

1 Úkol

1. Změřte anodové charakteristiky triody EC(C)83. Mřížkové napětí U_g měňte od 0 do -2 V po krocích 0.5 V. Při měření nepřekračujte maximální anodovou ztrátu $P_a = 0.2\text{W}$. Anodové napětí zvyšujte maximálně do 120 V.
2. Změřte závislost zesílení $A = U_{vyst}/U_{vst}$ (poměr výstupního napětí ke vstupnímu) triodového zesilovače na frekvenci pro $U_g = -1\text{V}$, $U_a = 120\text{V}$, $R_a = 10^5\Omega$ a $R_a = 5 \cdot 10^3\Omega$, $U_{vst} = 0.3\text{V}$ ve frekvenčním rozsahu 30 Hz - 100 kHz.
3. Změřte závislost zesílení A na velikosti anodového odporu pro $U_a = 120\text{V}$ v rozsahu $R_a = 5 \cdot 10^3 - 10^5\Omega$. $U_g = -1\text{V}$ při $f = 1\text{kHz}$, $U_{vst} = 0.3\text{V}$.
4. Anodové charakteristiky zpracujte graficky. V grafu vyznačte oblast, kde byla překročena anodová ztráta $P_a = 0.2\text{W}$. Zakreslete rovněž zatěžovací přímky pro obě hodnoty anodového odporu R_a z úkolu 2. Určete odpovídající pracovní body a stanovte příslušné hodnoty zesílení a průběh frekvenčních charakteristik.

2 Teorie

2.1 Trioda

Trioda je druh elektronky skládající se z dvou elektrod a mřížky. Jedná se o nejjednodušší typ zesilovače, kdy se velikost anodového proudu ovlivňuje napětím na mřížce.

2.2 Měření charakteristik triod

Charakteristiky triody se měří při zapojení dle obrázku 1 z [1], kde anodové napětí U_a odečteme z voltmetru V, anodový proud I_A z miliampérmetru mA a napětí na mřížce U_g z voltmetru V_1 .

2.3 Měření zesílení zesilovače

Zesílení A je definováno vztahem

$$A = \frac{U_{vyst}}{U_{vst}}, \quad (1)$$

kde U_{vyst} je výstupní napětí a U_{vst} napětí vstupní.

Měří se v zapojení dle obrázku 2 z [1], kde tečky s písmeny značí jednotlivé uzly triody.

2.4 Chyby

V průběhu celého měření byly použity pouze analogová měřidla. Chyba měření je proto dána jejich třídou přesnosti a rozsahem, na kterém bylo měřeno. Absolutní chyba je dána vztahem

$$\sigma = \frac{R \cdot k}{100}, \quad (2)$$

kde R je rozsah a k třída přesnosti.

Dále vystupuje nepřímá chyba měření u zesílení A , jejíž relativní chybu získáme součtem relativních chyb z voltmetrů.

Třídy přesnosti jednotlivých přístrojů byly:

1. Ampérmetr úkol 1 - 1
2. Voltmetr úkol 1 - 0.5
3. Voltmetr na generátoru U_{vst} - 1.5
4. Voltmetr U_{vyst} - 1.5

3 Měření

3.1 Anodové charakteristiky

V zapojení dle obrázku 1 z [1] jsem měřil velikost anodového proudu I_a na napětí U_a pro různá mřížková napětí U_g . Naměřené hodnoty jsou shrnuty v tabulce 1 a zobrazeny v na obrázku 1, kde jsou proloženy pro názornost křivkou. Dále jsou v grafu zaneseny zatěžovací křivky pro anodové odpory z úkolu 2 a vyznačeny pracovní body triody pro tyto odpory.

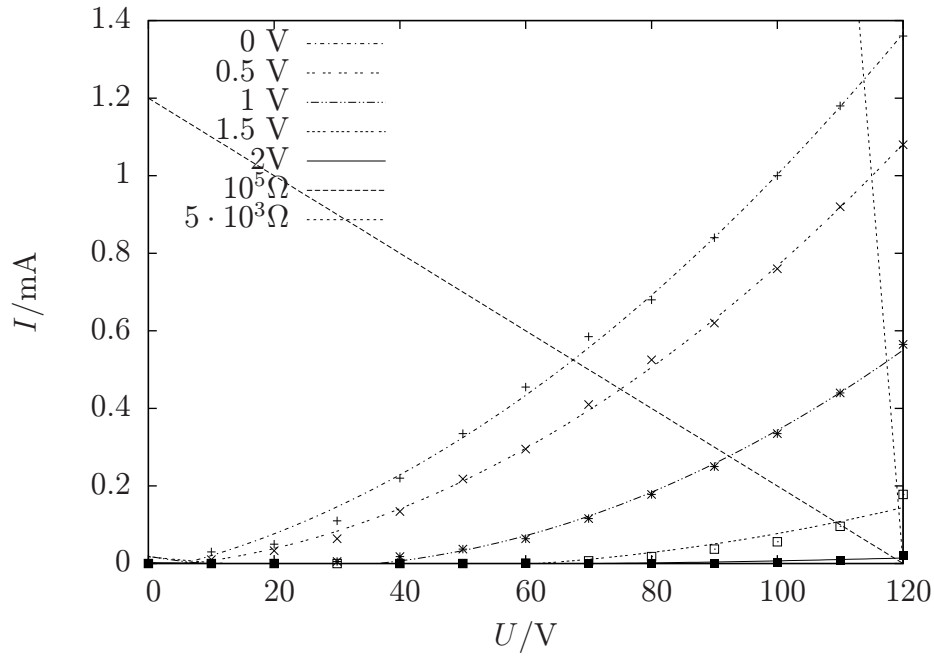
3.2 Zesílení

V zapojení dle obrázku 2 z [1] jsem za stálé konfigurace uvedené v úkolu 2 jsem měřil velikost výstupního napětí U_{vyst} na frekvenci f a dle vzorce 1 jsem vypočítal zesílení A . Naměřené hodnoty jsou shrnuty v tabulce 2 a zesílení A znázorněno v obrázku 2.

Dále jsem nastavil obvod do stavu popsáném v úkolu 3 a měřil velikost výstupního napětí na velikosti anodového odporu. Z těchto hodnot jsem následně vypočetl zesílení A . Výsledky jsou shrnuty v tabulce 3

U_g/V	0	-0.5	-1	-1.5	2
U_a/V	$I/\mu\text{A}$	$I/\mu\text{A}$	$I/\mu\text{A}$	$I/\mu\text{A}$	$I/\mu\text{A}$
0	0 ± 0.3	0 ± 0.3	0 ± 0.3	0 ± 0.3	0 ± 0.3
10	30 ± 0.3	10 ± 0.3	0 ± 0.3	0 ± 0.3	0 ± 0.3
20	50 ± 3	33 ± 0.3	0 ± 0.3	0 ± 0.3	0 ± 0.3
30	110 ± 3	64 ± 1	5 ± 0.3	0 ± 0.3	0 ± 0.3
40	220 ± 3	134 ± 1	18 ± 0.3	0 ± 0.3	0 ± 0.3
50	335 ± 3	218 ± 1	37 ± 0.3	0 ± 0.3	0 ± 0.3
60	455 ± 3	295 ± 3	64 ± 1	1 ± 0.3	0 ± 0.3
70	585 ± 3	410 ± 3	116 ± 1	7 ± 0.3	0 ± 0.3
80	680 ± 10	525 ± 3	178 ± 1	18 ± 0.3	0 ± 0.3
90	840 ± 10	620 ± 10	250 ± 3	37 ± 0.3	0 ± 0.3
100	1000 ± 10	760 ± 10	335 ± 3	56 ± 1	3 ± 0.3
110	1180 ± 10	920 ± 10	440 ± 3	96 ± 1	9 ± 0.3
120	1360 ± 10	1080 ± 10	565 ± 3	178 ± 1	19.5 ± 0.3

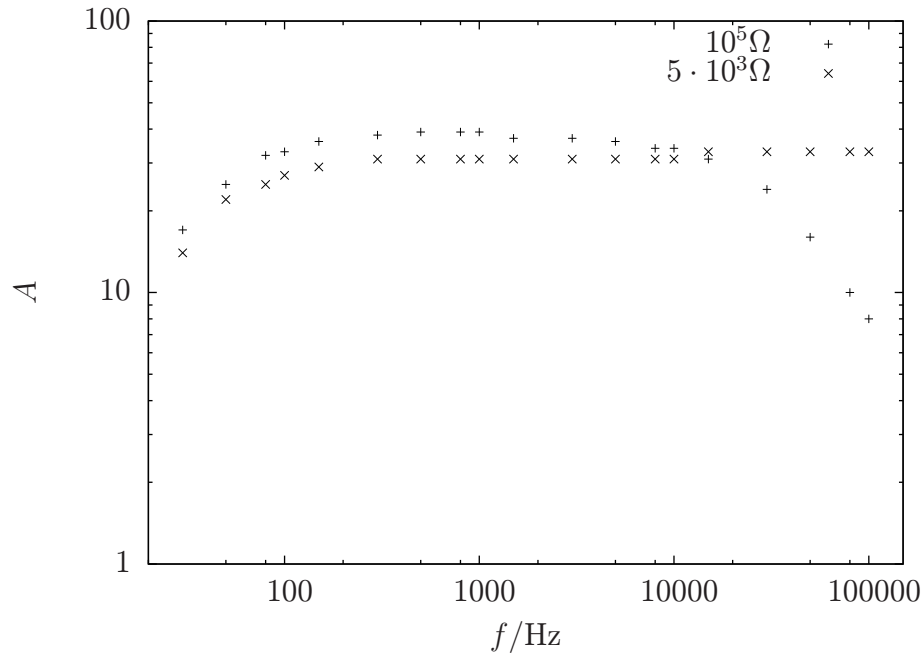
Tabulka 1: Tabulka vývoje anodového proudu I_a v závislosti na anodovém napětí U_a pro různá mřížková napětí U_g .



Obrázek 1: Graf závislost anodového proudu na anodovém napětí pro různá mřížková napětí.

R/Ω	10^5		$5 \cdot 10^3$	
f/Hz	U_{vyst}/V	A	U_{vyst}/V	A
30	3.4 ± 0.2	17 ± 4	2.8 ± 0.2	14 ± 3
50	5.0 ± 0.2	25 ± 5	4.4 ± 0.2	22 ± 4
80	6.4 ± 0.2	32 ± 6	5.0 ± 0.2	25 ± 5
100	6.6 ± 0.2	33 ± 6	5.4 ± 0.2	27 ± 5
150	7.2 ± 0.2	36 ± 6	5.8 ± 0.2	29 ± 5
300	7.6 ± 0.2	38 ± 7	6.2 ± 0.2	31 ± 6
500	7.8 ± 0.2	39 ± 7	6.2 ± 0.2	31 ± 6
800	7.8 ± 0.2	39 ± 7	6.2 ± 0.2	31 ± 6
1000	7.8 ± 0.2	39 ± 7	6.2 ± 0.2	31 ± 6
1500	7.4 ± 0.2	37 ± 6	6.2 ± 0.2	31 ± 6
3000	7.4 ± 0.2	37 ± 6	6.2 ± 0.2	31 ± 6
5000	7.2 ± 0.2	36 ± 6	6.2 ± 0.2	31 ± 6
8000	6.8 ± 0.2	34 ± 6	6.2 ± 0.2	31 ± 6
10000	6.8 ± 0.2	34 ± 6	6.2 ± 0.2	31 ± 6
15000	6.2 ± 0.2	31 ± 6	6.6 ± 0.2	33 ± 7
30000	4.8 ± 0.2	24 ± 5	6.6 ± 0.2	33 ± 7
50000	3.2 ± 0.2	16 ± 3	6.6 ± 0.2	33 ± 7
80000	2.0 ± 0.2	10 ± 3	6.6 ± 0.2	33 ± 7
100000	1.6 ± 0.2	8 ± 3	6.6 ± 0.2	33 ± 7

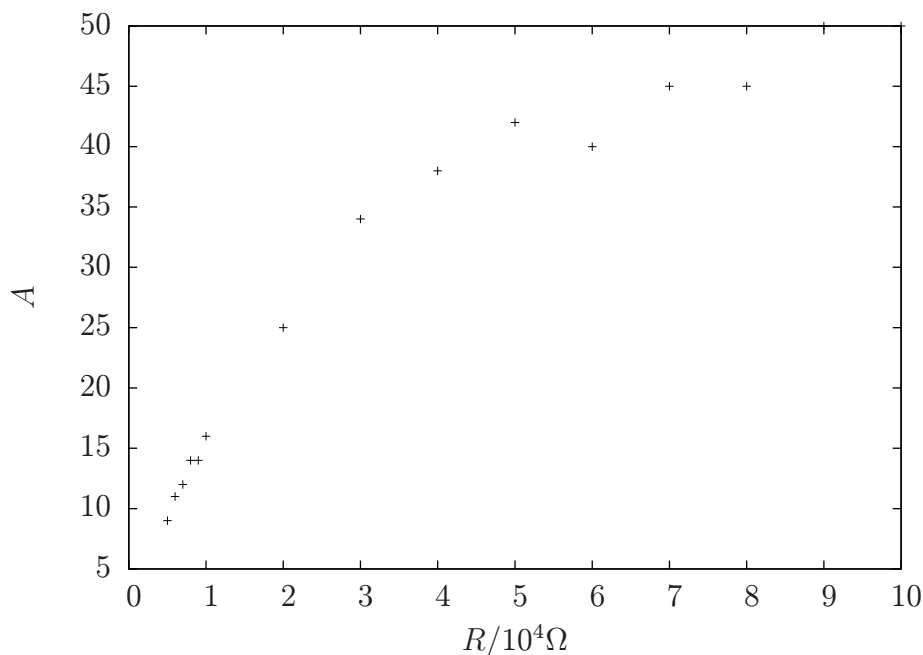
Tabulka 2: Tabulka výstupního napětí v závislosti na frekvenci



Obrázek 2: Graf závislosti zesílení na vstupní frekvenci pro různé anodové odpory.

R_a/Ω	U_{vyst}/V	A
$5 \cdot 10^3$	1.8 ± 0.2	9 ± 2
$6 \cdot 10^3$	2.2 ± 0.2	11 ± 3
$7 \cdot 10^3$	2.4 ± 0.2	12 ± 3
$8 \cdot 10^3$	2.7 ± 0.2	14 ± 3
$9 \cdot 10^3$	2.8 ± 0.2	14 ± 3
10^4	3.2 ± 0.2	16 ± 3
$2 \cdot 10^4$	5 ± 0.2	25 ± 5
$3 \cdot 10^4$	6.8 ± 0.2	34 ± 6
$4 \cdot 10^4$	7.6 ± 0.2	38 ± 7
$5 \cdot 10^4$	8.4 ± 0.2	42 ± 7
$6 \cdot 10^4$	8.0 ± 0.5	40 ± 9
$7 \cdot 10^4$	9.0 ± 0.5	45 ± 9
$8 \cdot 10^4$	9.0 ± 0.5	45 ± 9
$9 \cdot 10^4$	10.0 ± 0.5	50 ± 10
10^5	10.0 ± 0.5	50 ± 10

Tabulka 3: Tabulka velikosti výstupního napětí na velikosti anodového odporu.



Obrázek 3: Graf závislosti zesílení na velikosti anodového odporu

4 Diskuze

Při proměřování anodových charakteristik triody nebyla překročena hranice ztráty 0.2 W. Díky přesným přístrojům je také chyba malá.

Měření zesílení také vyšlo dle očekávání. Chyba měření je však znatelně větší. Nastavení anodového napětí bylo vcelku přesné. Problém však nastal u vstupu. Kolo určující frekvenci proudu podle mě nebylo dostatečně přesné a určitě by pomohlo zapojit digitální čítač pro zajištění přesné frekvence. Napětí na zdroji také nebylo zcela konstantní. Bylo totiž závislé na frekvenci a i s jemnou korekcí docházelo k jisté chybě. Velikost chyby by také pomohlo, kdybych použil u menších hodnot lepší rozsah voltmetru.

5 Závěr

Změřil jsem anodové charakteristiky triody při různých mřížkových napětích. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 1 a obrázku 1, kde jsou zakresleny i pracovní body z úkolu 4.

Změřil jsem závislost zesílení triody na frekvenci. Výsledky jsou v tabulce 2 a obrázku 2.

Změřil jsem závislost zesílení triody na anodovém odporu. Výsledky jsou v tabulce 1 na obrázku 3.

Reference

- [1] **Studijní text na praktikum II**
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt_215.pdf (1. 10. 2011)
- [2] *J. English: Zpracování výsledků fyzikálních měření*
LS 1999/2000