



**ĆWICZENIE 5)**  
**MECHANICZNE CZŁONY AUTOMATYKI – CZŁON RÓŻNICZKUJĄCY**  
**RZECZYWISTY**

**PRZED PRZYSTĄPIENIEM DO ZAJĘĆ PROSZĘ O BARDZO DOKŁADNE  
ZAPOZNANIE SIĘ Z TREŚCIĄ INSTRUKCJI**

**CEL ĆWICZENIA**

Celem ćwiczenia jest uzyskanie wykresu charakterystyki skokowej członu różniczkującego oraz wyznaczenie w sposób teoretyczny i graficzny stałej czasowej.

**ZAKRES NIEZBĘDNYCH WIADOMOŚCI TEORETYCZNYCH**

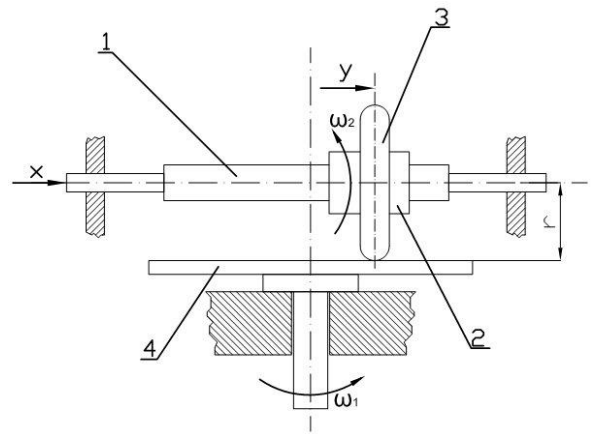
1. Klasyfikację liniowych członów automatyki,
2. Równania różniczkowe, równania charakterystyk statycznych i odpowiedzi na wymuszenie skokowe podstawowych członów liniowych automatyki,
3. Transmitancje, stałe czasowe, interpretacje graficzne,
4. Przykłady realizacji liniowych członów automatyki,
5. Pomiar współczynnika sprężystości sprężyny.
6. Skok gwintu, co to jest jak to się mierzy.
7. Przeliczanie obr/min na prędkość kątową.
8. Metody graficzne wyznaczania stałej czasowej.

**LITERATURA**

- Schmidt D.: Mechatronika, wyd. Rea,
- Kostro J.: Elementy, urządzenia i układy automatyki, wyd. WSIP
- Krajewski S., Musielak R.: Ćwiczenia laboratoryjne z podstaw automatyk
- Kostro J.: Elementy, urządzenia i układy automatyki

## CZĘŚĆ 2. BADANIA MECHANICZNEGO CZŁONU RÓŻNICZKUJĄCEGO

Schematyczną budowę mechanicznego członu różniczkującego przedstawia rysunek. Wielkością wejściową jest przesunięcie  $x$  śruby (1). Wielkością wyjściową jest odległość  $y$  środka gumowej rolki (3), nałożonej na nakrętkę (2), od osi obrotu tarczy (4). Tarcza (4) obraca się ze stałą prędkością kątową  $\omega_1$  wymuszona przez silnik elektryczny. Przesuwając śrubę (1) o  $x$ , przesuwamy również nakrętkę (2) z rolką (3) z neutralnego położenia środkowego, co wymusza obrót rolki, a więc nakręcanie się nakrętki na śrubę.



Wymuszony jest, zatem ruch wzdłużny  $y$  rolki w kierunku osi tarczy, który ustanie, gdy rolka znajdzie się w położeniu centralnym. Ruch ten jest zmienny w czasie. Jego wielkość rejestrowana jest za pomocą przetwornika potencjometrycznego oraz rejestratora Picoscope. Stan ustalony  $y = 0$  nastąpi przy położeniu centralnym rolki dla każdej wartości wymuszenia  $x$  (wówczas  $\omega_2 = 0$ ). Charakterystyka statyczna jest, zatem identyczna z charakterystyką statyczną członu różniczkującego. W stanach nieustalonych bezwzględną prędkość nakrętki wyznaczymy, jako sumę wektora prędkości nakrętki względem śruby  $v_w$  i wektora prędkości unoszenia  $v_u$  czyli:  $v = v_w + v_u$

Ponieważ:

$$v_w = -\frac{\omega_2}{2\pi} h$$

(gdzie  $h$  jest skokiem gwintu śruby (1)) i ponieważ  $\omega_1 y = \omega_2 r$  (gdzie pominięto poślizg rolki względem tarczy, a  $r$  jest promieniem rolki gumowej), to

$$v_w = -\frac{\omega_1 h}{2\pi r} y$$

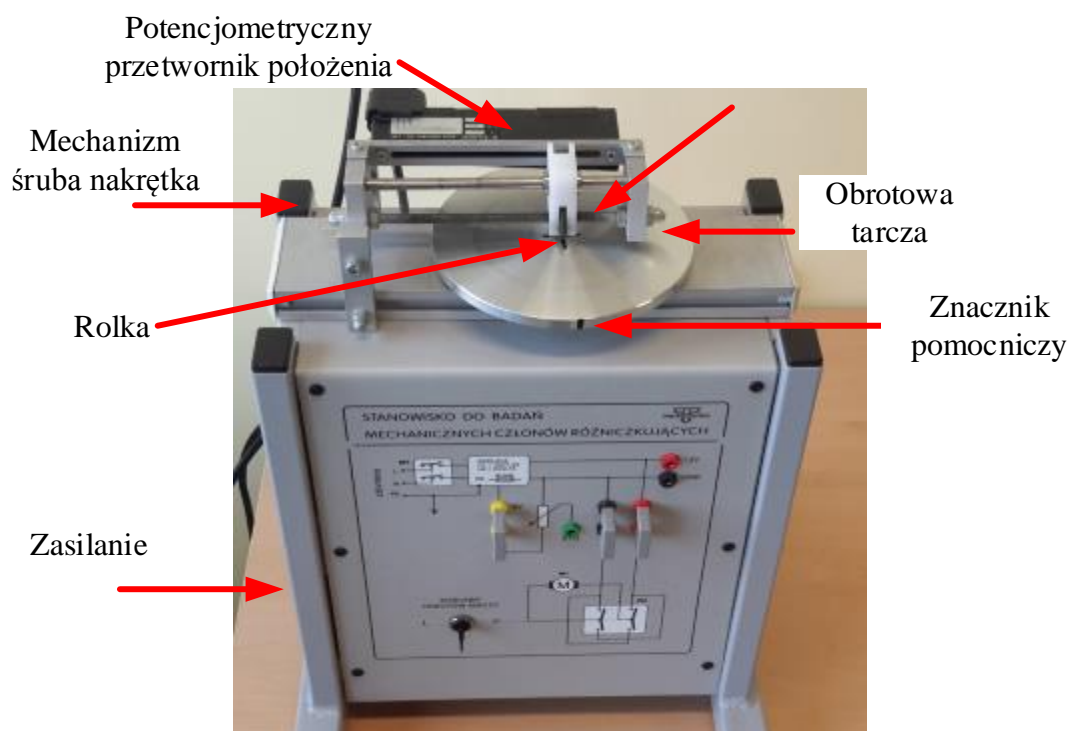
Równanie prędkości można, więc zapisać w postaci następującej:

$$\frac{dy}{dt} = -\frac{\omega_1 h}{2\pi r} y + \frac{dx}{dt}$$

Po oznaczeniu stałej czasowej  $T = \frac{2\pi r}{\omega_1 h}$  otrzymamy:

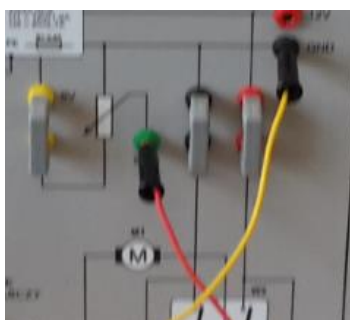
$$T \frac{dy}{dt} + y = T \frac{dx}{dt}$$

a więc równanie rzeczywistego członu różniczkującego.



## PRZEBIEG ĆWICZENIA – CZĘŚĆ 1

1. Podłączyć urządzenie PicoScope tak jak na zdjęciu poniżej. Zielone wyjście jest sygnałem napięciowym z potencjometrycznego przetwornika położenia. Czarny to masa.



2. Włączyć zasilanie stanowiska (lewa strona):



3. Zmierzyć skok gwintu w śrubie napędowej.

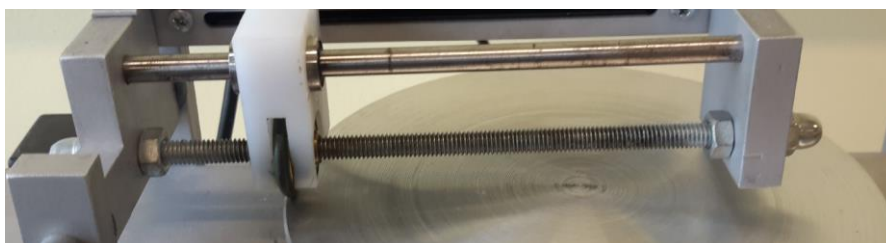


4. Zmierzyć średnicę toczonej się rolki.

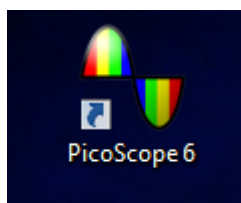


5. Obliczyć teoretyczną stałą czasową zgodnie ze wzorami wyprowadzonymi na początku instrukcji (rachunek jednostek!).

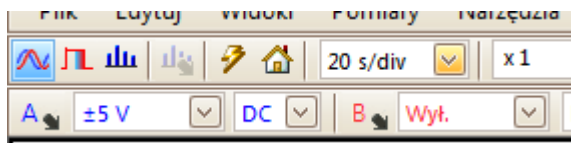
6. Ustawić rolkę w skrajnym lewym położeniu.



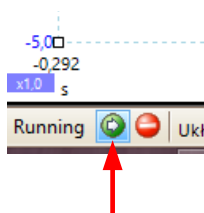
7. Uruchomić PicoScope 6



8. Ustawić parametry zgodnie z rysunkiem

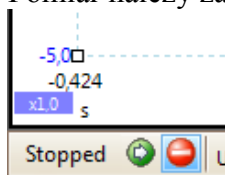


9. Upewnić się, że włączony jest tryb rejestracji danych.

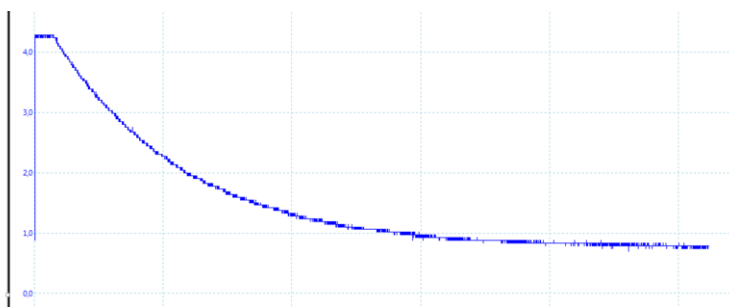


10. Rejestracja przebiegu (potrzebny będzie stoper):

- Uruchomić pomiar w programie.
- Odczekać około 5 sekund.
- Uruchomić obroty tak by rolka zaczęła zmierzać do osi tarczy.
- Jednocześnie należy włączyć stoper oraz rozpocząć liczenie obrotów tarczy.
- Pomiar należy zakończyć czerwoną ikoną:

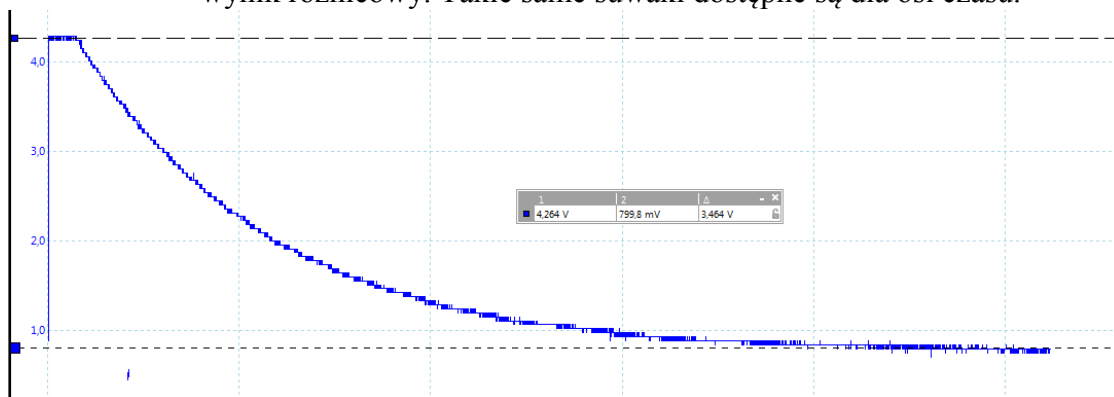


w momencie, gdy rolka znajdzie się w osi tarczy (świadczy o tym brak ruchu obrotowego rolki), a na zarejestrowanym wykresie pojawi się linia prosta:



11. Odczytać z wykresu zmierzoną stałą czasową. W tym celu należy użyć suwaków, które dostępne są na ekranie pomiarowym – **osobne suwaki dla osi y – niebieskie i osi x – białe**.

- Przesuwając suwaki widzimy odczyt wartości suwaka 1, suwaka 2 oraz wynik różnicowy. Takie same suwaki dostępne są dla osi czasu.



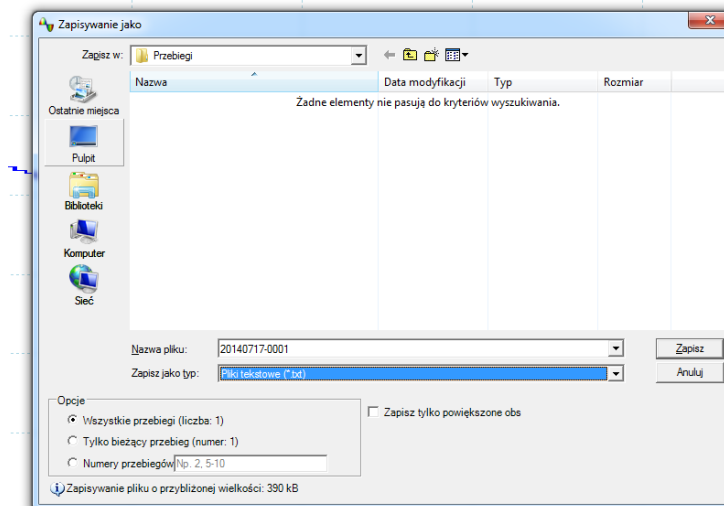
12. Wyznaczyć stałą czasową na wykresie zgodnie z wiedzą, którą należało zdobyć przygotowując się do wykonania tego ćwiczenia.

13. Odnotować zarejestrowaną stałą czasową np. poprzez zrzut ekranu (printscr).

14. Wybrać **Plik>>>Zapisz wszystkie przebiegi, jako**

Zapisać plik z rozszerzeniem txt w celu dalszej obróbki w programie excel.

Zapisać powtórnie z rozszerzeniem .mat w celu wykonania 2 części ćwiczenia.



15. Wyznaczyć teoretyczną stałą czasową układu na podstawie opisu teoretycznego z 2 strony instrukcji. Porównać wyniki otrzymane podczas badania i teoretyczne. Przenalizować użyte metody wyznaczania stałej czasowej i stanowisko pomiarowe, a następnie wskazać możliwe przyczyny różnic.

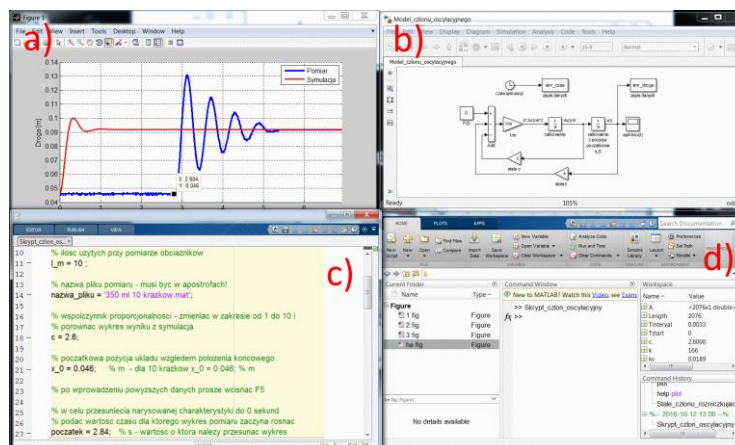
16. Na wykresie w excelu należy zamienić odczyt podany, jako napięcie na wartość wyrażoną w mm. W tym celu należy podczas pomiarów zmierzyć zmianę w woltach oraz odpowiadające tej zmianie przemieszczenie linowe:

### ZAMIANA $V$ NA PRZEMIESZCZENIE WYRAŻONE W MM

Zmierzone w obu przypadkach przemieszczenia wyrażone są w  $V$ . Stanowiska wyposażone są w potencjometrię liniową. W celu zamiany wystarczy zmierzyć zmianę napięcia dla znanego przemieszczenia i przy tej pomocy wyznaczyć współczynnik wyrażony w  $[mm/V]$ , a następnie przeskalować osiągnięte rezultaty tak by na osi Y wyświetlone były wartości w  $[mm]$ , a nie w  $[V]$

## PRZEBIEG ĆWICZENIA – CZĘŚĆ 2

Druga część ćwiczenia polega na symulacji członu różniczkującego na bazie jego modelu matematycznego i porównaniu go z wynikami pomiarów. Model matematyczny transmitancji operatorowej członu różniczkującego rzeczywistego o wzmacnieniu  $k$  i stałej czasowej  $T$ .



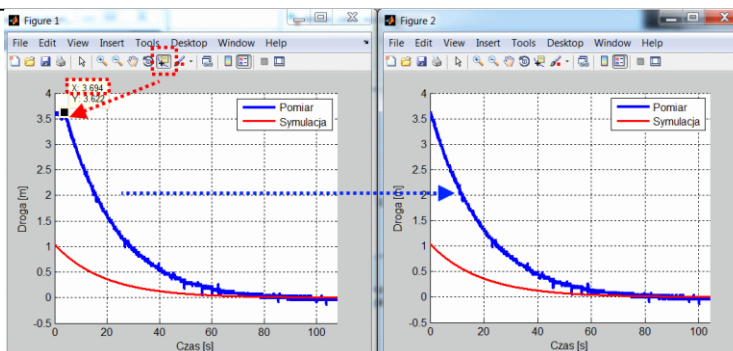
Rys. 1 Okno programu Matlab-Symulink: a) okno wyników symulacji i pomiaru, b) okno modelu matematycznego, c) okno programu symulacyjnego, d) okno programu Matlab.

Czynności do wykonania:

1. Skopiować wyniki, z punktu 14 poprzedniej części ćwiczenia, do folderu Pulpit->Człon różniczkujący symulacja. Wyniki powinny być zapisane w formacie nazwa.mat.
2. Przejrzeć strukturę programu symulacyjnego (Rys. 1 c)) i zapoznać się z zapisanymi komentarzami.
3. Wprowadzić nazwę pliku wyników, z punktu 3 pierwszej części ćwiczenia, do zmiennej **nazwa\_pliku** – nazwa musi być w apostrofach!
4. Wprowadzić wartość wyznaczoną stałą czasową **T**.
5. Wprowadzić początkową wartość wzmacnienia **k**.
6. Mając aktywne okno programu symulacji (Rys. 1 c)) wcisnąć **F5** w celu uruchomienia symulacji.
7. Pojawi się okno wyników jak na rysunku 2 a).
8. Symulacja rozpoczyna się w 0 sekundzie, natomiast zmierzona charakterystyka rozpoczyna się zazwyczaj w czasie różnym od 0 sekund – patrz rysunek 2 a). Należy ujednolicić czas rozpoczęcia symulacji i pomiaru poprzez przesunięcie wykresu wyników pomiaru do 0 sekundy. W tym celu wprowadź czas rozpoczęcia zmierzonej charakterystyki do zmiennej **początek**. Do dokładnego odczytania tej wartości można użyć narzędzia 'Data Cursor' jak na rysunku 2 a).
9. Powtórnie wykonać krok 6 – efekt powinien być jak na rysunku 2 b).
10. Jeżeli wykres symulacji odbiega od pomiaru należy zmienić wartość współczynnika wzmacnienia **k** i powtórzyć punkt 6 aż do uzyskania zbliżonego kształtu wykresów.
11. Analizując uzyskany idealny symulacyjny i rzeczywisty przebieg, jak również budowę stanowiska wskazać przyczyny rozbieżności wykresów.
12. Wyznaczyć transmitancję członu różniczkującego na podstawie wyznaczonego współczynnika wzmacnienia **k** i stałej czasowej **T**.



## PODSTAWY AUTOMATYKI – LABORATORIUM



Rys. 2 Okno wyników a) po lewej stronie przed przesunięciem wyników, b) po ujednoliceniu czas rozpoczęcia charakterystyk.

## SPRAWOZDANIE

Ogólne wytyczne:

- Sprawozdanie powinno być wykonane na dostępnej formatce (<http://www.zum.put.poznan.pl/zum/mgr-inz-bartosz-minorowicz>).
- Sprawozdanie powinno być wykonane w sposób przejrzysty i czytelny dla odbiorcy.
- Sprawozdanie jest podzielone na dwie części tak jak ćwiczenie.

**Sprawozdanie z badań członu różniczkującego powinno:**

1. Wyniki z pomiarów wykonanych przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia (skok gwintu, średnica rolki).
2. Teoretyczne obliczenia stałej czasowej na podstawie zebranych danych, podstawienia do wzorów, rachunek jednostek.
3. Printser z zajęć z programu Picoscope wraz z uzasadnieniem wyznaczenia stałej czasowej na zarejestrowanym przebiegu.
4. Przedstawienie zarejestrowanego przebiegu, jako wykresu w programie excel oraz wyznaczenie stałej czasowej innymi dwoma dowolnymi metodami. Wykres powinien przedstawiać zależność przemieszczenia od czasu – współczynnik czujnika przeliczający z V na mm należy wyznaczyć na zajęciach.
5. Wykres przedstawiający symulację i pomiar zgodnie z drugą częścią ćwiczenia uzupełnione o wnioski z punktu 11 i transmitancję z punktu 12.

## DODATEK 1

### IMPORT DANYCH DO PROGRAMU EXCEL 2013

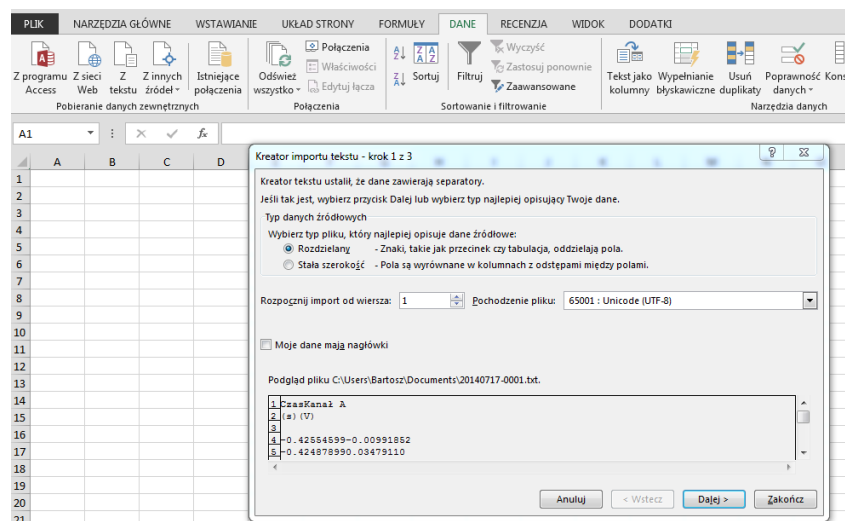
W uruchomionym programie należy ze wstążki **DANE** wybrać Pobieranie danych zewnętrznych **Z tekstu** oraz wskazać plik txt, który ma zostać zaimportowany.



## PODSTAWY AUTOMATYKI – LABORATORIUM

Pojawi się kreator importu tekstu należy kolejno wybrać **Dalej>>>Zaznaczyć tabulator>>>Dalej>>>Zakończ>>>OK**

Zaimportowane dane rozdzielone są kropką. W celu zamiany na przecinek wciskamy **ctrl+h** w polu znajdź wstawiamy kropkę a w polu zamień na przecinek i klikamy zamień wszystko.



Poprawnie zaimportowane dane wraz z opisem wyświetlają się w dwóch kolumnach.

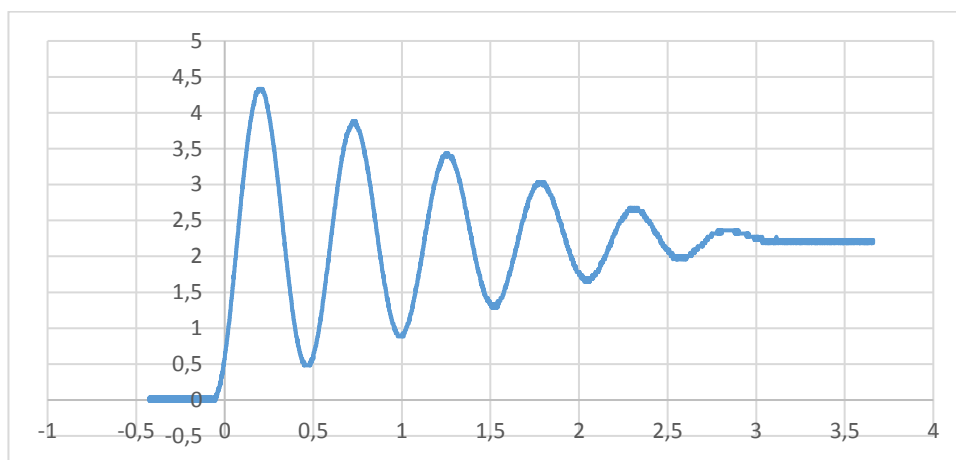
| Czas<br>(s) | Kanał A<br>(V) |
|-------------|----------------|
| -0,42554599 | -0,00991852    |
| -0,42487899 | 0,0347911      |
| -0,42421199 | -0,00991852    |

## PRZYGOTOWANIE WYKRESU W PROGRAMIE EXCEL

Z powyższych danych przygotowano wykres, zawierający błędy, których należy unikać.

Główne błędy wykresu zamieszczonego poniżej to:

18. Brak podpisu osi wraz z jednostkami.
19. Brak wyszczególnienia osi x i y oraz zakończenia ich grotami.
20. W przypadku większej ilości serii danych, należy umieścić legendę.
21. Należy przesunąć dane tak by początek pomiaru miał miejsce w punkcie 0. W tym przypadku rozpoczyna się w ujemnym czasie, co nie może być prawdą



## PRZYKŁAD DOBRZE ZROBIONYCH WYKRESÓW:

