

# 1 Zadání

A. Změřte čtyři lineární odpory:

- a) Ohmovou metodou
  - 1) pro malé odpory
  - 2) pro velké odpory
- b) substituční metodou
- c) srovnávací metodou
- d) číslicovým ohmetrem
- e) Wheatstoneovým můstkem (na přípravku)
- f) pomocí improvizovaného přímoukazujícího ohmetru s lineární stupnicí

U všech použitých metod a měření určete číselně celkovou chybu měření ve formě celkové relativní chyby[%]. Celkovou chybu stanovte jako tzv. *kvalifikovaný odhad součtrem jednotlivých složek relativní chyby*, tj. chyba metody plus chyba měřících přístrojů plus chyba náhodná (zanedbáme).

B. Změřte na proměnném odporu:

- a) Závislost odporu logaritmického potenciometru na úhlu natočení jezdce  $R = f(\alpha)$ .
- b) Závislost souběhu (v dB) obou drah trandemového potenciometru  $s = f(\alpha)$ .

Obě závislosti vynesete do grafu.

C. Změřte voltampérové charakteristiky nelineárních odporů:

- a) Žárovky
- b) Termistoru
- c) Změřte teplotní závislost odporu termistoru v rozsahu 20°C až 100°C.

V závislostech podle bodů Ca a Cb určete graficky diferenciální odpor  $R_d$  měřeného objektu ve vhodně zvoleném pracovním bodě. Změřené hodnoty vynesete do grafů

Porovnejte své naměřené výsledky s teoreticky předpokládanými hodnotami. U bodu A porovnejte výsledky a chyby všech měření a vyvoďte z toho patřičné závěry, zejména pro vhodnost použitých měřících metod v jednotlivých případech. Na základě těchto závěrů se úpokuste stanovit kritéria pro volbu vhodné měřícího zařízení podle vlastností měřeného objektu. (zejména hodnoty odporu), požadavků na přesnost měření a dostupného vybavení laboratoře.

## 2 Popis měřeného předmětu

V části A byly měřeny čtyři neznámé rezistory blíže nedefinovaného typu.

V části B byl měřeným předmětem potenciometr (typ TP 281 10k/6) zabudovaný v přípravku s logaritmickým průběhem odporu. Tento potenciometr je tandemový a na přípravku je vyvedeno jeho všech šest vývodů. V příkladu Ba byla měřena jen jeho polovina (tj. jako jednoduchý potenciometr) a v druhé část téhož příkladu byly měřeny obě odporové dráhy.

V části Ca byla měřena žárovka typu Tesla S6V 0,05A. V části Cb a Cc termistor řady NR15, jehož odpor při teplotě 20°C je 4,25kΩ. Provozní teplota tohoto termistoru je -60°C až +200°C a maximální přípustné trvalé zatížení je 30mW.

## 3 Schéma zapojení

Aa1. Ohmova metoda pro malé odpory

Aa2. Ohmova metoda pro velké odpory

Ab. Substituční metoda

Ac. Srovnávací metoda

Ae. Wheatstoneovým můstkem

Af. Improvizovaný ohmmetr

Ca, Cb. Měření voltampérové charakteristiky

Cc. Závislost odporu termistoru na teplotě.

## 4 Seznam použitých přístrojů

Označení	Druh přístroje	Typ přístroje	Ev.č.
Z	Stejnoseměrný laboratorní zdroj	2229	PEMB 1/256
R	Odporový normál	—	PEMB 1/59-2
R	Odporový normál	—	PEMB 1/59
R	Odporový normál	—	PEMB 1/60-1
NI	Ručičkový voltmetr	PU500	PEMB 1/2
$R_N$	Odporová dekáda	XL6	v.č.: 6762865
$R_N$	Odporová dekáda	Type RDN	PEMB 1/276
$R_N$	Odporová dekáda	P33	PEMB 1/82
V, $V_1$	Multimetr	G 1004,501	PEMB 1/122
A, $V_2$	Multimetr	G 1004,501	PEMB 1/123
$\Omega$	RLCG-Metr		PEMB 1/126

## 5 Naměřené a vypočtené hodnoty

### Aa1. Měření odporu ohmovou metodou pro malé odpory

R	U [V]	I [A]	R [ $\Omega$ ]
$R_{X1}$	15,05	$14,1 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^6$
$R_{X2}$	1,366	1,324	1,03
$R_{X3}$	15,0	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^6$
$R_{X4}$	15,99	$0,91 \cdot 10^{-3}$	$17,58 \cdot 10^3$

Příklad výpočtu ( $R_{X1}$ ):

$$R = \frac{U}{I} = \frac{15,05V}{14,4\mu A} = 1M\Omega$$

### Aa2. Měření odporu ohmovou metodou pro velké odpory

R	U [V]	I [A]	R [ $\Omega$ ]
$R_{X1}$	16,0	$13,5 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^6$
$R_{X2}$	1,472	1,045	1,4
$R_{X3}$	16,0	$7,3 \cdot 10^{-6}$	$2,19 \cdot 10^6$
$R_{X4}$	16,0	$0,882 \cdot 10^{-3}$	$18,14 \cdot 10^3$

Příklad výpočtu ( $R_{X1}$ ):

$$R = \frac{U}{I} = \frac{16V}{13,5\mu A} = 1,1M\Omega$$

### Ab. Měření odporu substituční metodou

R	R [ $\Omega$ ]
$R_{X1}$	mimo rozsah
$R_{X2}$	0,7
$R_{X3}$	mimo rozsah
$R_{X4}$	$18,0 \cdot 10^3$

### Ac. Měření odporu srovnávací metodou

R	R [ $\Omega$ ]
$R_{X1}$	$1,08 \cdot 10^6$
$R_{X2}$	1,1
$R_{X3}$	mimo rozsah
$R_{X4}$	$18,01 \cdot 10^3$

**Ad. Měření odporu číslicovým ohmmetrem**

R	R [ $\Omega$ ]
$R_{X1}$	$1,188 \cdot 10^6$
$R_{X2}$	0,981
$R_{X3}$	$2,1 \cdot 10^6$
$R_{X4}$	$18,0 \cdot 10^3$

**Ae. Měření odporu Wheatstonovým můstkem**

R	$R_2[\Omega]$	$R_3[\text{k}\Omega]$	$R_4[\text{k}\Omega]$	$R_x[\Omega]$
$R_{X1}$	$84,11 \cdot 10^3$	100,0	10,0	$841,10 \cdot 10^3$
$R_{X2}$	1,0	32,3	40,0	0,80
$R_{X3}$	$111,1 \cdot 10^3$	40,0	10,0	$444,40 \cdot 10^3$
$R_{X4}$	102,3	10,0	60,0	$17,05 \cdot 10^3$

Příklad výpočtu ( $R_{X1}$ ):

$$R_1 = R_X = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_4} = 84,11 \cdot 10^3 \cdot \frac{100 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} = 841,1 \text{ k}\Omega$$

**Af. Měření odporu pomocí improvizovaného ohmmetru**

$R_X[\Omega]$	$\alpha[\text{díł}]$
0	10,0
100	9,8
500	9,2
1k	9,0
2,5k	8,2
5k	7,9
7,5k	6,21
10k	5,5
25k	3,58
50k	1,85
75k	1,6
100k	1,1

R	$\alpha[\text{díł}]$	R [ $\Omega$ ]
$R_{X1}$	0,0	mimo rozsah
$R_{X2}$	10,0	$\doteq 0$
$R_{X3}$	0,0	mimo rozsah
$R_{X4}$	4,6	$18 \cdot 10^3$

### A. Kvalifikovaný odhad celkové chyby měření

	$R_{X1}$	$R_{X2}$	$R_{X3}$	$R_{X4}$
$R_{jm} [\Omega]$	1,2M	1	2,2M	1,8k
ohmmet. malé R [%]				
ohmmet. velké R [%]				
Subst. proud. [%]				
Srovn. nap. [%]				
Wheat. m. [%]				
Improv. ohmm. [%]				
RLCG [%]				

Příklad výpočtu (ohm.m,  $R_{X1}$ ):

$$\delta_X = \frac{R_N - R_S}{R_S} \cdot 100 =$$

### Ba. Měření závislosti odporu logaritmického potenciometru TP 281 10k/6 na natočení jeho rotoru

$\alpha [\text{deg}]$	R [k $\Omega$ ]
40	0,32
80	0,85
120	1,43
160	2,224
200	4,1
240	7,1
280	8,1

### Bb. Měření souběhu tandemového logaritmického potenciometru TP 281 10k/6

$\alpha$	$R_1 [\text{k}\Omega]$	$R_2 [\text{k}\Omega]$	r [dB]
40	0,95	0,9	0,47
80	2,33	2,15	0,7
120	3,95	3,77	0,41
160	5,6	5,35	0,4
200	7,25	6,99	0,32
240	8,75	8,27	0,49
280	9,9	9,5	0,36

Příklad výpočtu (pro  $\alpha = 40^\circ$ ):

$$r = 20 \cdot \log\left(\frac{R_1}{R_2}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{0,95}{0,9}\right) = 0,47\text{dB}$$

**Ca. Voltampérová charakteristika žárovky Tesla S6V 0,05A**

U [V]	I [mA]
0,0	0,0
0,1	7,0
0,3	16,0
0,5	20,0
1,0	25,0
1,5	28,3
2,0	31,7
2,5	34,7

U [V]	I [mA]
3,0	37,7
3,5	40,2
4,0	42,5
4,5	43,2
5,0	44,9
5,5	46,2
6,0	48,0

**Výpočet diferenonálního odporu**  $R_D$  v pracovním bodě P[2,5V; 34,7mA]:

Zjištěno z grafu:  $U_A = 2,25\text{V}$ ;  $I_A = 33,2\text{mA}$ ;  $U_B = 2,75\text{V}$ ;  $I_B = 36,25\text{mA}$

$$R_D = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_B - U_A}{I_B - I_A} = \frac{2,75\text{V} - 2,25\text{V}}{36,25\text{mA} - 33,2\text{mA}} = 163,93\Omega$$

**Cb. Voltampérová charakteristika termistoru NR15/4,25kΩ**

U [V]	I [mA]
0,0	0,0
2,8	1,0
3,8	2,0
4,01	3,0
4,0	4,0
3,99	5,0
3,88	6,0
3,78	7,0

U [V]	I [mA]
3,69	8,0
3,6	9,0
3,52	10,0
3,4	12,0
3,2	14,0
3,11	16,0
2,99	18,0
2,91	20,0

**Výpočet diferenonálního odporu**  $R_D$  v pracovním bodě P[3,69V; 8mA]:

Zjištěno z grafu:  $U_A = 3,78\text{V}$ ;  $I_A = 7\text{mA}$ ;  $U_B = 3,6\text{V}$ ;  $I_B = 9\text{mA}$

$$R_D = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_B - U_A}{I_B - I_A} = \frac{3,78\text{V} - 3,6\text{V}}{7\text{mA} - 9\text{mA}} = -90\Omega$$

**Cc. Závislost odporu termistoru NR15/4,25k $\Omega$  na teplotě**

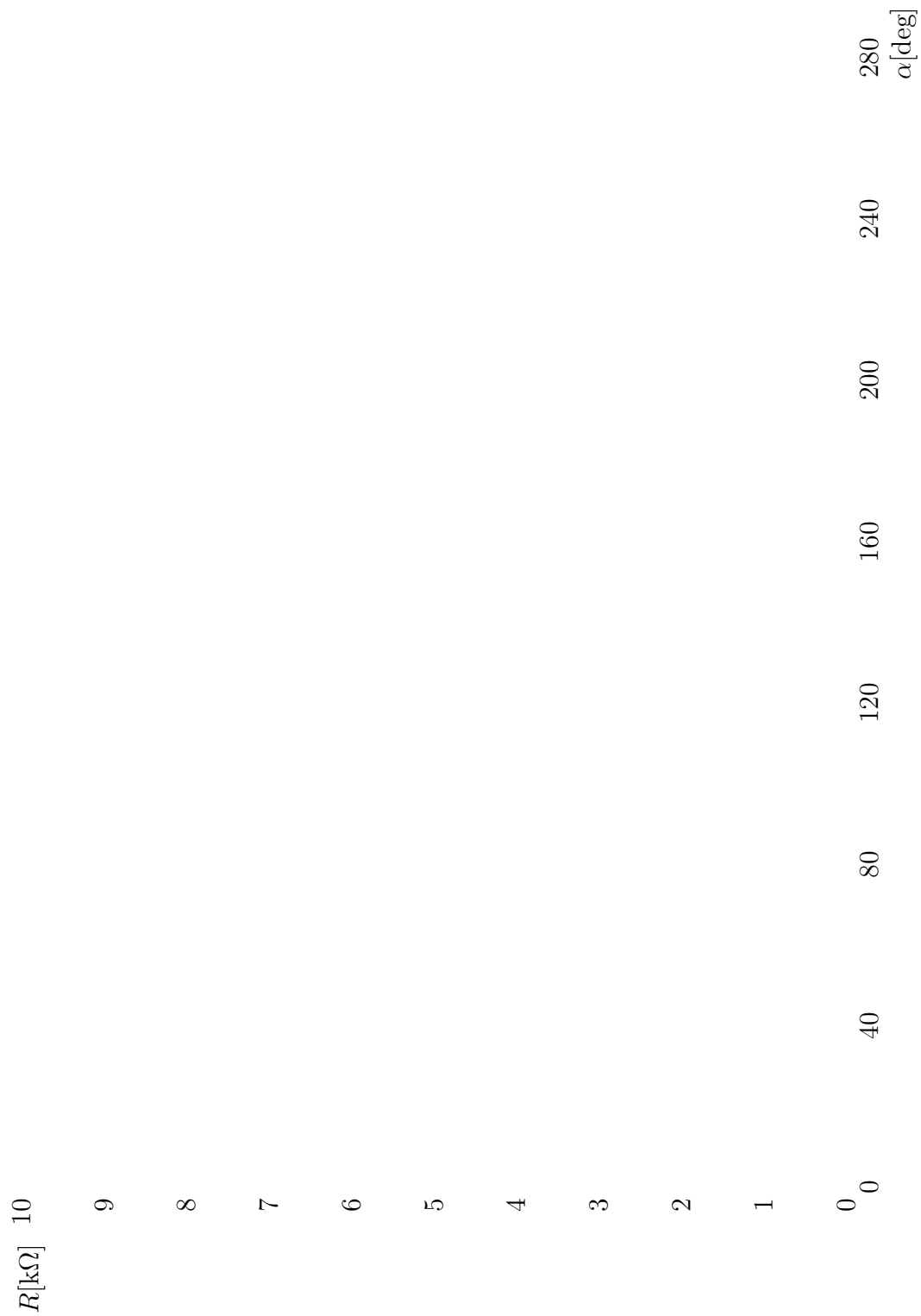
$$I = 100\mu A$$

$\vartheta$ [°C]	U [V]	R [k $\Omega$ ]
20	0,46	4,25
30	0,39	3,9
40	0,31	3,1
50	0,26	2,6
60	0,22	2,2
70	0,19	1,9
80	0,17	1,7
90	0,155	1,55
100	0,145	1,45

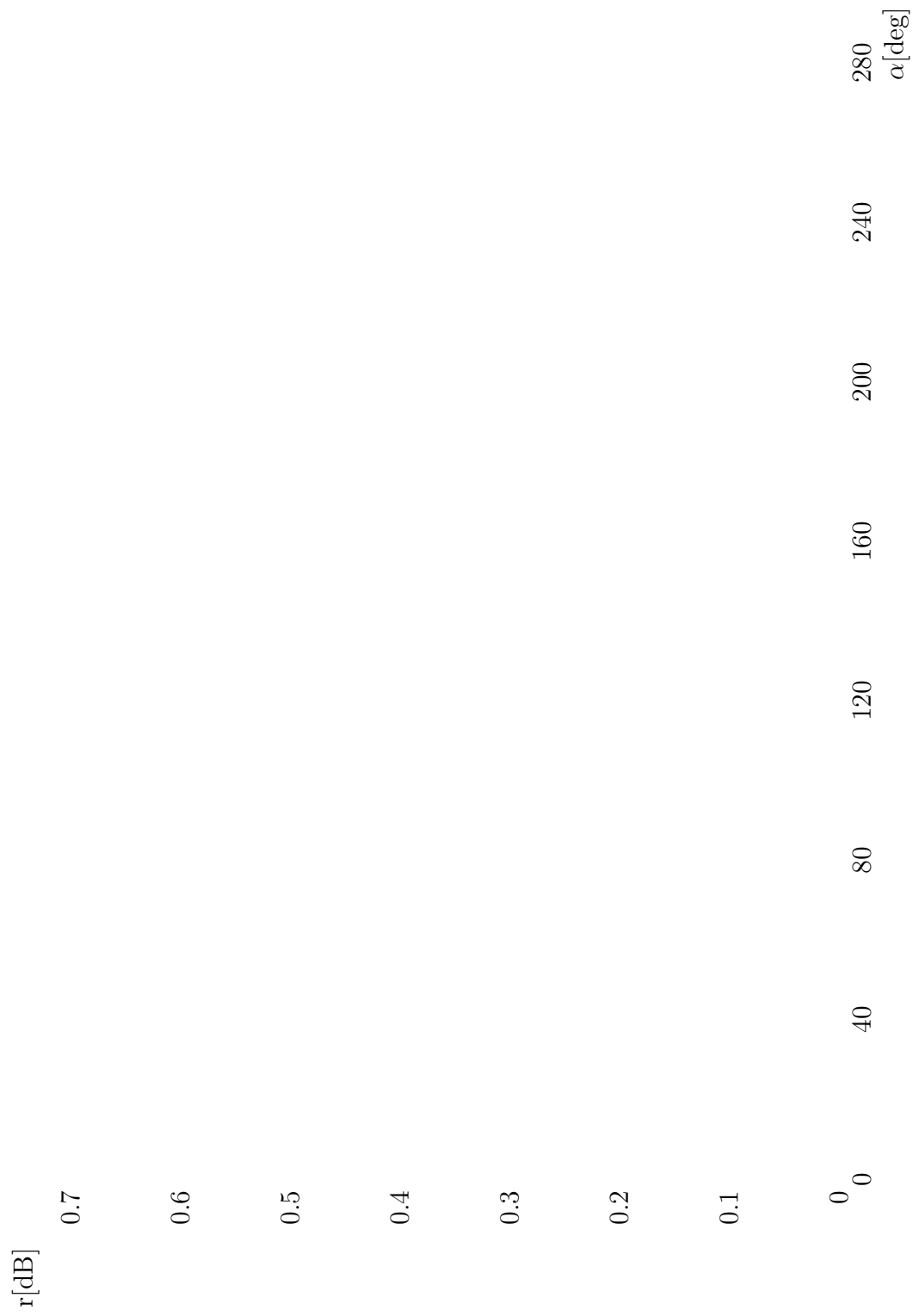


## 6 Grafy

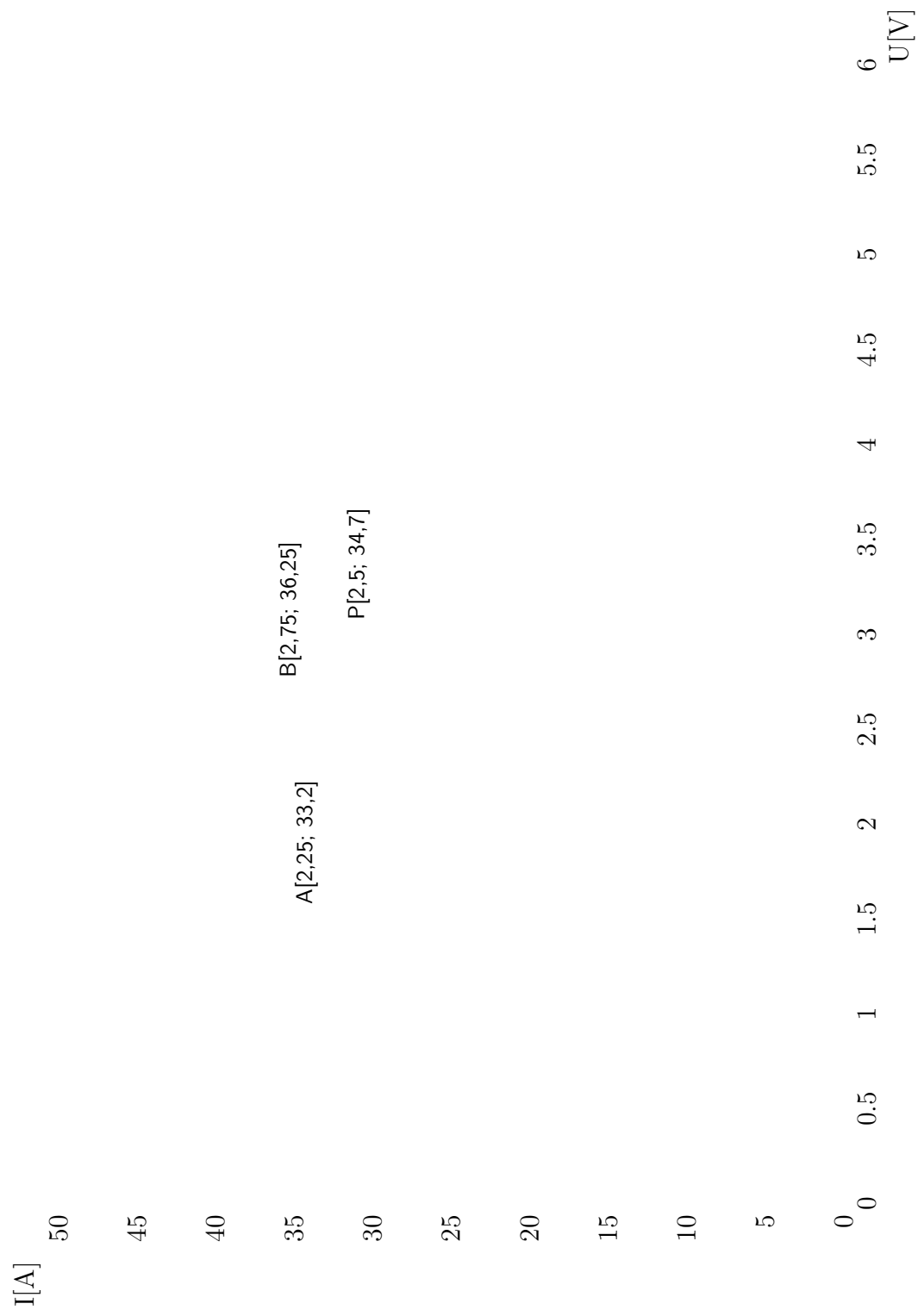
BA. ZÁVISLOST ODPORU LOGARITMICKÉHO, POTENCIOMETRU  
TP 281 10K/6 NA ÚHLU NATOČENÍ ROTORU



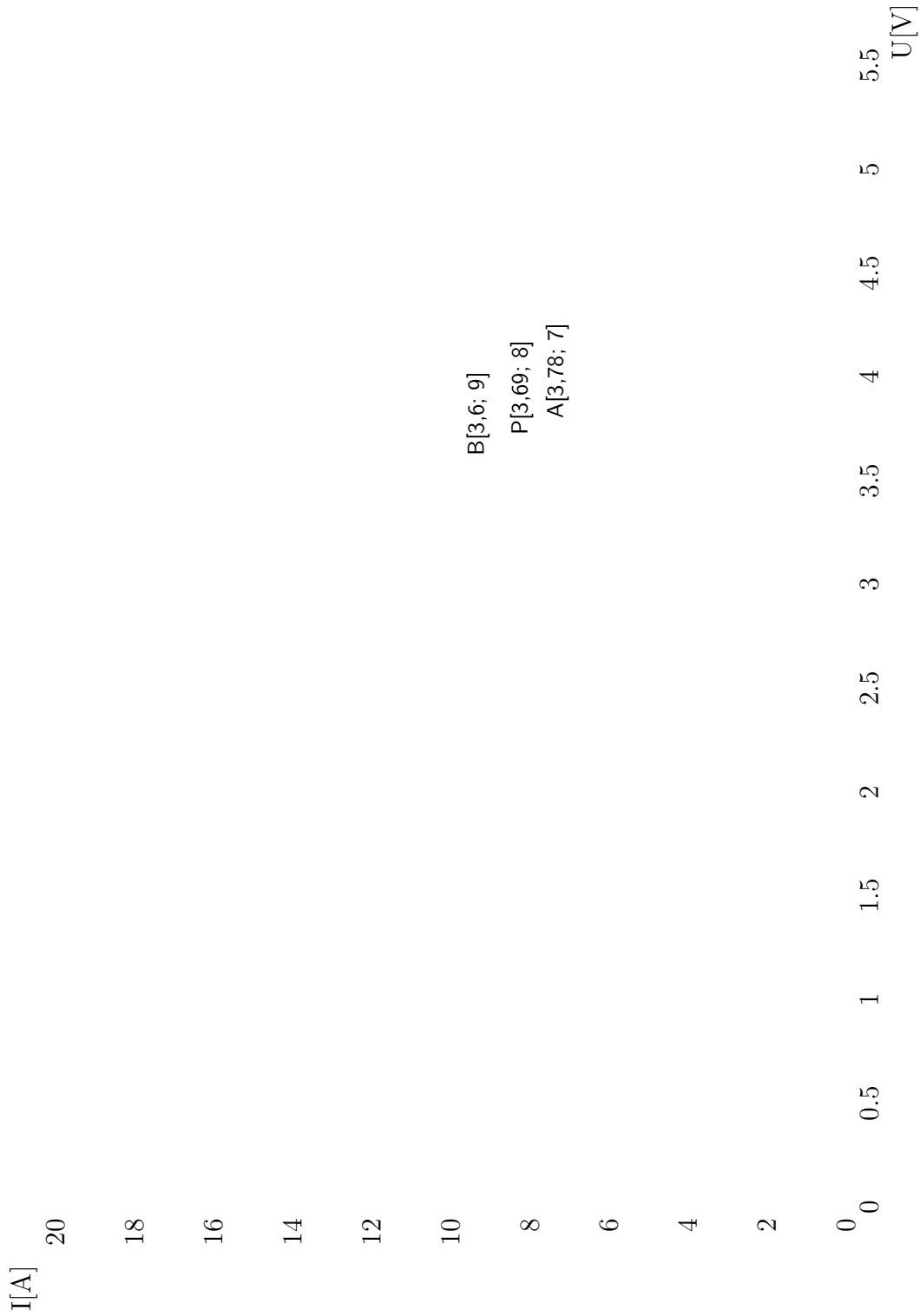
BB. SOUBĚH TANDEMOVÉHO POTENCOIMETRU TP 281 10k/6



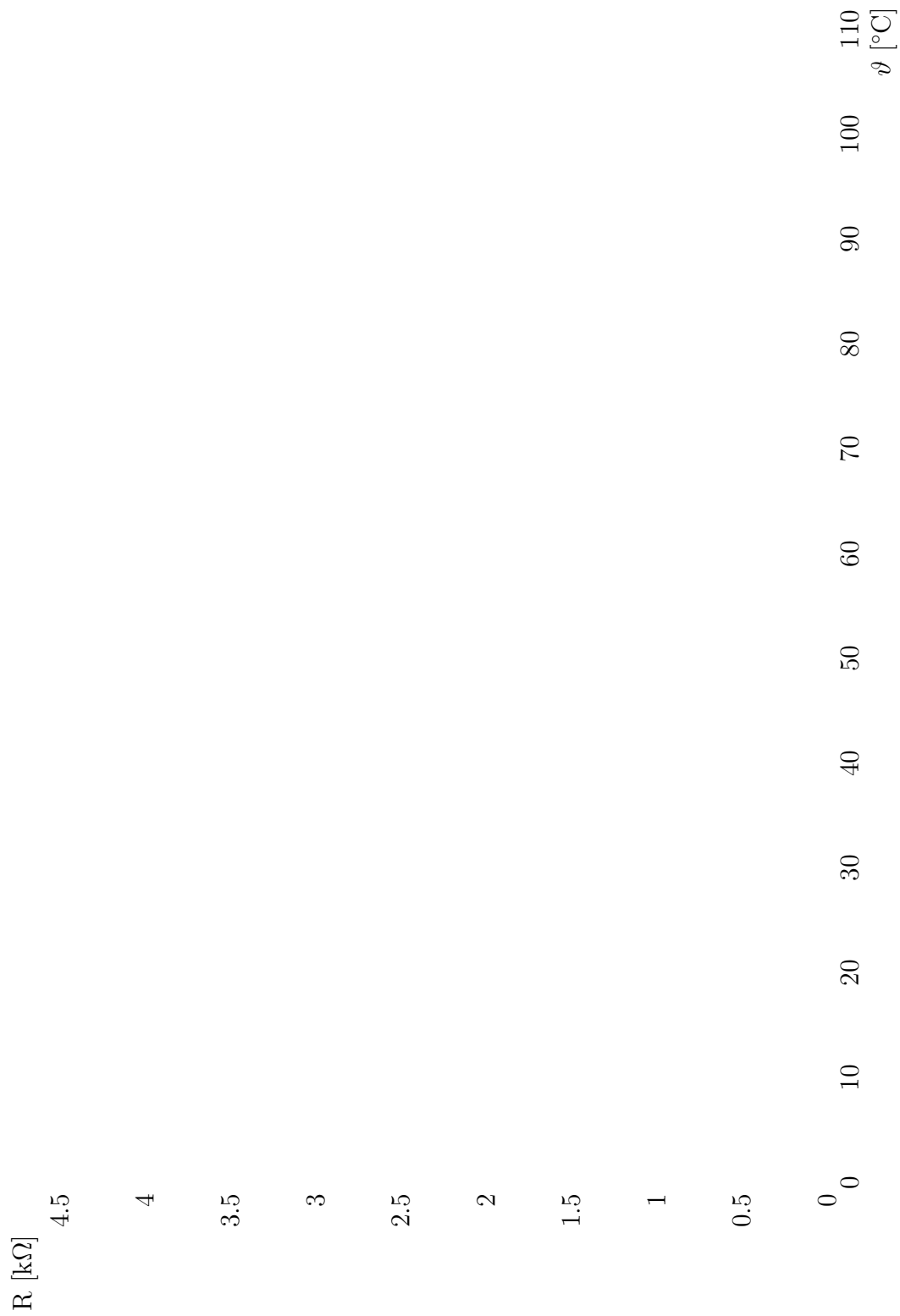
CA. VOLTAMPÉROVÁ CHARAKTERISTIKA ŽÁROVKY TESLA S6V/0,05A



# ČB. VOLTAMPÉROVÁ CHARAKTERISTIKA TERMISTORU NR15/4,25kΩ



CC. ZÁVISLOST ODPORU TERMISTORU NA TEPLITĚ NR15/4,25k $\Omega$



## 7 Vyhodnocení

Při měření substituční a srovnávací metodou jsme nebyli schopni změřit hodnoty některých z rezistorů, protože nebyli k dispozici odporové dekády o dostatečně velkém rozsahu.

Při měření logaritmického potenciometru TP 281 10k/6 (př. Ba) jsem zjistil, že průběh odporu potenciometru je opravdu logaritmický, ale na konci odporové dráhy potenciometru se odpor měnil jen málo. Exponenciálního průběhu odporu potenciometru je mezi jezdcem a vývodem, který nebyl při měření využit (byl přímo propojen s jezdcem).