



**Faculty of Electrical  
Engineering**

WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

# Współczynnik opadania (droop rate) w pomiarze cęgami prądowymi

*Michał Borecki, Jan Sroka*

**Warsaw University  
of Technology**



# Plan Prezentacji

1. Założenia do pomiarów sondą prądową
2. Błąd systematyczny przy pomiarze sondą prądową
3. Współczynnik opadania
4. Wnioski na podstawie pomiarów cęgami Pearsona i cewką Rogowskiego



# Założenia

- Impuls prądu udarowego o parametrach 8/20  $\mu$ s zgodnie z normą EN 61000-4-5 oraz EN 61000-4-9

- Trzy rodzaje sondy prądowej Pearsona:

- 110A

- 1423

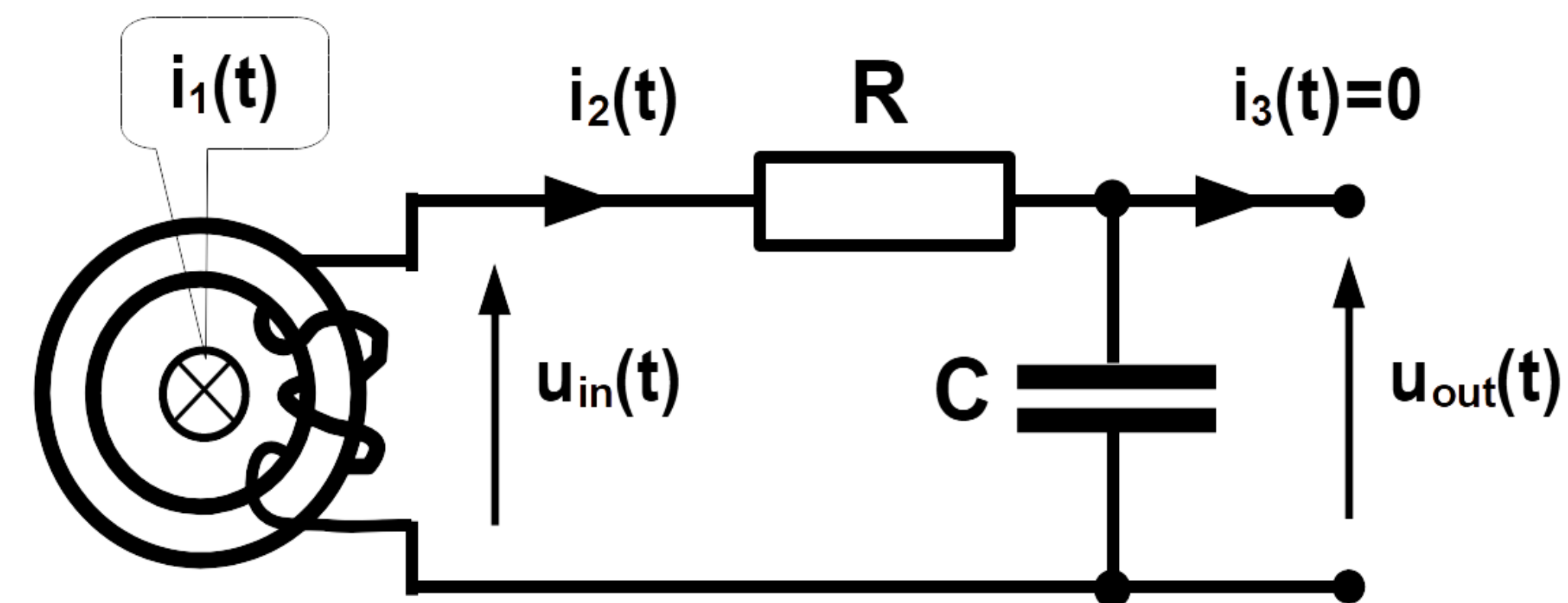
- 6600

- Dwa rodzaje cewki Rogowskiego



# Błąd systematyczny przy pomiarze sondą

4



$$u_{in}(t) = M \frac{d}{dt} i_1(t) \quad (1)$$

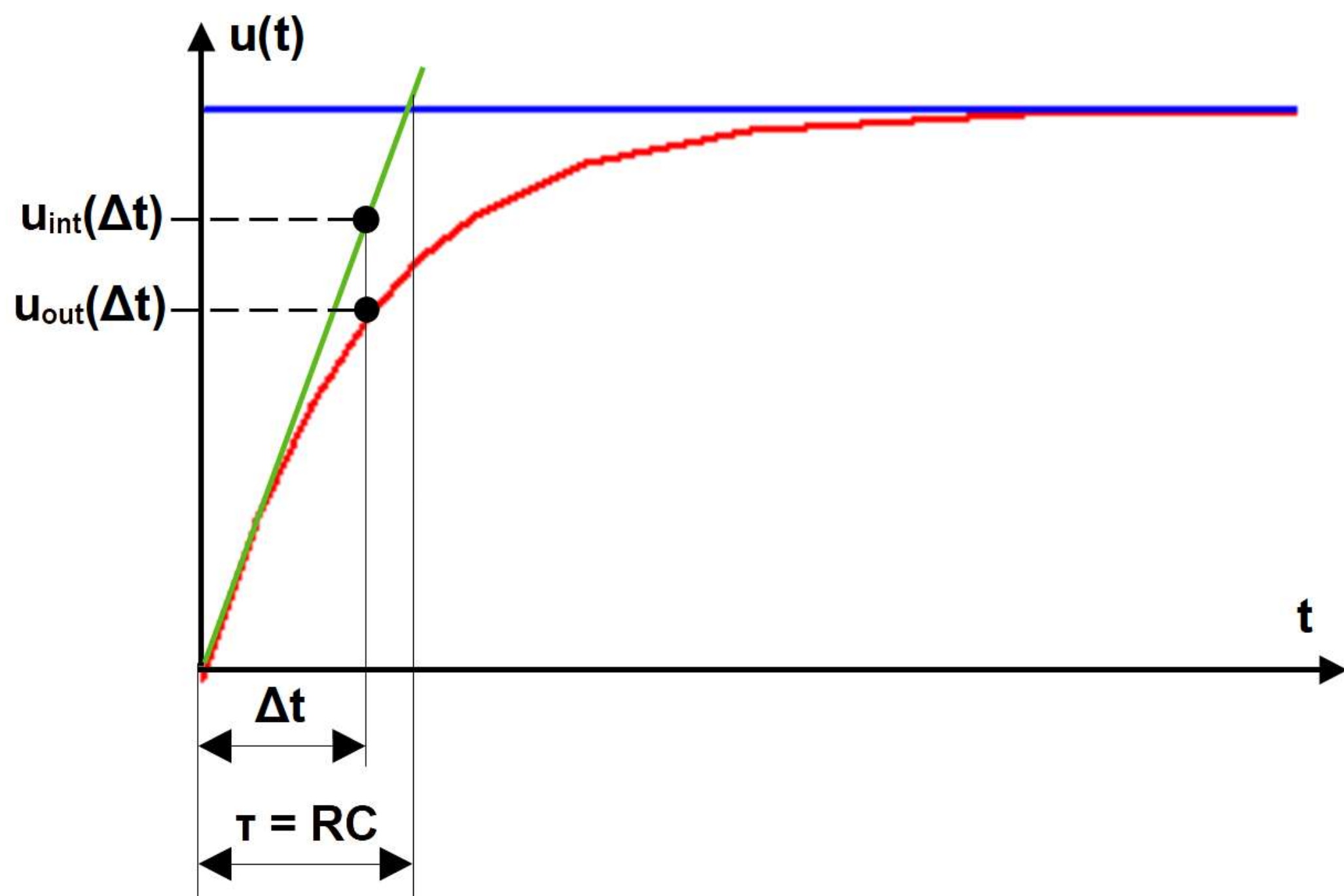
$$u_{out}(t) = \frac{1}{C} \int i_2(t) dt \quad (2)$$

$$i_2(t) R = u_{in}(t) - u_{out}(t) \quad (3)$$

Czułość  $s$  [V/A]

$$u_{out}(t) = \frac{M}{RC} i_1(t) - \frac{1}{RC} \int u_{out}(t) dt \quad (4)$$

# Współczynnik opadania, a stała czasowa

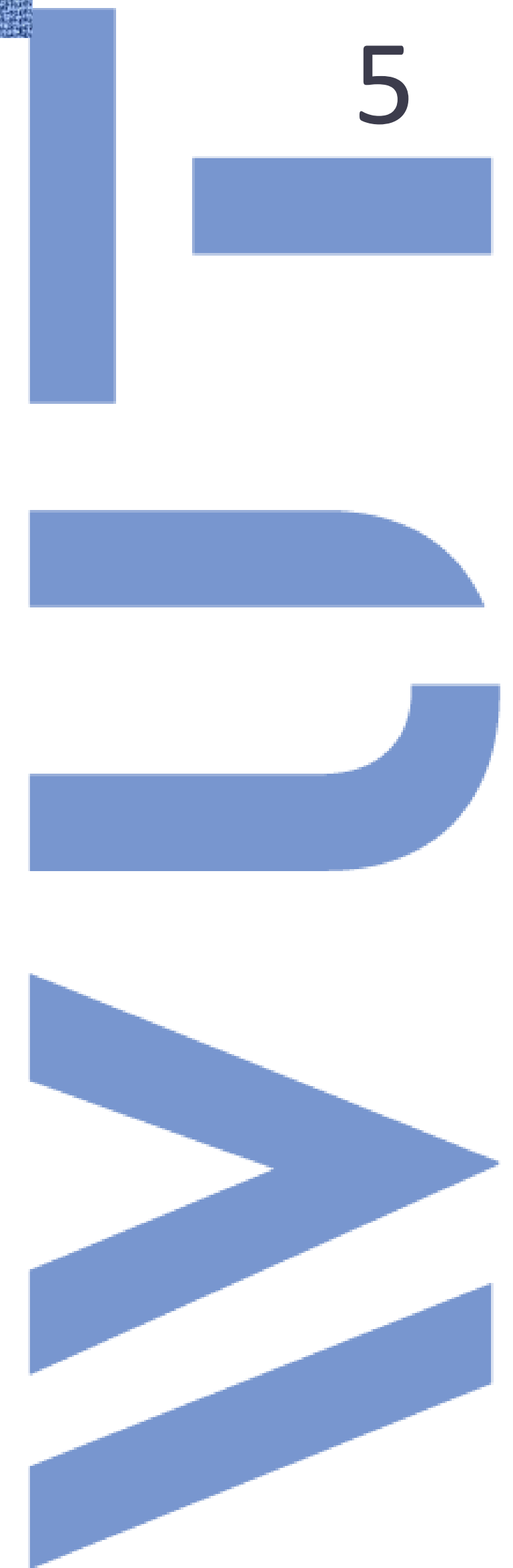


Rozbieżność po czasie  $\Delta t$  między integratorem idealnym, a integratorem pasywnym zbudowanym z obwodu RC

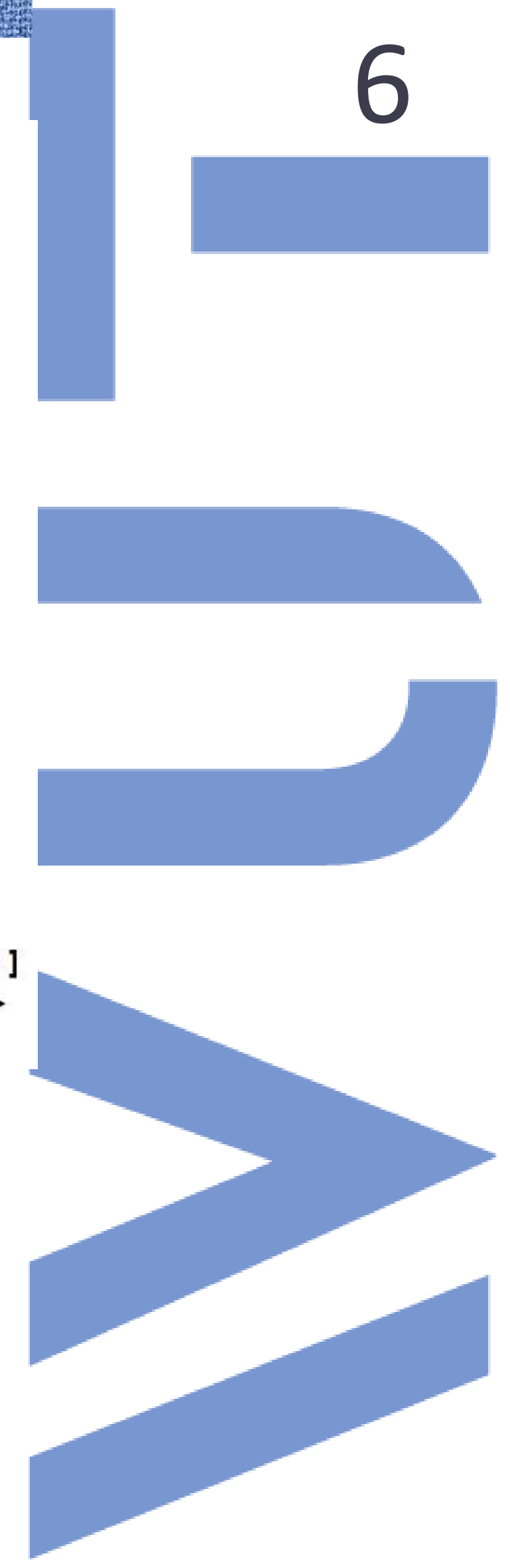
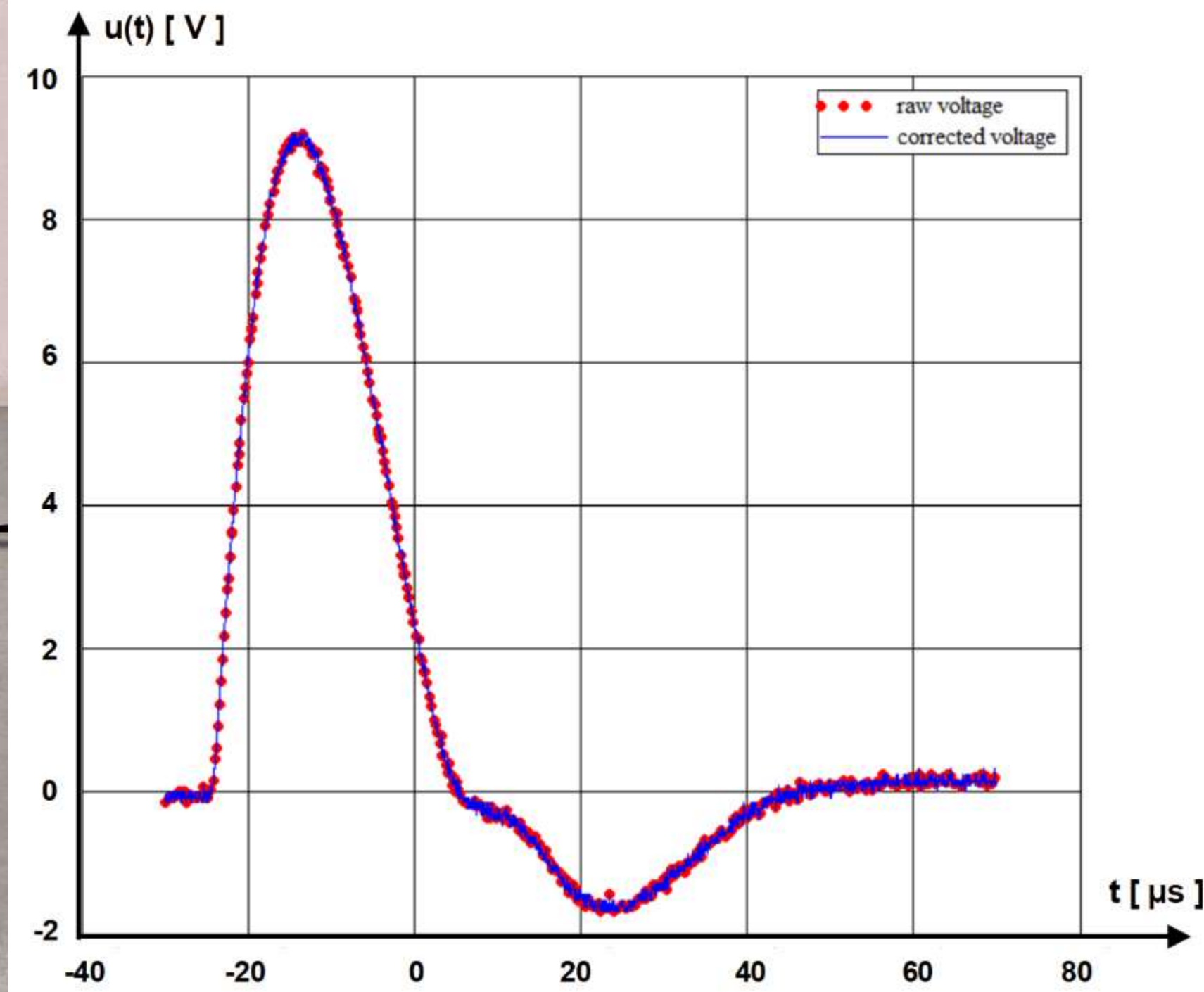
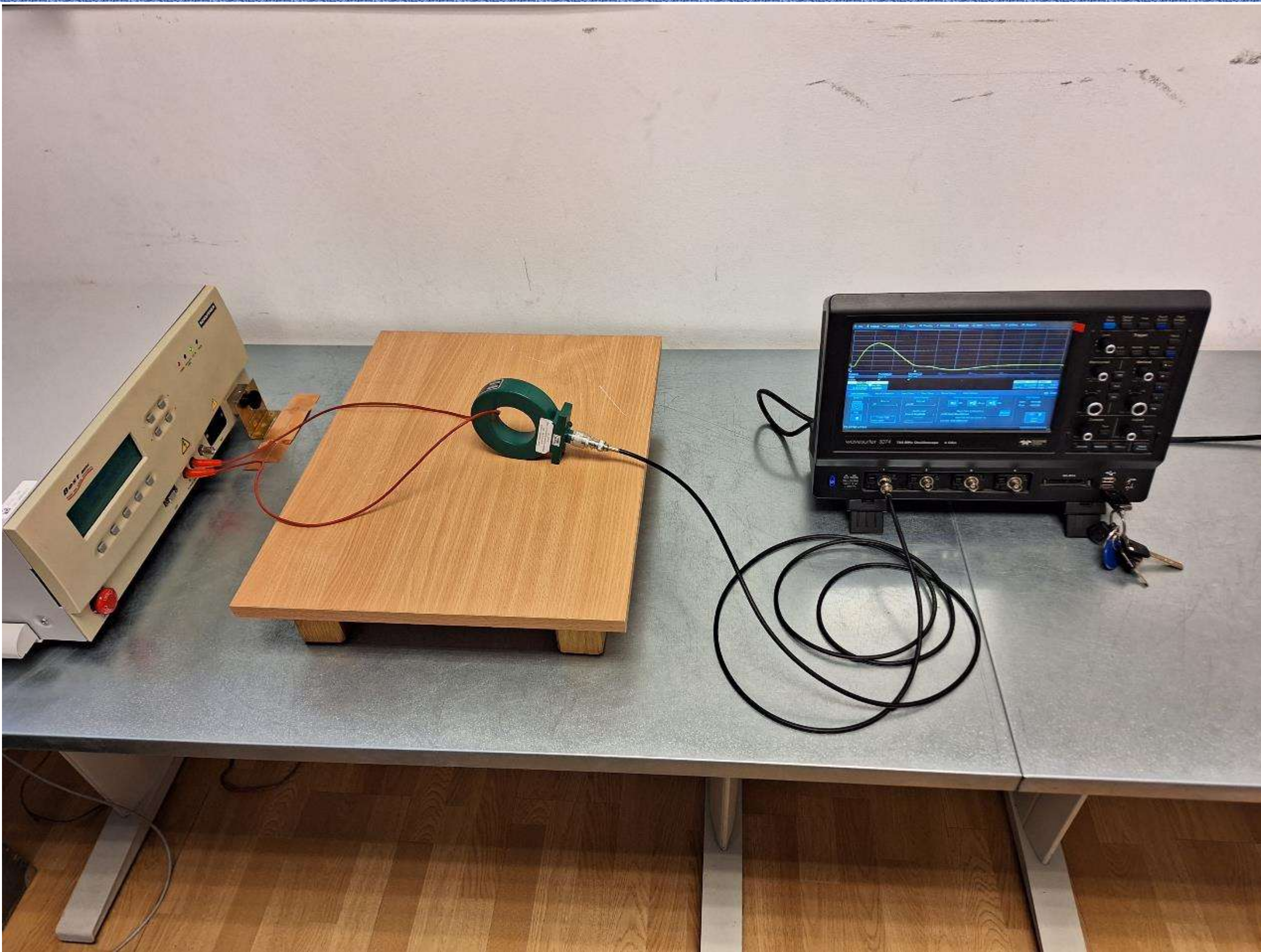
$$d(\Delta t) = \frac{u_{\text{int}}(\Delta t) - u_{\text{out}}(\Delta t)}{u_{\text{out}}(\Delta t)} \quad (5)$$

Zależność między współczynnikiem  $d$ , chwilą  $\Delta t$ , i stałą czasową  $RC$  uzyskuje się z rozwiązania następującego równania, w którym  $x = \Delta t/RC$

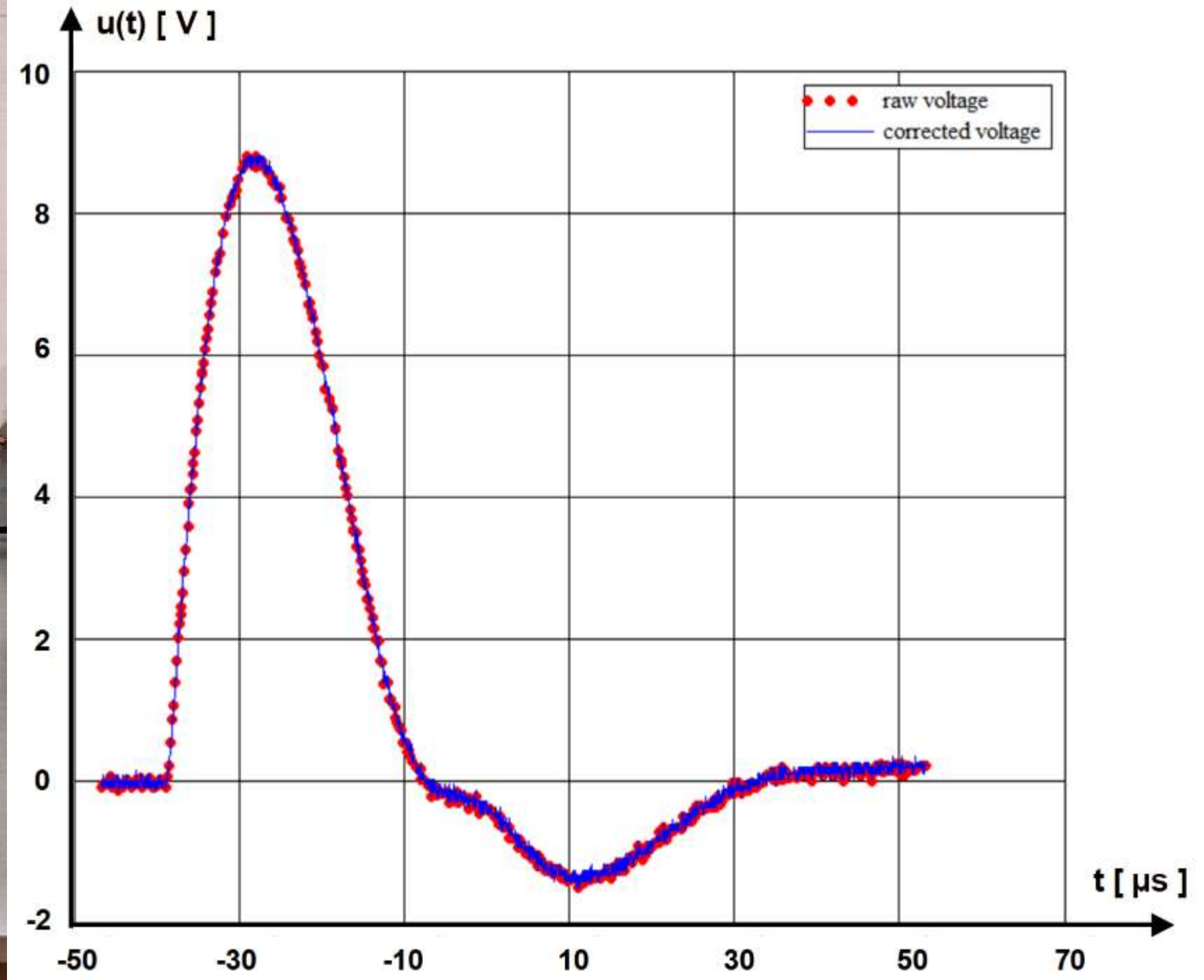
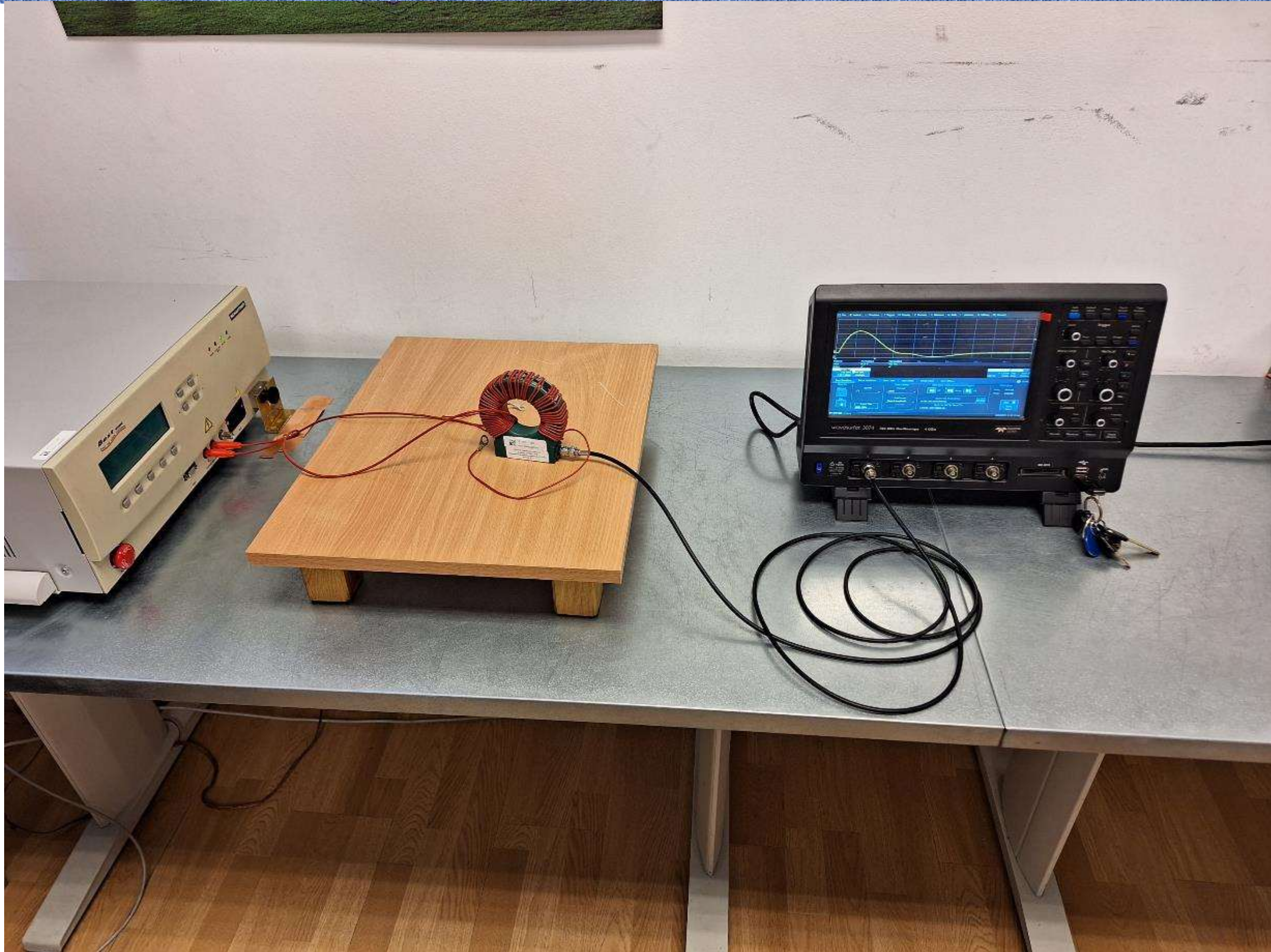
$$\ln(1+d-x) = \ln(1+d) - x \quad (6)$$



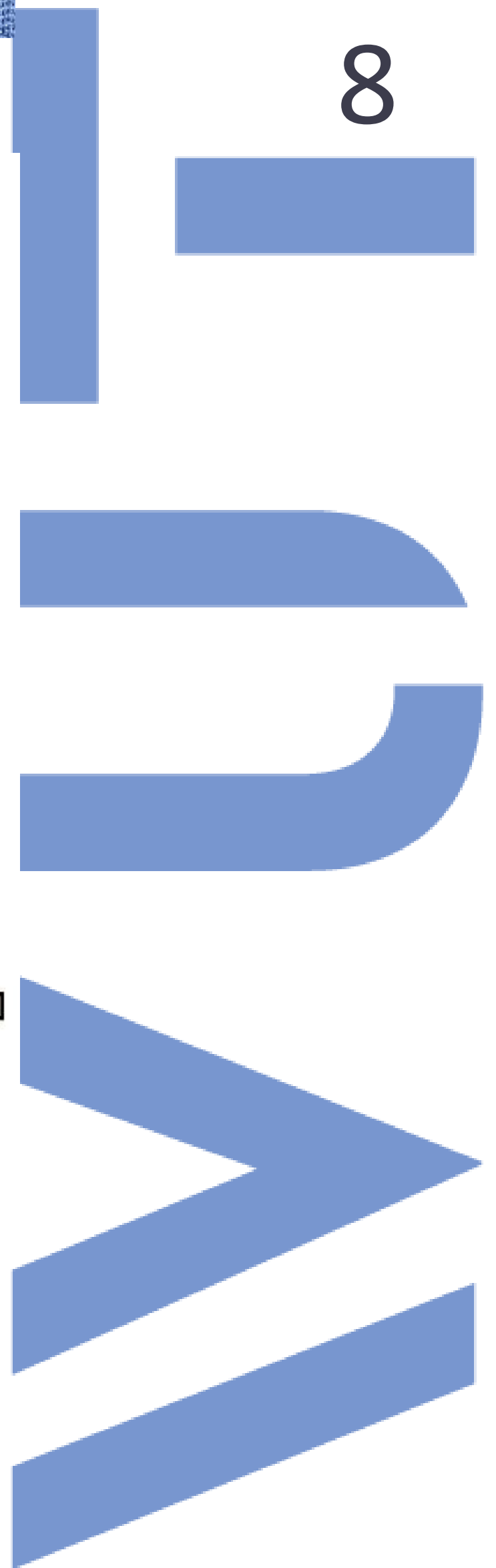
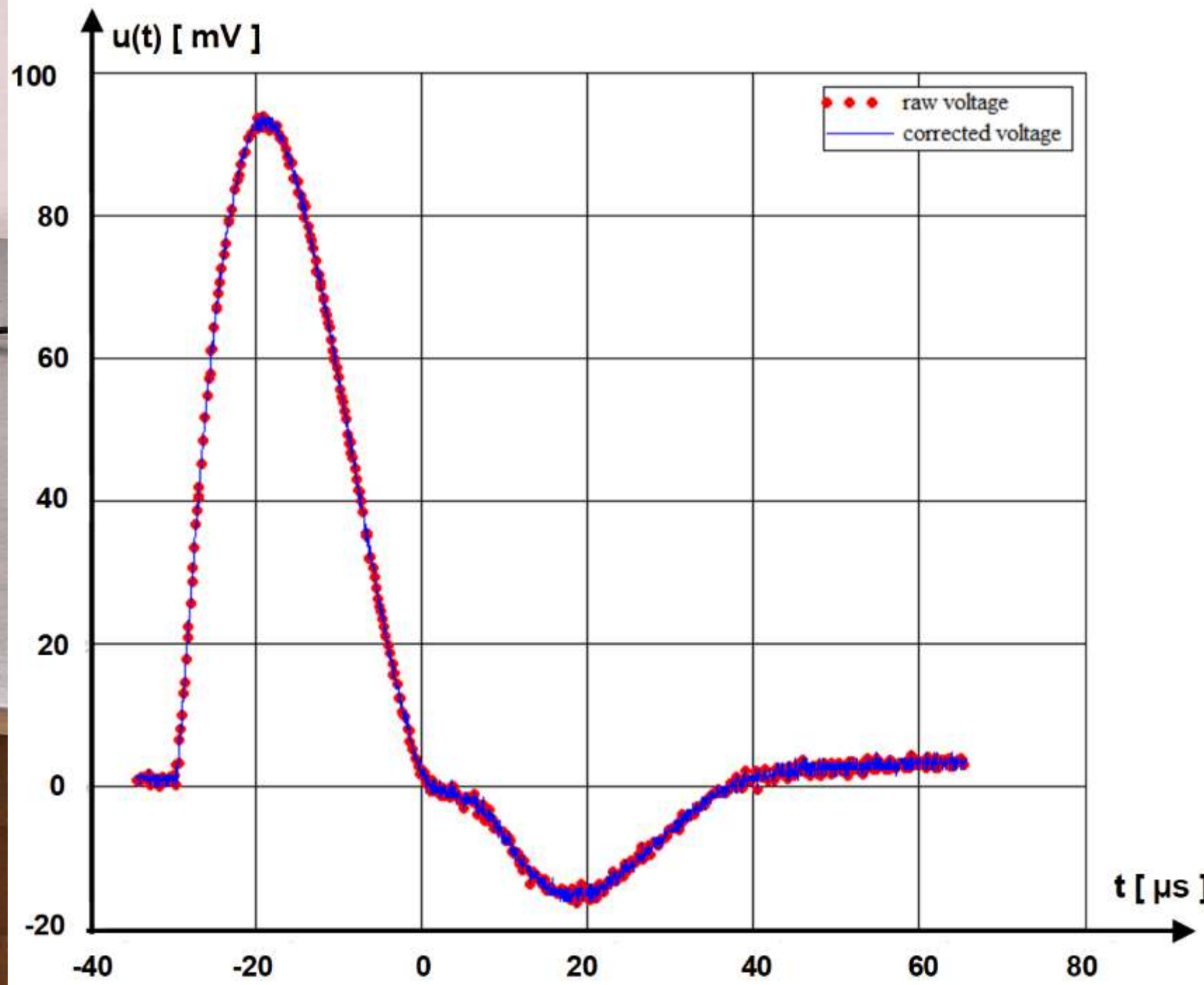












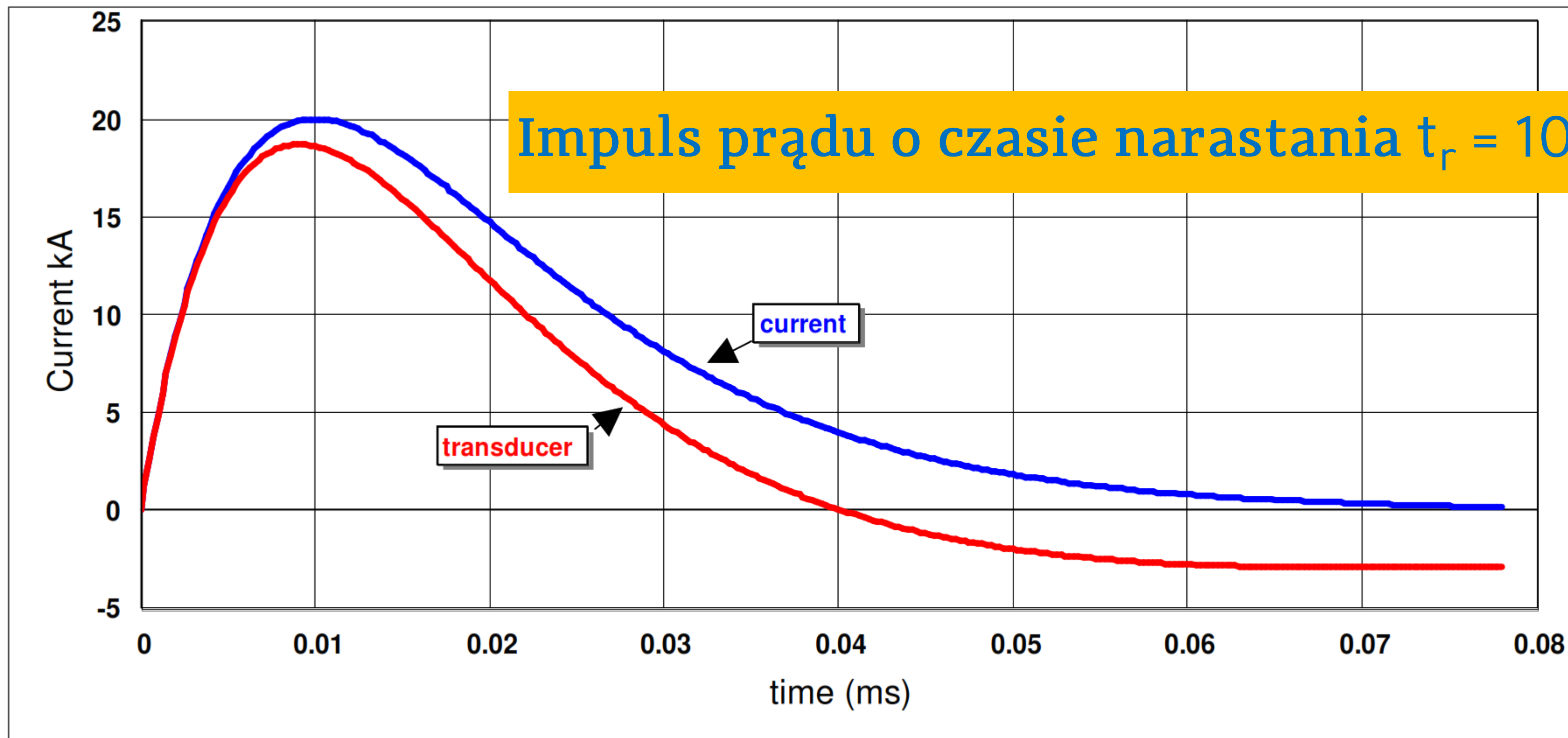


# Wnioski w zakresie pomiarów cęgami Pearsona

9

Typ cęgów	Czułość $s$ [V/A]	Współczynnik opadania $d(\Delta t)/\Delta t$	Pasmo przenoszenia	Stała czasowa RC	Błąd systematyczny [mA]	Wartość szczytowa [A]
6600	0.1	0.02 %/ $\mu$ s	40 Hz – 120 MHz	2.5 ms	29	88.287
110A	0.1	0.8 %/ms	1 Hz – 20 MHz	62.67 ms	12	92.012
1423	0.001	0.7 %/ms	1 Hz – 0.7 MHz	71.59 ms	10	90.409

# Cewka Rogowskiego RC = 100 $\mu$ s



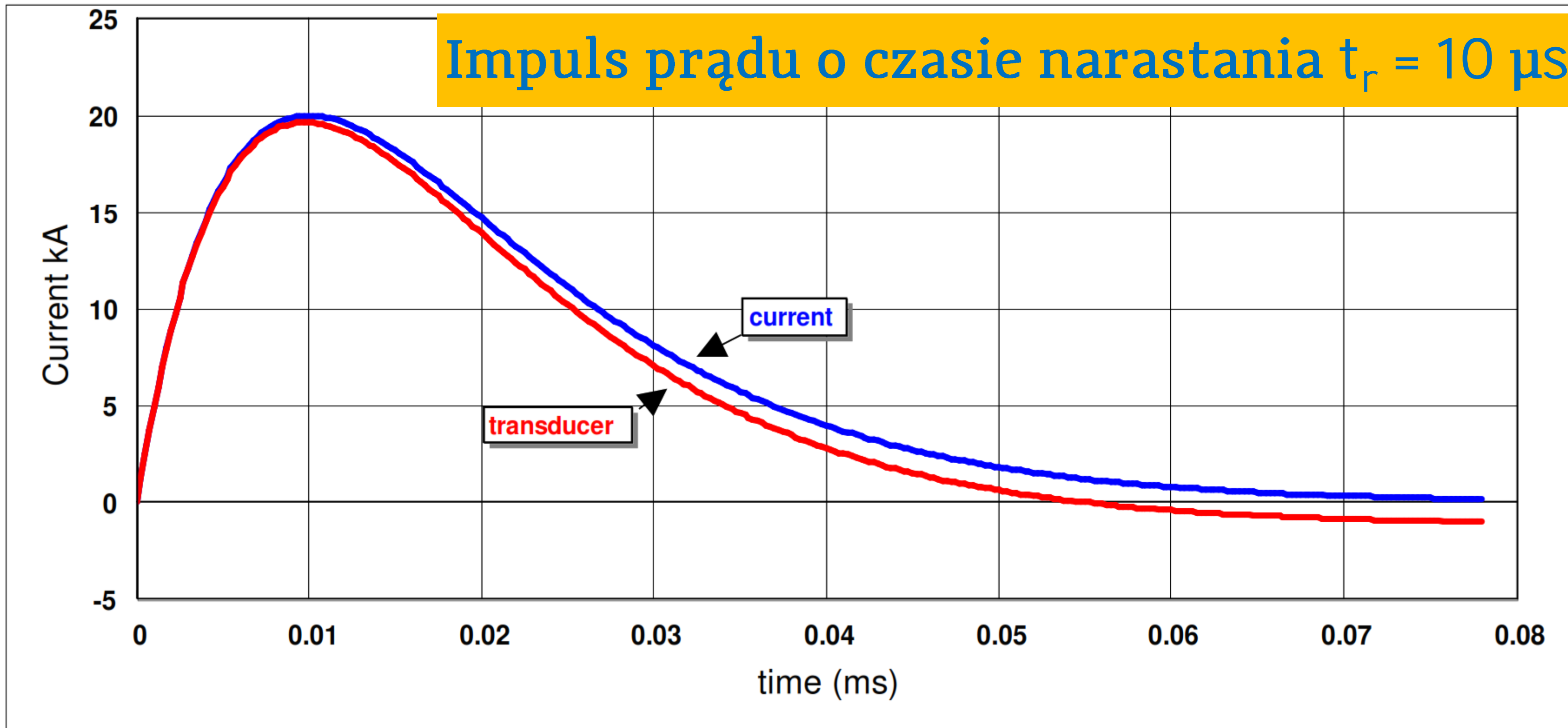
Błąd wartości szczytowej wynosi 6.9%





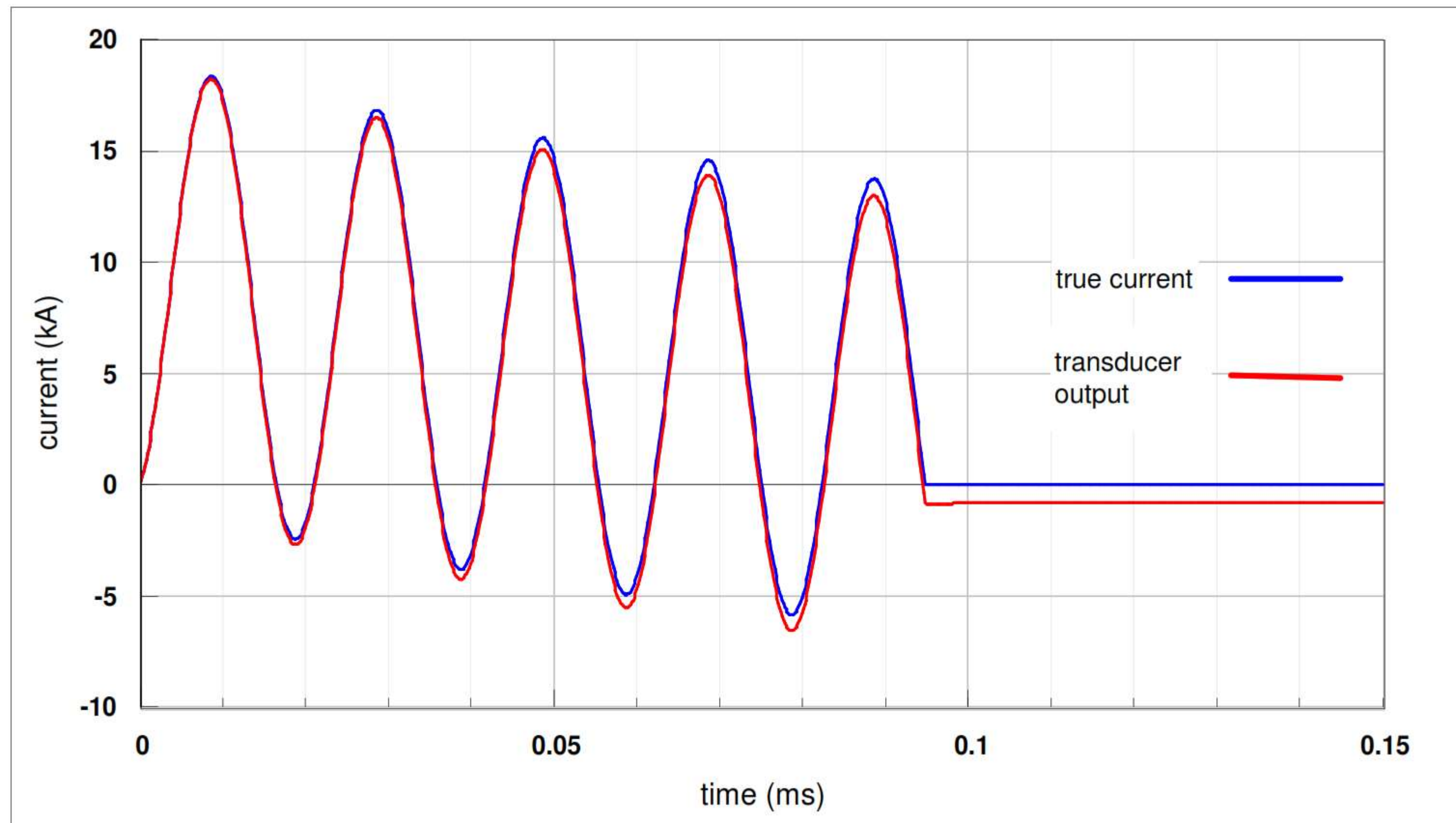
# Cewka Rogowskiego RC = 400 $\mu$ s

11

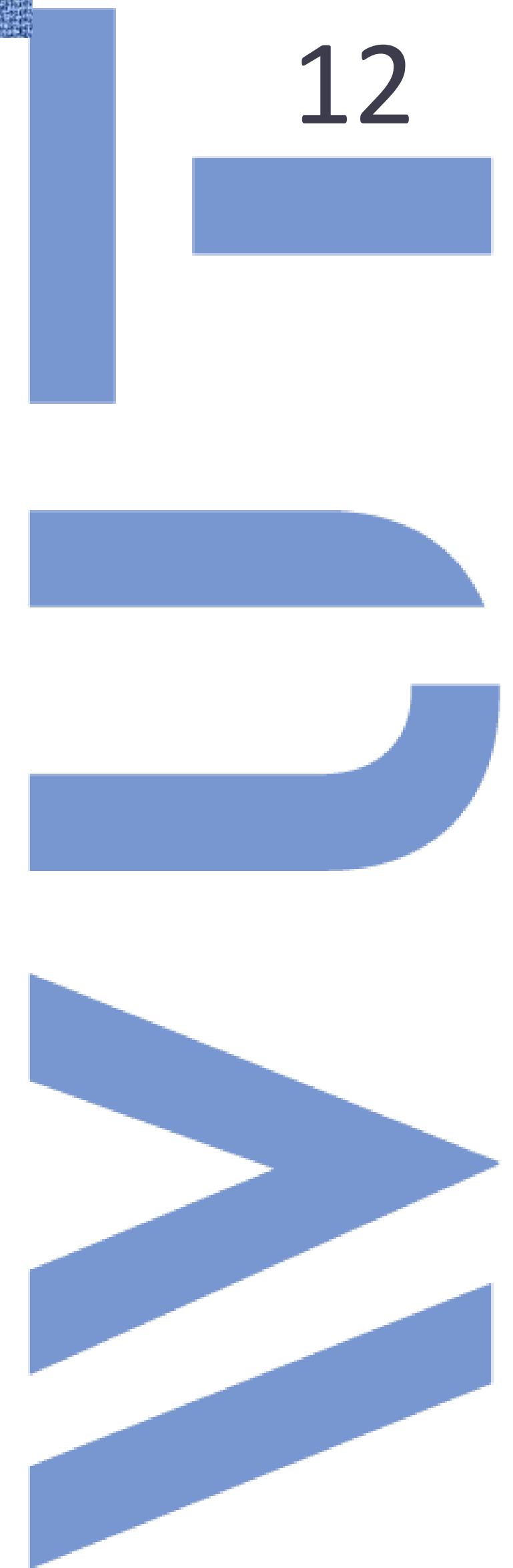


Błąd wartości szczytowej wynosi 1.8 %

# Stan nieustalony w przebiegu 50 Hz



**Wyraźny efekt Off-set wynikający z kumulacji błędu**





- Błąd systematyczny wynikający ze współczynnika opadania cewek Pearsona jest do pominięcia przy pomiarze impulsu  $8/20 \mu\text{s}$ .
- W przypadku cewek Rogowskiego należy uwzględniać błąd systematyczny wynikający ze współczynnika opadania, jeżeli stała czasowa cewki jest mniejsza niż  $2.5 \text{ ms}$ .

13





**Faculty of Electrical  
Engineering**

WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**Dziękujemy za uwagę**

**Warsaw University  
of Technology**

