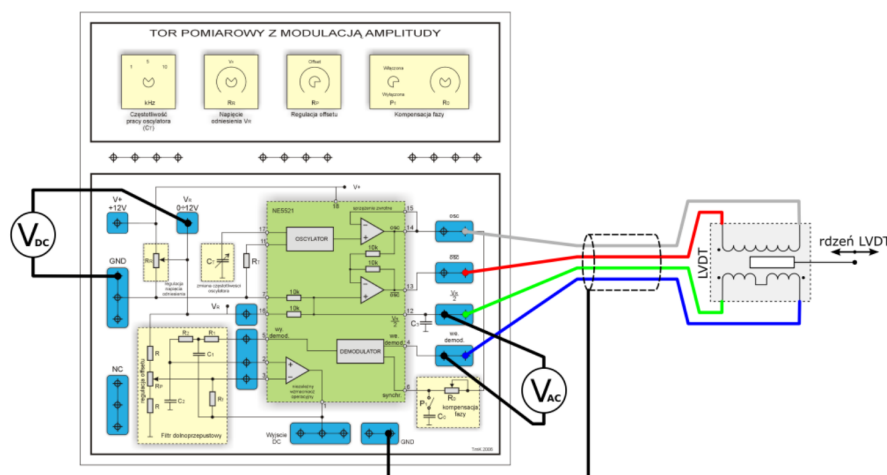
### 3.1 Badanie właściwości metrologicznych transformatorowego czujnika LVDT drogi

Pomiary mają na celu wyznaczenie charakterystyki czujnika oraz obserwację przebiegów czasowych w torze przetwarzania wzmacniacza z modulacją AM. Badany tor pomiarowy jest złożony z transformatorowego czujnika LVDT zbudowanego na bazie układu scalonego NE5521, który zawiera oscylator generujący sygnał zasilający czujnik oraz elementy przetwarzania:

- wzmacniacz zmiennoprądowy
- demodulator fazoczuły
- filtr dolnopasmowy

#### 3.1.1 Wyznaczenie charakterystyki statycznej czujnika LVDT

Poniższy schemat przedstawia połączenia w układzie dla punktu pierwszego ćwiczenia. Zawarte na nim jest poprawne podłączenie multimetrów, z których mierzy wartość napięcia referencyjnego, a drugi wartość skuteczną napięcia.

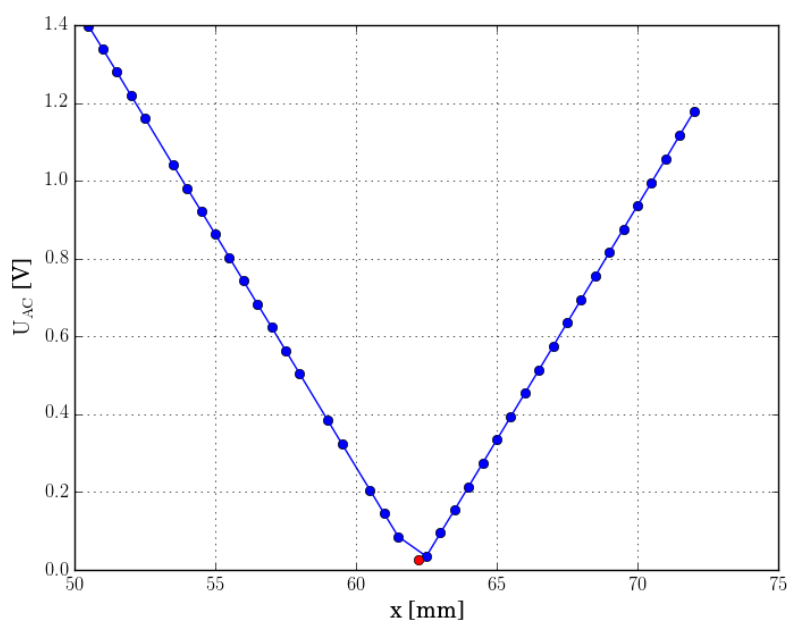


Rysunek 1: Schemat połączeń

Aby wyznaczyć charakterystykę statyczną czujnika LVDT rozpoczęliśmy od ustawienia poprawnego napięcia referencyjnego tak aby jego wartość była jak najbliższa 10 V. Strojenia dokonaliśmy przy pomocy potencjometru  $R_R$ .

Następnie przystąpiliśmy do wyznaczenia zera konstrukcyjnego czujnika – szukaliśmy takiego położenia dla którego wystąpi minimalne wskazanie dla mierzonego napięcia przemiennego. Minimum te znaleźliśmy dla wartości 62,2 mm.

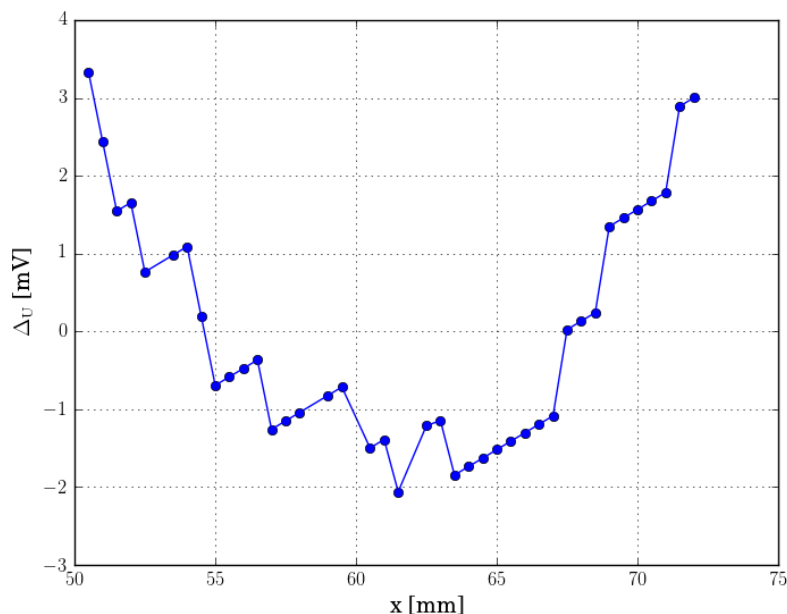
Pomiarów dokonaliśmy więcej niż było wymagane przez ćwiczenie. Pomiarów były wykonywane co 0,5 mm w zakresie od 50,5 mm do 72 mm. Dodatkowy pomiar został wykonany dla zera konstrukcyjnego czujnika.



Rysunek 2: Zależność wartości skutecznej napięcia od położenia rdzenia

Do wyznaczenia błędu bezwzględnego potrzebna jest charakterystyka czujnika, która dla

wartości poniżej zera konstrukcyjnego przyjmuje wartości ujemne. Po dokonaniu tej modyfikacji na zestawie danych mogliśmy wyznaczyć zależność błędu bezwzględnego danego wzorem  $\Delta_U = U_{pomiar} - U_{oblicz}$ . Gdzie  $U_{oblicz}$  uzyskaliśmy dzięki regresji liniowej. Prosta najlepiej dopasowana do charakterystyki jest zadana wzorem:  $y = 0.1198 \cdot x - 7.455$ , gdzie  $x$  to przesunięcie w milimetrach, a  $y$  to napięcie w woltach.



Rysunek 3: Zależność błędu bezwzględnego od położenia rdzenia

Na podstawie tych danych wyznaczyliśmy błąd nieliniowości  $\delta_{U_{max}} = 1,29 \cdot 10^{-3}$  zadany wzorem:

$$\delta_{U_{max}} = \frac{|\Delta_U|_{max}}{U_{max} - U_{min}} \quad (1)$$

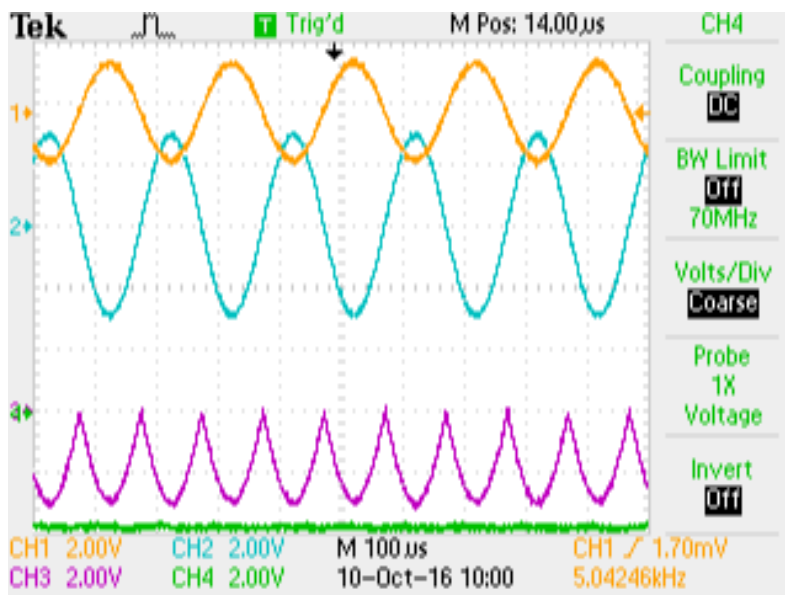
### 3.1.2 Obserwacja sygnałów na poszczególnych etapach przetwarzania czujnik LVDT – wzmacniacz z modulacją AM

Realizację tego podpunktu rozpoczęliśmy od podłączenia oscyloskopu do interesujących nas sygnałów:

1. OSC - składowa nośna - żółty
2. Sygnał wyjściowy z czujnika LVDT - niebieski
3. Sygnał po demodulacji - fioletowy
4. Sygnał na wyjściu DC - zielony

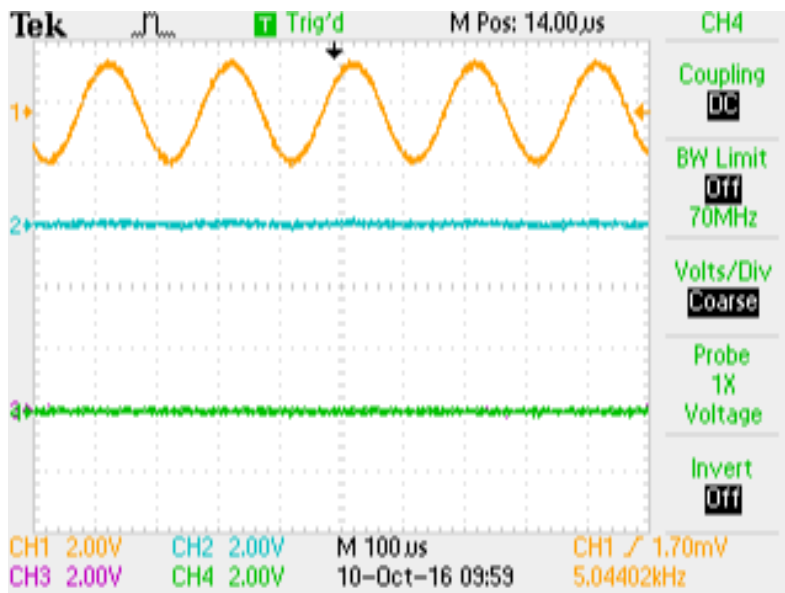
Sygnały te były obserwowane przez nas w położeniach ściśnięcia, rozciągnięcia oraz w zerze konstrukcyjnym czujnika.

W przypadku wsuniętego rdzenia można zauważyć, że sygnał wyjściowy z czujnika jest w przeciwfazie do składowej nośnej.



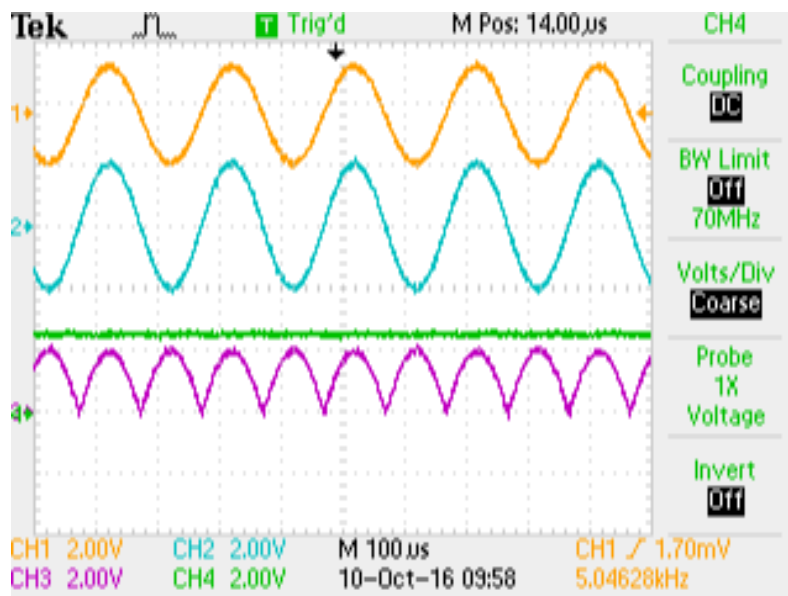
Rysunek 4: Wsunięty rdzeń

W przypadku zera konstrukcyjnego można zauważyć, że wszystkie sygnały oprócz składowej nośnej ulegają wyzerowaniu.



Rysunek 5: Zero konstrukcyjne

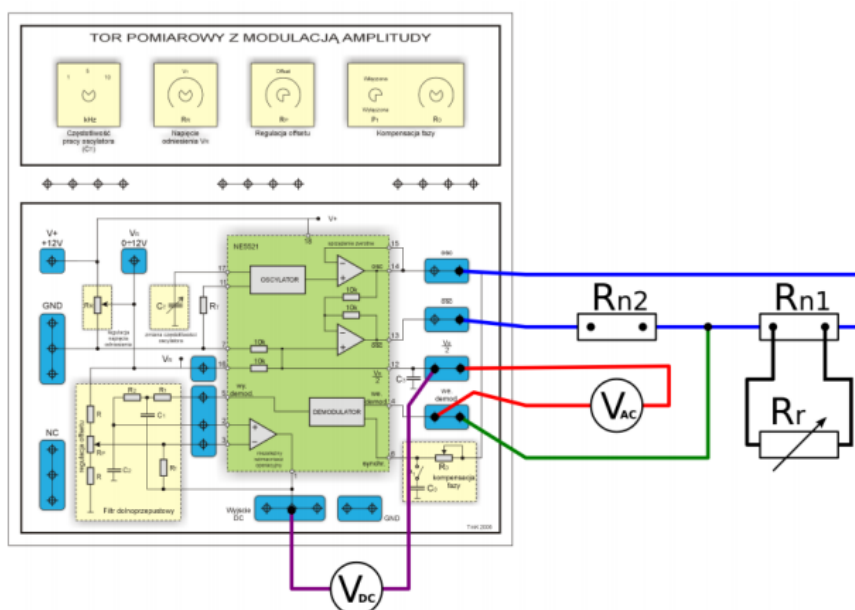
W przypadku wysuniętego rdzenia można zauważyć, że sygnał wyjściowy z czujnika jest w fazie z sygnałem nośnym.



Rysunek 6: Wysunięty rdzeń

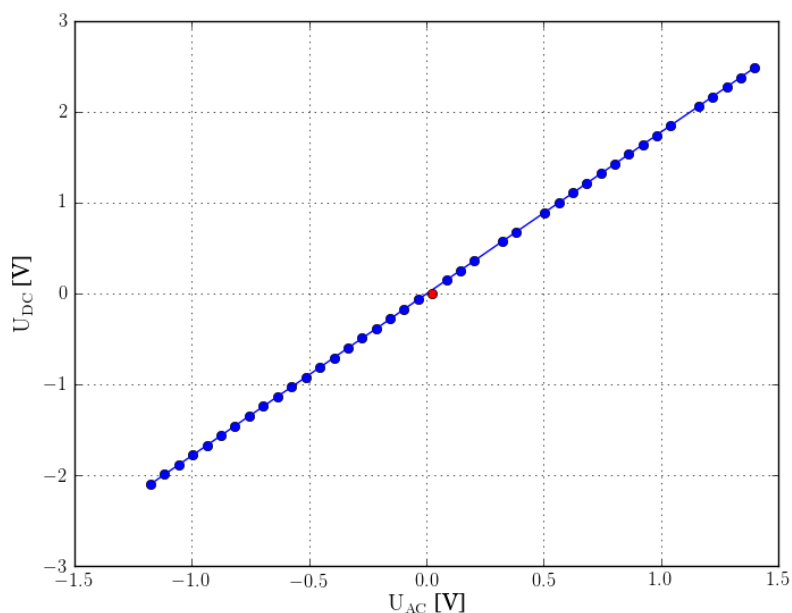
Można zauważyć, że położenie rdzenia nie ma wpływu na składową nośną, przez co nie nadaje się ona do przenoszenia informacji o jego położeniu. Sygnał będący na wejściu demodulatora (wyjściowy z LVDT) lepiej się do tego nadaje, jednak ze względu na to, że jest sinusoidą, która daną amplitudę przyjmuje przy rdzeniu wsuniętym i wysuniętym jest niejednoznaczna. Sygnał, który otrzymujemy po wyjściu z demodulatora jest jednoznaczny, jego znak wskazuje czy rdzeń jest wysunięty czy wsunięty, a amplituda pokazuje jak bardzo wsunięty jest rdzeń – sygnał ten jest miarodajny.

### 3.2 Wyznaczenie charakterystyki statycznej wzmacniacza pomiarowego z modulacją AM

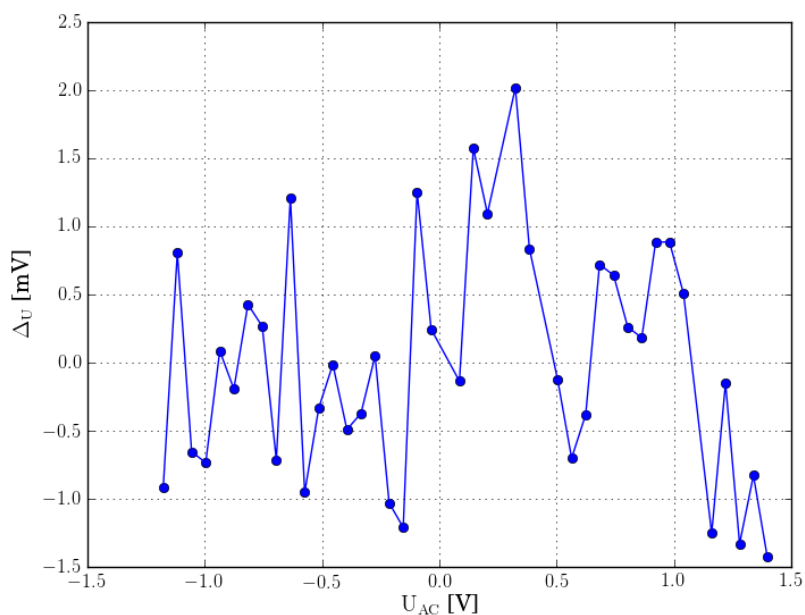


Rysunek 7: Schemat połączeń

Ze względu na to, że w punkcie trzecim i pierwszym dokonaliśmy pomiarów dla tych samych wychyleń rdzenia, możemy je wykorzystać do wyznaczenia charakterystyki napięcia stałego w zależności od wartości skutecznej napięcia przemienne. Mogliśmy w ten sposób pominąć pomiary dokonywane przy pomocy rezystorów, które tylko by symulowały obecność czujnika. Po przetworzeniu danych tak aby dla ujemnych napięć DC były ujemne wartości skuteczne AC otrzymaliśmy zestaw danych do którego najlepiej wpasowywała się prosta  $y = 1,78 \cdot x + 0,007$ , gdzie  $y$  i  $x$  są podane w voltach.



Rysunek 8: Zależność napięcia DC od wartości skutecznej AC



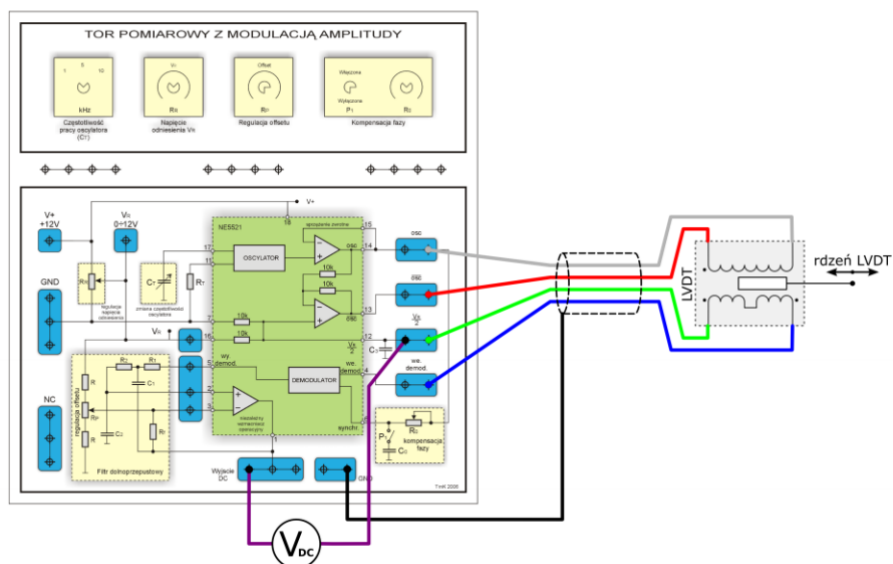
Rysunek 9: Zależność błędu bezwzględnego od położenia rdzenia



Wartość błędu nieliniowości wynosi  $\delta_{U_{max}} = 4,4 \cdot 10^{-4}$

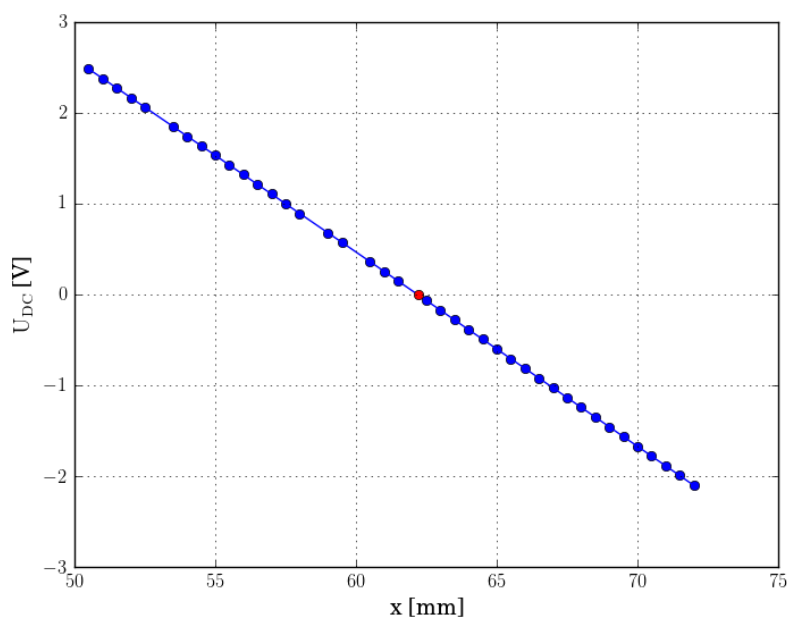
### 3.3 Wyznaczenie charakterystyki statycznej układu czujnik + tor z modulacją amplitudową

Wielkością mierzoną jest napięcie stałe na wyjściu toru pomiarowego w zależności od przesunięcia rdzenia w czujniku.

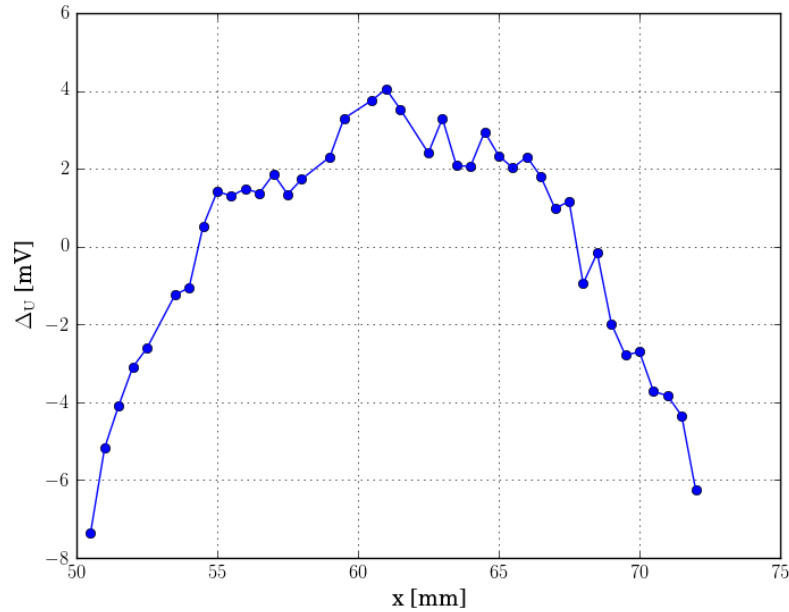


Rysunek 10: Schemat połączeń

Prosta dopasowana do charakterystyki ma równanie  $y = 1.781 \cdot x + 13.27$ , gdzie  $y$  jest w woltach, a  $x$  w milimetrach.



Rysunek 11: Zależność napięcia DC od przesunięcia rdzenia



Rysunek 12: Zależność błędu bezwzględnego od położenia rdzenia

Wartość błędu nieliniowości wynosi w tym przypadku  $\delta_{U_{max}} = 1.604 \cdot 10^{-3}$ .

## 4 Wnioski i podsumowanie

Na podstawie ćwiczenia dowiedzieliśmy się dlaczego w zadanym torze pomiarowym wybrano konkretne wartości do przetwarzania informacji o przesunięciu rdzenia w czujniku. Z punktu drugiego dowiedzieliśmy się jak można zasymulować obecność czujnika przy pomocy zwykłego dzielnika napięcia.

Obróbka dostępnych danych pokazuje w jakim zakresie badany czujnik zachowuje się liniowo i jak dobre jest przybliżenie przy pomocy prostej w przypadku odpowiednich charakterystyk. Ze względu na to, że błędy te są niewielkie w stosunku do wartości mierzonych można przyjąć, że linia prosta jest bardzo dobrym przybliżeniem charakterystyk i jako taka może być używana w modelach matematycznych.

W przypadku likwidacji offsetu jaki towarzyszy pomiarom wartości można by było nawet założyć liniowość charakterystyki, co jest niezmiernie przydatne w wielu przypadkach.

Na poszczególnych wykresach widać jak błędy nieliniowości się kumulują i miejscami kompensują, powodując tym samym, że ostatni wykres błędu bezwzględnego, który pokazuje zależność wyjścia z toru  $U_{DC}$  od przemieszczenia  $x$  ma znacznie większe wartości błędu bezwzględnego niż pozostałe dwa, które pokazywały przejścia z których się składa.