

Filip Krauz-Damski 267 681
Filip Kubecki 272 655

Grupa: Pon 13:15

Data wykonania ćwiczenia:
6 maja 2024r
Data sporządzenia sprawozdania:
12 maja 2024r

Ćwiczenie 8.

Przetworniki wielkości nieelektrycznych

1 Spis przyrządów

Do wykonania ćwiczenia wykorzystano:

- Multimetr cyfrowy Agilent 34401A
- Oscyloskop cyfrowy Agilent DSO3062A
- Zasilacz laboratoryjny symetryczny NDN DF1730SL20A

2 Przebieg i cele doświadczenia

Doświadczenie polegało kolejno na:

- Rejestrowano napięcie na wyjściu czujnika odległości TCRT5000 zależnie od parametrów: odległości, napięcia zasilania oraz typu powierzchni odbijającej,
- Rejestrowano napięcia na wyjściu czujnika barw zależnie od parametrów: poziomu szarości powierzchni i napięcia zasilania,
- Oscyloskop zarejestrowano przebieg na wyjściu analogowym czujnika tętna,

3 Wyniki pomiarów

Czujnik odległości TCRT5000

Tabela 1 - $V_{cc} = 5$ [V], powierzchnia błyszcząca

L[mm]	U_{rising} [V]	$U_{decreasing}$ [V]
0	0.625	0.60812
1	0.11339	0.11483
2	0.10254	
3	0.1002	0.10047
4	0.101721	
5	0.1077	0.10593
6	0.11142	
7	0.116535	0.1144
8	0.118	
9	0.12358	0.12345
10	0.12928	
11	0.1334	0.1314
12	0.13742	
13	0.14046	0.1401
14	0.14388	
15	0.14831	0.14742
17	0.15269	0.15202
19	0.15815	0.15738
21	0.16405	
23	0.16951	
25	0.17386	0.17311
27	0.17756	
29	0.18207	
31	0.18605	
33	0.1893	
35	0.19348	0.19241
37	0.19483	
39	0.19554	
41	0.19554	
43	0.19901	
45	0.20269	0.21045
47	0.21093	
49	0.2144	
51	0.2159	
53	0.22499	
55	0.23124	0.2382
57	0.2438	
59	0.24965	
61	0.26719	
63	0.28555	
65	0.3479	0.36427
67	0.52008	
69	0.60103	
71	0.68734	
73	0.82934	
75	0.9046	0.95651

Tabela 2 - $V_{cc} = 4.5$ [V], powierzchnia błyszcząca

L[mm]	U_{rising}[V]	$U_{decreasing}$[V]
0	0.6666	0.67634
2	0.101299	0.100599
4	0.098495	0.099213
6	0.10625	0.1082
8	0.11539	0.11641
10	0.12384	0.12498
12	0.13374	0.13097
14	0.13944	0.14125
16	0.14519	0.14602
20	0.1573	0.15758
30	0.18091	0.1858
40	0.19768	0.19935
50	0.22015	0.22282
60	0.26294	0.2706
70	0.61997	0.60219
80	1.0566	1.087
90	1.4454	1.4135
100	1.6788	1.665

Tabela 3 - $V_{cc} = 4$ [V], powierzchnia błyszcząca

L[mm]	U_{rising}[V]	$U_{decreasing}$[V]
0	0.74968	0.77041
2	0.094176	0.093147
4	0.093866	0.095699
6	0.10166	0.10398
8	0.10991	0.11214
10	0.11958	0.12291
12	0.12899	0.13081
14	0.1363	0.13708
16	0.14226	0.14227
20	0.15438	0.15498
30	0.17877	0.18002
40	0.19656	0.1992
50	0.22125	0.22602
60	0.28846	0.32419
70	0.71125	0.79813
80	1.1568	1.1923
90	1.4497	1.505
100	1.6697	1.7242

Tabela 4 - $V_{cc} = 5$ [V], powierzchnia matowa

L [mm]	U_{rising} [V]	$U_{decreasing}$ [V]
0	0.74968	0.77041
2	0.094176	0.093147
4	0.093866	0.095699
6	0.10166	0.10398
8	0.10991	0.11214
10	0.11958	0.12291
12	0.12899	0.13081
14	0.1363	0.13708
16	0.14226	0.14227
20	0.15438	0.15498
30	0.17877	0.18002
40	0.19656	0.1992
50	0.22125	0.22602
60	0.28846	0.32419
70	0.71125	0.79813
80	1.1568	1.1923
90	1.4497	1.505
100	1.6697	1.7242

Tabela 5 - $V_{cc} = 4.5$ [V], powierzchnia matowa

L [mm]	U_{rising} [V]	$U_{decreasing}$ [V]
0	0.14562	0.14541
2	0.13649	0.13655
4	0.14029	0.14104
6	0.14822	0.14817
8	0.15631	0.15728
10	0.16538	0.1656
12	0.17244	0.17181
14	0.18224	0.17943
16	0.19053	0.18909
20	0.21229	0.21036
30	0.89401	0.70231
40	1.77689	1.6734
50	2.241	2.1248

Tabela 6 - $V_{cc} = 4$ [V], powierzchnia matowa

L[mm]	U_{rising}[V]	$U_{decreasing}$[V]
0	0.22563	0.24282
2	0.14918	0.14921
4	0.15269	0.15346
6	0.16208	0.16389
8	0.17311	0.17438
10	0.18814	0.18819
12	0.2002	0.20335
14	0.21783	0.22156
16	0.25004	0.26346
20	0.83561	0.92424
30	1.843	1.8514
40	2.2648	2.2701

Czujnik natężenia światła - fotorezystor i dioda

Tabela 7

Brightness[%]	$U_{V_{cc}5}$[V]	$U_{V_{cc}4.5}$[V]	$U_{V_{cc}4}$[V]
0	3.9212	3.4111	2.8638
5	3.6773	3.1529	2.6552
10	3.3767	2.9111	2.3942
15	3.2047	2.7274	2.2204
20	2.9593	2.4866	1.9978
25	2.8992	2.4049	1.9114
30	2.7131	2.2407	1.7774
35	2.5168	2.0296	1.609
40	2.5007	2.0155	1.5771
45	2.474	1.855	1.4454
50	2.3108	1.761	1.3917
55	2.2104	1.6269	1.2687
60	2.0664	1.5979	1.2337
65	2.0505	1.5722	1.1878
70	1.9997	1.5546	1.1565
75	1.9486	1.4902	1.1012
80	1.8684	1.4893	1.0964
85	1.8686	1.4408	1.0677
90	1.837	1.4218	1.0503
95	1.8295	1.3905	1.10181
100	1.7495	1.3834	1.064

Czujnik tętna

$$V_{pp} = 47.2[mV]$$

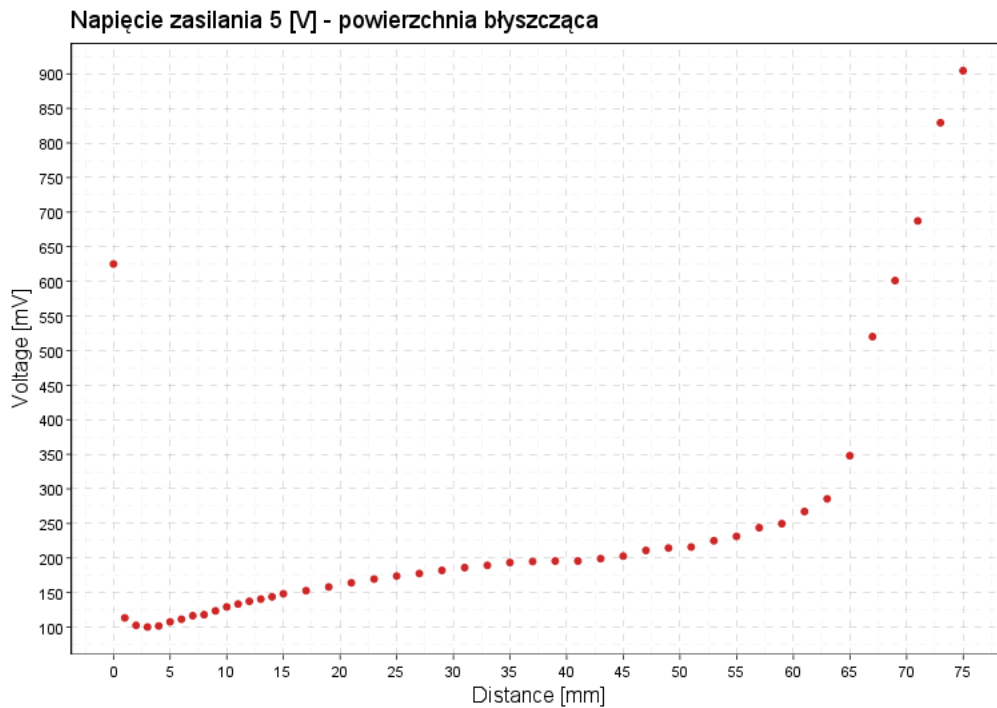
$$f = 1.389[Hz]$$

$$T = 720[ms]$$

4 Analiza wyników

Czujnik odległości TCRT5000

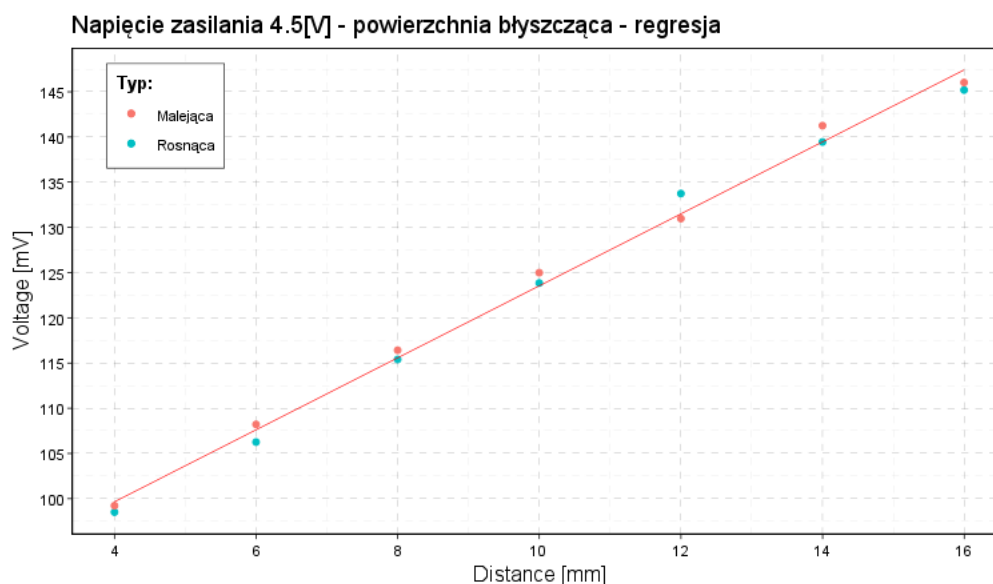
Dla czujnika odległości wykonano 6 grup pomiarów składających się z pomiarów idąc coraz dalej od czujnika oraz wracając w stronę czujnika. Pierwsze trzy grupy były mierzone z wykorzystaniem przeszkody o błyszczącej powierzchni odbijającej. Dla pierwszej serii pomiarów idąc od czujnika wykonano pomiary o małym kroku aby wyznaczyć charakterystykę czujnika na zakresie większym niż zakres pomiarowy podany przez producenta. Poniżej znajduje się wykres tej charakterystyki:



Producent podaje że czujnik poprawnie rejestruje odległość w zakresie od 0.2 do 15 [mm] z uwagą że pomiar odbywa się w atmosferze pozbawionej światła zewnętrznego.

Na wykresie zauważamy że czujnik zaczyna poprawnie mierzyć powyżej dystansu 2 [mm]. Może to być związane z wpływem światła otoczenia na pomiar a dla pomiaru przy odległości 0 [mm] z braku miejsca dla czujnika na odbicie wiązki światła i odebrania jej. Dla tego prawdopodobnie zakres podany od producenta nie zaczyna się od wartości 0 gdyż producent zdaje sobie sprawę z tego zjawiska. Idąc dalej widzimy że rzeczywiście charakterystyka czujnika do odległości 15 [mm] zachowuje się liniowo a przy dalszych pomiarach zaczyna powoli się zmieniać. Najciekawsze zjawiska zachodzą przy odległości około 35 - 40 [mm] gdzie charakterystyka zaczyna się wypłaszczać oraz powyżej odległości 60 [mm] gdzie charakterystyka zaczyna gwałtownie rosnać.

Dla zakresu poprawnego działania czujnika (w tym przypadku od 3 do 15 [mm]) wyznaczono aproksymację liniową danych oraz wyliczono współczynnik determinacji R^2 dla tej funkcji:



$$R^2 = 0.9964$$

Można zauważyć że współczynnik determinacji ma wartość powyżej 99.5 [%] co oznacza bardzo dokładne przybliżenie do funkcji liniowej która aproksymowała dane.

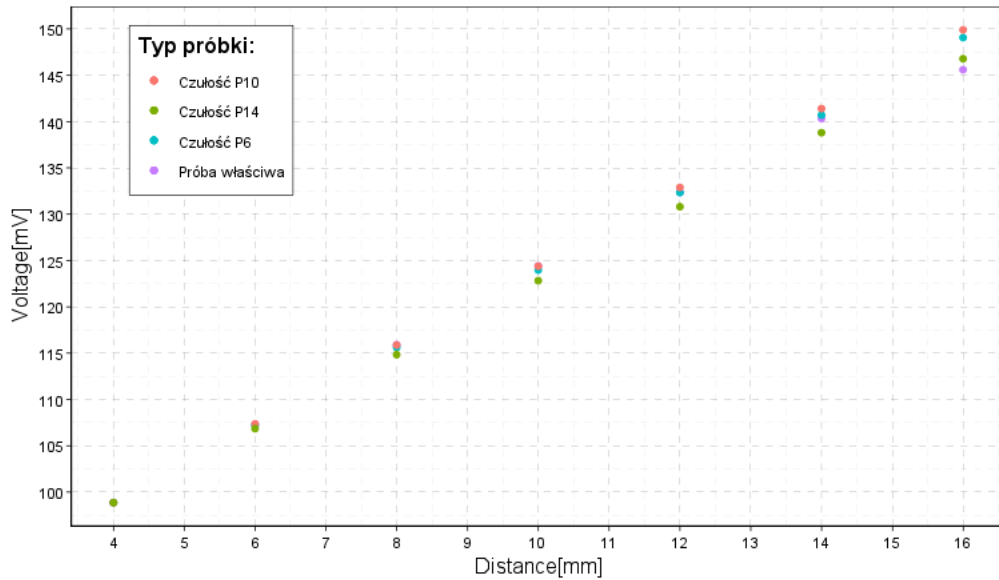
Czułość lokalna czujnika wyznaczono ze wzoru:

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

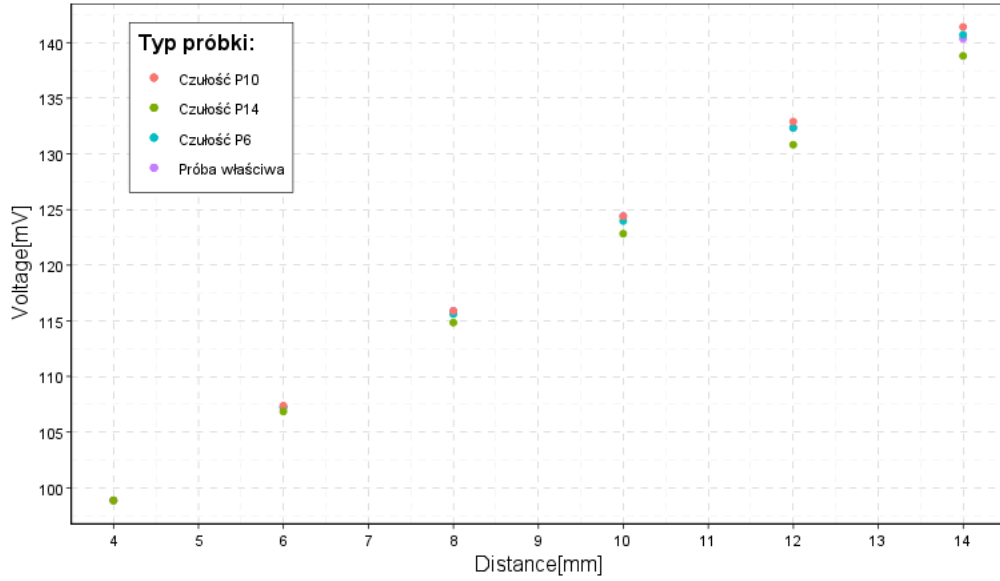
Czułości dla kolejnych pomiarów została wyznaczona dla miejsc w odległości 6 , 10 i 14 [mm] od czujnika:

Typ próby	$S_6[\frac{V}{mm}]$	$S_{10}[\frac{V}{mm}]$	$S_{14}[\frac{V}{mm}]$
5V ref	0.00324	0.00402	0.00379
4.5V ref	0.00419	0.00425	0.00400
4V ref	0.00402	0.00511	0.00340
5V mat	0.00408	0.00252	0.00418
4.5V mat	0.00377	0.00435	0.00436
4V mat	0.00495	0.00721	0.00896

Na podstawie czułości dla serii o napięciu zasilania 4.5 [V] i błyszczącej powierzchni odbijającej wyznaczono kolejne 10 wartości jakie przyjmują charakterystyki dla różnych czułości. Wartości te wyliczono w zakresie od 4 do 40 [mm] i porównano je ze średnią z pomiaru właściwego. Dane zostały przedstawione na wykresie poniżej:



Można zauważyć że wartości są bardzo zbliżone w zakresie pracy miernika ale rozbiegają się od wartości zmierzonej gdy przekroczą zakres pomiarowy czujnika. Pokazuje to dobrze dlaczego zakres ten jest tak mocno ograniczony. Poniżej przedstawiono dodatkowo powyższy wykres ale ograniczony jedynie do zakresu pomiarowego czujnika:



Z powodu braku informacji na temat wyznaczania przedziału szumowego w wstępie teoretycznym oraz w otwartych źródłach zewnętrznych wartości przedziału szumowego zostały wyznaczone autorską metodą. Przedział szumowy wyznaczono na podstawie wartości przy zmiennej rosnącej oraz malejącej dla histerezy pomiaru odległości. Przedziału szumowego wyznaczano dla pomiaru przy zasilaniu 5 [V] oraz dla błyszczącej powierzchni odbijającej. Wartość szumu wyznaczono jako średnią wartość z różnicy między wartością malejącą oraz rosnącą charakterystyki czujnika. Wartość wyznaczono jedynie dla danych z przedziału poprawnego działania czujnika, w tym przypadku od 3 do 15 [mm]. Wyznaczono stały przedział szumu na wartość: $N_{Int} = \pm 290.5769 [\mu V]$ od wartości średniej z serii rosnącej oraz malejącej charakterystyki.

Na podstawie powyższej wartości przedziału szumu możemy wyznaczyć rozdzielczość czujnika przy użyciu wzoru:

$$Res = \frac{\Delta X \cdot N_{Int}}{\Delta Y}$$

Po podstawieniu wartości otrzymujemy:

$$Res = \frac{(15[mm] - 3[mm]) \cdot 0.00058[V]}{0.147865[V] - 0.100335[V]} \approx 0.15[mm]$$

Teoretycznie więc przy użyciu tego czujnika można byłoby mierzyć z rozdzielczością 0.15[mm].

Dla czujnika wyliczono selektywność pomiarową na podstawie pomiaru z matową powierzchnią i przy różnicy napięcia zasilania od rzeczywistego równej 0.5[V]. Wyko-

rzystano do tego wzór:

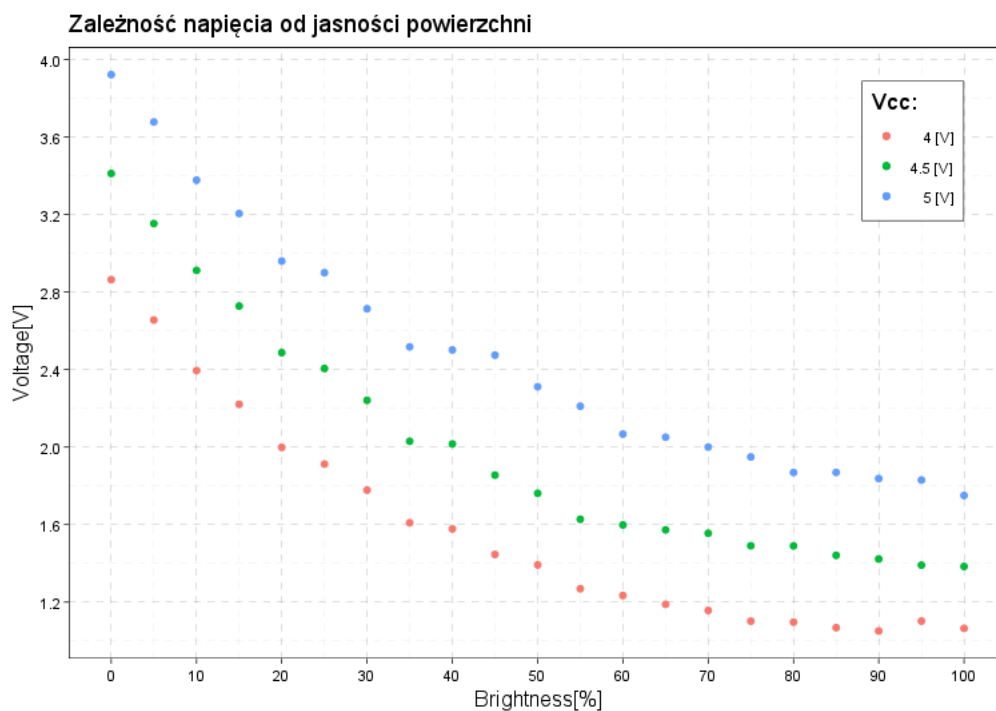
$$\sigma = \frac{\Delta Y}{Y \cdot \Delta Z} = \frac{\Delta Y_5 - \Delta Y_{4.5}}{\Delta Y_{4.5} \cdot \Delta Z}$$

Uzyskano na tej podstawie wynik:

$$\sigma = 0.0099 \left[\frac{\%}{mV} \right]$$

Czujnik natężenia światła - fotorezystor i dioda

Na podstawie danych zgromadzonych w trakcie przebiegu doświadczenia wyznaczono wykresu zależności napięcia na wyjściu czujnika od poziomu szarości powierzchni naświetlanej:



Na podstawie wykresu jesteśmy w stanie zauważyć że charakterystyka powyższej zależności nie jest charakterystyką liniową a przypomina bardziej funkcję hiperboliczną. Wykorzystując regresję liniową zaproksymowano krzywą dla napięcia zasilania równego 5 [V]. Z aproksymacji uzyskano krzywą której współczynnik determinacji R^2 względem danych pomiarowych wynosił 0.9107.

Z powodu braku charakterystyki malejącej czujnika nie jesteśmy w stanie podać

parametrów szumowych. Rozdzielczość pomiarowa tego czujnika na podstawie doświadczenia to conajmniej 5 [%] zmiany jasności powierzchni gdyż dla takiej najmniejszej zmiany wykonywano kolejne pomiary.

Selektywność w odniesieniu do napięcia zasilania dla napięcia zasilania 4.5 [V] wynosi:

$$\sigma = 14.20 \left[\frac{\%}{V} \right]$$

Czujnik tętna

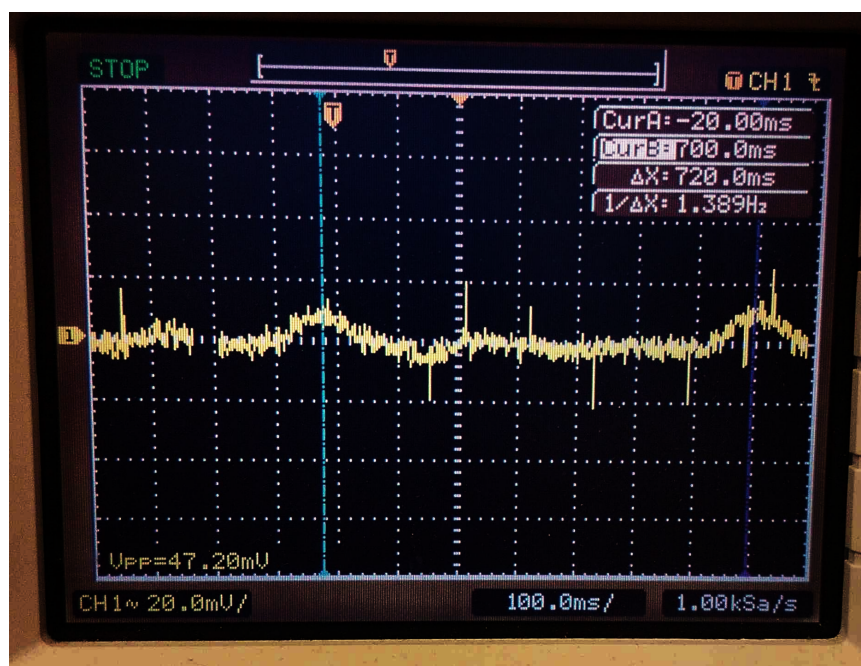
Na podstawie obserwacji zmian sygnału na wyjściu czujnika przy pomocy oscyloskopu wyznaczono: częstotliwość sygnału oraz okres. Korzystając z poniższych wzorów wyznaczono tętno:

$$BPM = f \cdot 60 = \frac{60}{T}$$

Uzyskano tętno równe:

$$BPM = 83.34[BPM]$$

Poniżej przedstawiono zarejestrowany przebieg:



5 Uwagi i wnioski

Z pomiarów obejmujących czujnik odległości TCRT5000 możemy empirycznie zauważyć pełną charakterystykę czujnika również poza zakresem działania czujnika. Wnioski na temat pełnej charakterystyki czujnika znajdują się w części 4. Możemy zauważyć że funkcjonowanie czujnika jest bezpośrednio skorelowane z napięciem zasilania. Już spadek napięcia o 0.5 [V] potrafi obniżyć amplitudę sygnału wyjściowego oraz zmniejszyć zakres działania. Największy wpływ na funkcjonowanie czujnika miała powierzchnia odbijająca. W przypadku powierzchni błyszczącej czujnik podawał informacje zwrotne nawet do odległości 100 [mm]. Jednak przy powierzchni matowej ta wartość spadła o połowę przy napięciu zasilania równym 5 [V] a przy napięciu zasilania równym 4 [V] spadła do długości zaledwie 40 [mm].

Na podstawie wykresów przedstawiające pętle histerezy w zakresie działania czujnika można zauważyć że pętla histerezy nie jest spójna z założeniami teoretycznymi. Dla niektórych pomiarów charakterystyka malejąca zamieniała się miejscem z charakterystyką rosnącą. Wynika to prawdopodobnie z bardzo małej dokładności samego doświadczenia. Instrumenty wykorzystane do określania odległości i ich tolerancje nie pozwalały na dokładne określenie odległości ani na stabilne przytrzymanie powierzchni odbijającej w punkcie pomiarowym. Doświadczenie można poprawić wykorzystując sztywny liniał metalowy oraz element odbijający który sztywno trzyma się w liniale oraz pozwala na blokowanie pozycji.

W przypadku wyznaczanie szumów oraz rozdzielczości miernika należy pamiętać że do pomiaru wykorzystujemy linijkę posiadającą dokładność 1 [mm] oraz to że dokładność samego eksperymentatora nie jest zerowa. Można więc wywnioskować że rozdzielczość zmierzona będąca mniejszą od tej niepewność nie będzie wartością rzeczywistą. Również zastosowane w obliczeniach przedziału szumowego założenie że przedział ten ma stałą wartość jest nieprawdziwe. Z samej pętli histerezy wynika że przedział ten jest szerszy w połowie przedziału pracy czujnika a najwęższy przy jego krańcach.

Dla czujnika barw zauważono po pierwsze że nie każda charakterystyka przetwornika jest charakterystyką liniową. Nie pozwala to często na bezpośredni odczyt wartości mierzonej i wymaga układu kondycjonującego zamieniający charakterystykę nieliniową na liniową. Tak jak dla poprzedniego czujnika zaobserwowano spadek amplitudy sygnału przy zmianie napięcia zasilania. Dla najniższego napięcia zasilania 4 [V] można zauważyć że powyżej wartości 80 [%] szarości, kolejne pomiary zaczynają przyjmować charakterystykę liniową. Powoduje to brak możliwości rozróżnienia tych wartości od siebie. Raz jeszcze więc warto zaznaczyć jak kluczowe do poprawnego działania przetworników jest stabilne napięcie zasilania o właściwych parametrach.

Dla czujnika tętna można zauważyć na podstawie przebiegu na oscyloskopie bardzo duże zaszumienie sygnału wysokimi częstotliwościami. Idealnym więc byłoby zastosowanie odpowiedniego filtra dolnoprzepustowego w celu odfiltrowania szumu od właściwego syg-

nału. Amplituda sygnału również nie jest wysoka więc bardzo dobrym usprawnieniem czujnika byłoby dodanie odpowiedniego układu wzmacniającego sygnał. Na sygnale również widać pojedyncze impulsy o charakterystyce delty Diraca. Impulsy te posiadają amplitudę o większej wartości niż interesujące nas okresowe wzgórza właściwego sygnału. Mogą one mieć szkodliwe działanie na dalsze układy pomiarowe wykorzystujące sygnał do wyznaczania np.: wartości tętna.

References

- [1] <https://wzn.pwr.edu.pl/materialy-dydaktyczne/metrologia-elektroniczna>
- [2] <https://www.vishay.com/docs/83760/tcrt5000.pdf>
- [3] http://elektron.pol.lublin.pl/elekp/_wyklad_PWN/E_Pawlowski_wyklad_PWN_EMST_2019_w02.pdf