



Podstawy Fizyki Elektryczność

Wiaczesław Szamow

Ćwiczenie 86A

***BADANIE ZJAWISKA ROZŁADOWANIA  
KONDENSATORA  
w programie Coach 6 Lite***

opr. tech. Mirosław Maś

Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny  
Siedlce 2020

## 1. Wstęp

W ćwiczeniu bada się szybkość rozładowania kondensatora, oraz wpływ tej szybkości na różniczkowanie przebiegu prostokątnego przez układ  $RC$ . Pomiary wykonuje się za pomocą konsoli pomiarowej a wyniki pomiarów przetwarzane są komputerowo przez program *Coach*. W skład zestawu laboratoryjnego wchodzi:

1. komputer *PC* z programem *Coach 6 Lite*
2. konsola pomiarowa *Coach Lab II<sup>+</sup>*
3. zasilacz do konsoli *XY-1201250-E*
4. przewód do połączenia konsoli z komputerem (z gniazdem USB)
5. czujnik napięciowy – *Differential voltage –10..+10V* typu *0210i*
6. opornik dekadowy *DO 5*
7. kondensator dekadowy *DK 50*
8. wyłącznik na przewodzie i trzy przewody zwykłe.

Zestaw komputerowy (konsola + oprogramowanie) *Coach* pracuje w środowisku *Windows*.

Przed rozpoczęciem ćwiczenia sprawdź, czy zestaw laboratoryjny jest kompletny.

Do ćwiczenia należy opanować następujące zagadnienia teoretyczne:

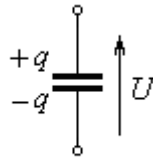
- funkcja wykładnicza
- pochodna funkcji
- napięcie elektryczne i natężenie prądu
- przebieg prostokątny i przebieg impulsowy
- kondensatory i pojemność elektryczna
- zjawisko rozładowania kondensatora
- stała relaksacji obwodu
- różniczkujący obwód  $RC$

**UWAGA:** *Należy przynieść ze sobą nośnik informacji do rejestracji wyników pomiarowych.*

*Konsola pomiarowa jest już podłączona do komputera przewodem 4.*

## 2. Zjawisko rozładowania kondensatora

Kondensator jest to układ dwóch przewodników (zwanymi okładkami) odizolowanych od siebie. Kształt okładek i własności dielektryka, który oddziela okładki mogą być różne.



Rys. 1

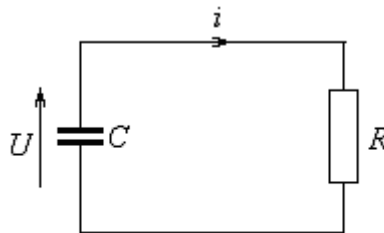
Kondensator posiada zdolność gromadzenia ładunku na swoich okładkach. Zgromadzony ładunek  $q$  jest proporcjonalny do napięcia  $U$  przyłożonego na okładki kondensatora

$$q = C U \quad (1)$$

gdzie stała proporcjonalności  $C$  nazywa się pojemnością kondensatora. Pojemność elektryczną w układzie jednostek  $SI$  mierzy się w faradach [F]. Zależy ona od konstrukcji samego kondensatora. Różniczkując wzór (1) względem czasu dostajemy związek

$$i = C \frac{dU}{dt}, \quad (2)$$

który wiąże natężenie prądu płynącego przez kondensator z szybkością zmian napięcia na kondensatorze. Jak widać z (2), kondensator przenosi dobrze przebiegi szybkozmiennne, a dla przebiegów wolnozmiennych pochodna napięcia jest bliska zero i prąd płynący przez kondensator jest znikomy. Jeżeli do naładowanego kondensatora  $C$  dołączymy opornik  $R$ , to kondensator zacznie się rozładowywać.



Rys. 2

Napięcia na kondensatorze i oporniku są takie same. Niech prąd płynący w obwodzie ma natężenie chwilowe  $i$ . Wykorzystując prawo Ohma i związek (2) mamy

$$i = \frac{U}{R} = -C \frac{dU}{dt}$$

gdzie uwzględniono fakt, że pochodna napięcia jest ujemna bo napięcie na kondensatorze maleje. Stąd

$$\frac{dU}{dt} = -\frac{U}{RC}$$

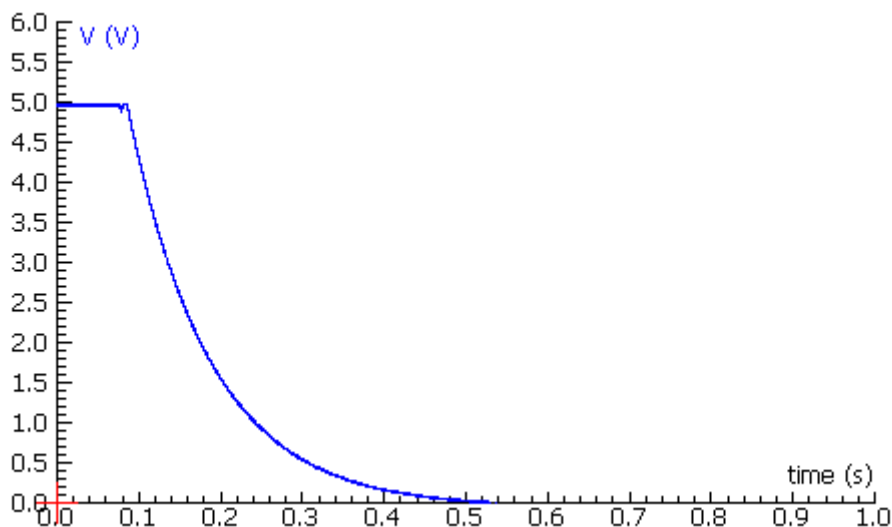
Jest to równanie różniczkowe zwyczajne 1-go rzędu. W równaniu tym należy znaleźć funkcję, której pochodna jest równa z dokładnością do czynnika mnożącego funkcji różniczkowanej. Rozwiązaniem jest oczywiście funkcja wykładnicza

$$U(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

gdzie  $U_0$  jest napięciem kondensatora w chwili początkowej  $t = 0$  tj. w chwili dołączenia opornika. Wielkość  $\tau = RC$  nazywa się stałą relaksacji obwodu – decyduje ona o szybkości rozładowania kondensatora. Wielkość odwrotna

$$b = \frac{1}{RC} \tag{3}$$

jest współczynnikiem tłumienia przebiegu. Teoretycznie proces rozładowania kondensatora trwa nieskończenie długo. W praktyce kondensator rzeczywisty jest rozładowany po czasie  $t \approx 10RC$ , bo czynnik  $e^{-10}$  jest małą liczbą rzędu  $10^{-4}$ . Napięcie na nim maleje przykładowo jak na wykresie niżej



Rys. 3

### 3. Przygotowanie do pomiarów

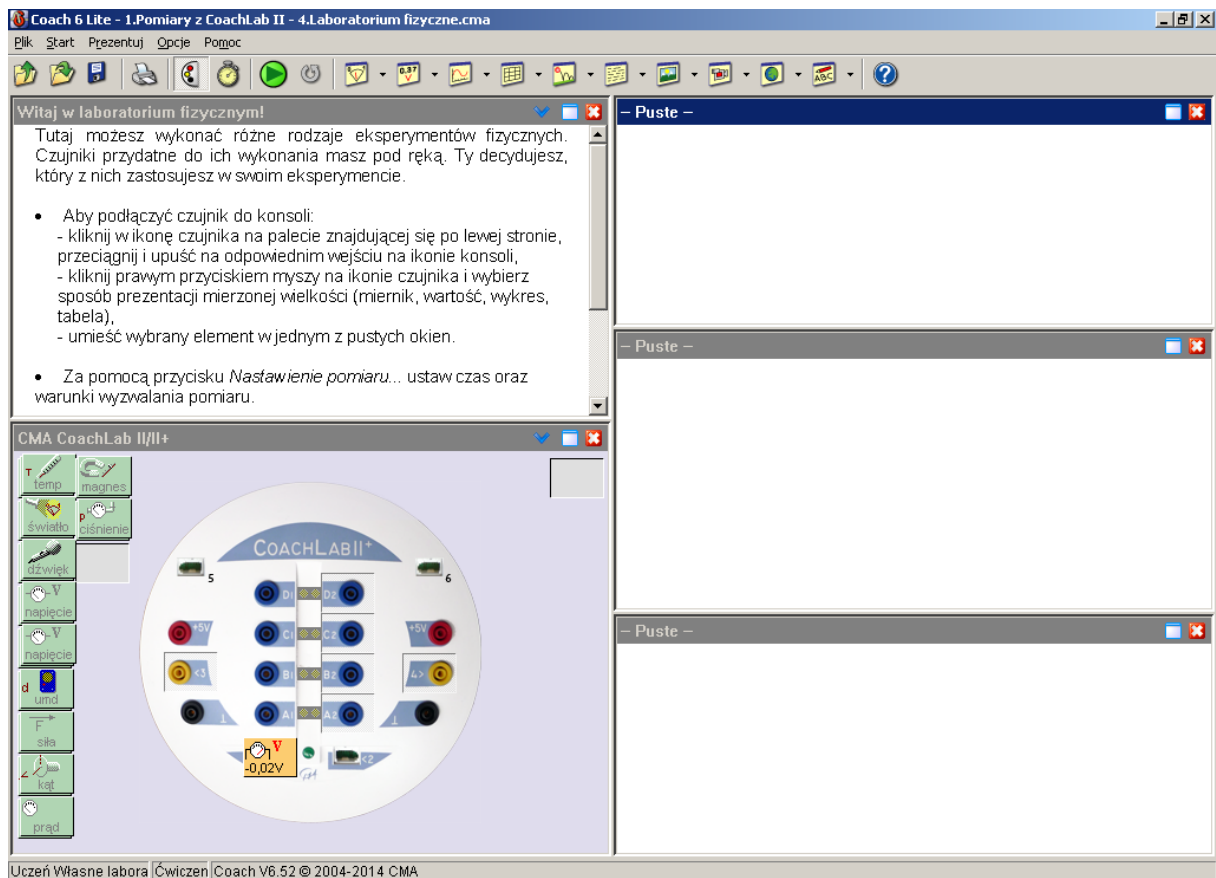
a. podłącz zasilacz do konsoli pomiarowej – po podłączeniu wyświetlają się kolejno 4 diody, a piąta zielona świeci stale. Uruchom komputer i utwórz plik Word potrzebny do rejestracji wyników pomiarowych.

b. uruchom program komputerowy *Coach 6 Lite*, klikając kolejno

*Start*→*Wszystkie programy*→*CMA Coach 6 Lite*→ *CMA Coach 6 Lite*

lub *ikonę na pulpicie*

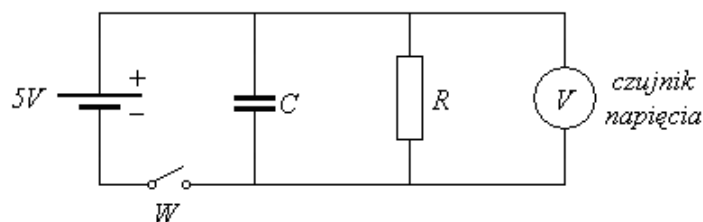
Ukaże się okno *Coach 6 Lite – CMA Coach Projects*, na pasku wybierz 2 ikonę. Po ukazaniu się okna *Otwórz ćwiczenie* kliknij 1 przycisk *CoachLab II*. W nowo-otwartym oknie wybierz *1.Pomiary z CoachLab II*, z listy wybierz *4.Laboratorium fizyczne*. Gdy konsola jest włączona i do konsoli przypięty jest czujnik zobaczymy ekran przedstawiony na rysunku poniżej.



Rys. 1

c. program samoczynnie zainstaluje czujnik napięcia i pokaże na jego ikonie wartość napięcia (około - 0,02V).

d. połącz obwód elektryczny jak na Rys. 5



Rys. 5

Nastaw  $R = 10\text{ k}\Omega$  i  $C = 2\mu\text{F}$ . Napięcie 5V bierzemy z konsoli pomiarowej.

**UWAGA:** *Przed sprawdzeniem obwodu przez prowadzącego zajęcia nie podłączaj tego napięcia do układu.*

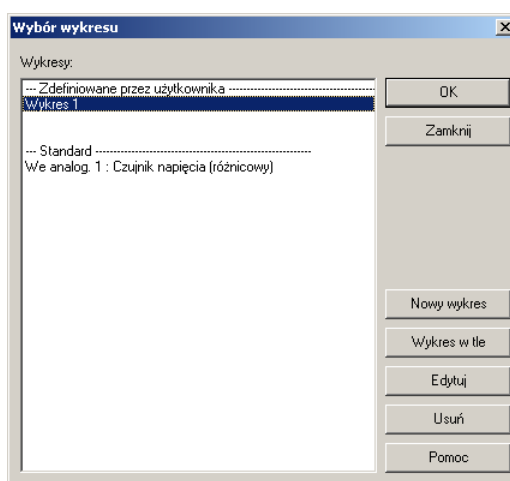
#### 4. Badanie zjawiska rozładowania kondensatora

Proces rozładowania kondensatora badamy dla trzech pojemności  $2\mu\text{F}$ ,  $5\mu\text{F}$  i  $10\mu\text{F}$ .

a. aby śledzić na wykresie proces rozładowania kondensatora kliknij lewym przyciskiem myszy na górnym pasku 3 żółtą ikonę (zaznaczona strzałką)

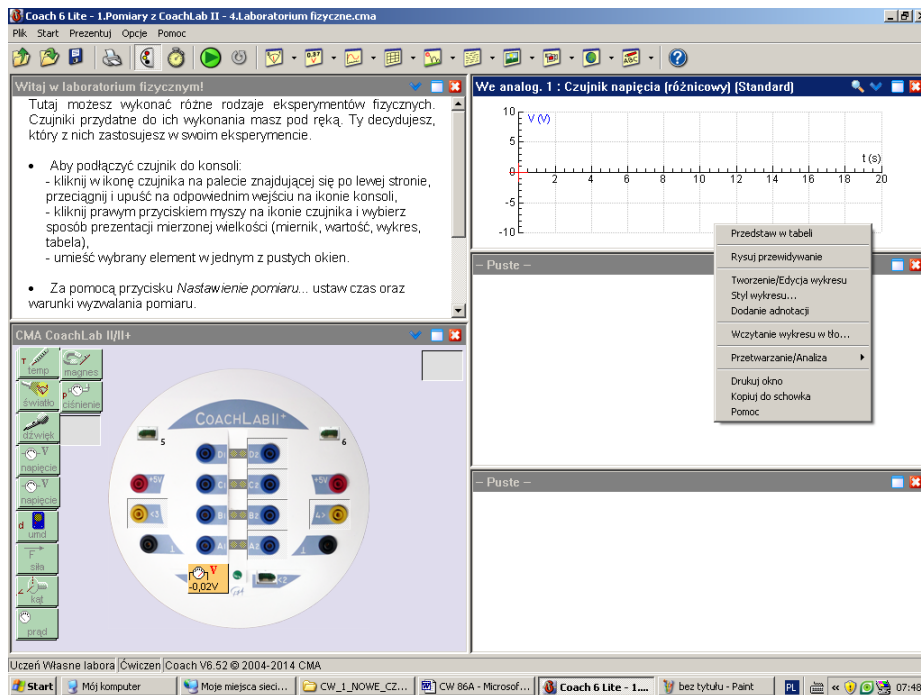


otworzy się okno (patrz poniżej) w którym wybieramy wykres *Standard* i potwierdzamy wybór naciskając przycisk *OK*.

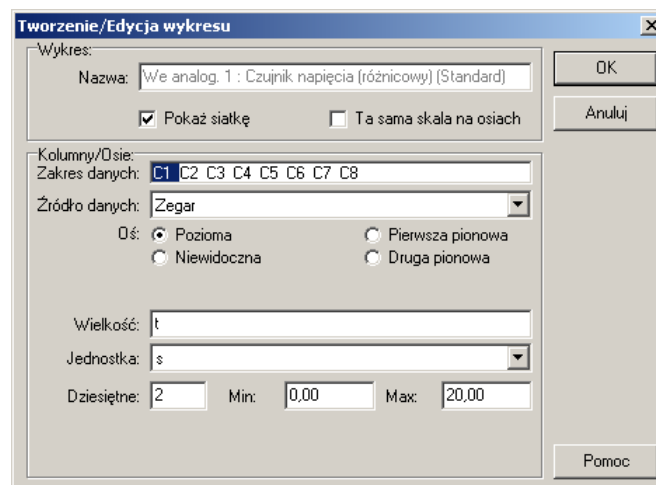


pojawiającą się miniaturkę wykresu umieszczamy na dowolnym 1 z trzech pól po prawej stronie ekranu.

- b. przesuając kursor myszki na pole z wykresem (zmienia się jej wygląd) a po naciśnięciu prawego przycisku pojawia się lista (patrz rysunek poniżej)



wybieramy opcję *Tworzenie/Edycja wykresu* pokazuje się okno

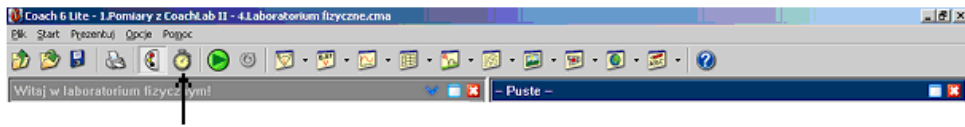


które służy do ustawiania pożądanych parametrów wykresu. Oznaczenia  $C1, C2, C3, \dots, C8$  w pasku *Zakres danych* pozwalają w jednym układzie współrzędnych umieścić do siedmiu różnych wykresów.  $C1$  zawsze określa oś poziomą, a pozostałe oznaczenia osie pionowe.  $C1$  to *Zegar* w okienku *Max* ustaw 1.00. Następnie kliknij  $C2$  w pasku *Źródło danych* wyświetli się:

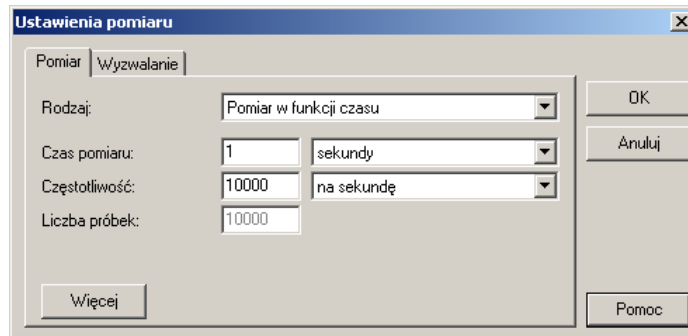
We analog 1 : Czujnik napięcia (różnicowy)

w rubryce *Min* ustaw 0.00. Kliknij OK. W polu pojawia się układ współrzędnych z czerwonym krzyżykiem.

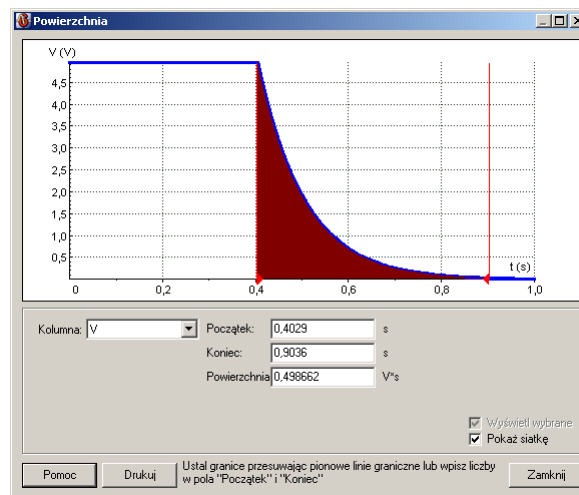
Aby ustawić dalsze parametry kliknij zaznaczoną strzałką ikonę na pasku narzędziowym (patrz rysunek).



W nowo-otwartym oknie *Ustawienia pomiaru* w rubryce *Czas pomiaru* wstaw 1, a w rubryce *Częstotliwość* liczbę 10000 i kliknij OK.



- c. teraz można już przystąpić do badania napięcia rozładowania kondensatora. Włącz wyłącznik *W*, który podaje napięcie 5V na kondensator – wówczas czerwony krzyżyk w układzie współrzędnych powinien znaleźć się na wysokości 5.0V. Aby przeprowadzić pomiar należy najpierw kliknąć zielony przycisk *Start* w pasku narzędziowym *Coacha* i prawie natychmiast wyłączyć wyłącznik *W* odcinający zasilanie. Z uwagi na krótki czas pomiaru (1 sekunda) czynności te wymagają pewnej wprawy. Wykres, który pojawi się w układzie współrzędnych skopiuj do swojego pliku tekstowego. W tym celu kliknij prawym przyciskiem myszy wykres, wybierz opcję *Kopiuj do schowka* a następnie użyj skrótu *Ctrl +v*. Skopiowany wykres odpowiednio nazwij.
- d. aby wyznaczyć pole pod krzywą rozładowania, kliknij prawym przyciskiem myszy wykres i wybierz opcję *Przetwarzanie/Analiza* a następnie *Obszar*. Ustaw znaczniki na początku i na końcu krzywej rozładowania jak na planszy niżej. Wartość *Powierzchnia* jest szukany polem.





- e. aby przeanalizować wykres klikamy go prawym przyciskiem myszy i wybieramy opcję *Przetwarzanie/Analiza*, a następnie *Dopasowanie funkcji*. W otwartym oknie z listy *Rodzaj funkcji* wybieramy funkcję wykładniczą

$$a \text{ Exp } (bx) + c$$

w oknie *Współczynniki* wartość parametru  $c$  ustaw na 0 i tak dobierz parametr  $b$ , aby funkcja fitująca najlepiej pokryła się z wykresem. Wykres funkcji fitującej można przesuwac myszą. Zanotuj wartość parametru  $b$ . Aby wyjść z okna kliknij przycisk *Anuluj*

- f. powtórz wyżej opisane czynności dla innych pojemności, podpisz następane wykresy właściwymi nazwami.

## 5. Opracowanie wyników

1. oblicz ładunki zgromadzone na kondensatorach ze wzoru i z wykresu, dzieląc pola pod krzywymi rozładowania przez opór  $R = 10k\Omega$ . Oszacuj błędy dla ładunków teoretycznych.
2. oblicz ze wzoru współczynniki tłumienia  $b$  przebiegów i oszacuj błędy.
3. wyniki teoretyczne i doświadczalne porównaj w formie tabeli

	$b_1$ [1/s]	$b_2$ [1/s]	$b_3$ [1/s]	$q_1$ [ $\mu C$ ]	$q_2$ [ $\mu C$ ]	$q_3$ [ $\mu C$ ]
wynik dośw.						
wynik teor.						

Tab. 1

i wyciągnij wnioski. Znaki przy współczynnikach tłumienia pomiń.

## Literatura

- [1] S. Osowski, K. Siwek, M. Śniadek, *Teoria obwodów*, OWPN, Warszawa 2006
- [2] M. Rusek, J. Pasierbiński, *Elementy i układy elektroniczne w pytaniach i odpowiedziach*, WNT, Warszawa 2006
- [3] R. Resnik, D. Holliday, J. Walker *Podstawy fizyki*, tom 3, PWN, Warszawa 2003
- [4] Wprowadzenie do Laboratorium Podstaw Elektroniki.