

Určení přenosových vlastností komplexních  
dvojbranů. Vliv vnitřního odporu vstupního  
generátoru.

Ondřej Šika

# Obsah

<b>1</b>	<b>Zadání</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Teoretický úvod</b>	<b>3</b>
2.1	Dvojbrany (čtyřpóly) . . . . .	3
2.2	Přenosové vlastnosti . . . . .	3
2.2.1	Integrační RC článek . . . . .	4
2.3	Derivační RC článek . . . . .	5
2.4	Wienův článek (pásmová propust) . . . . .	5
2.5	Přemostěný T článek (pásmová zadrž) . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Schéma zapojení</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Postup měření</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Naměřené a vypočtené hodnoty</b>	<b>8</b>
5.1	Tabulky . . . . .	8
5.1.1	Wienův článek . . . . .	8
5.1.2	Derivační článek . . . . .	9
5.2	Příklady výpočtů . . . . .	10
<b>6</b>	<b>Grafy</b>	<b>11</b>
6.1	Utlumová frekvenční charakteristika derivačního článku . . . . .	11
6.2	Fázová frekvenční charakteristika RC článku . . . . .	12
6.3	Amplitudová charakteristika Wienova článku . . . . .	13
6.4	Fázová charakteristika Wienova článku . . . . .	14
6.5	Fázorová charakteristika Wienova článku . . . . .	15
<b>7</b>	<b>Závěr</b>	<b>16</b>

# 1 Zadání

1. Změřte přenosové vlastnosti následujících komplexních dvojbranů  
Derivační RC článek  
Wienův článek
2. Pro správnou volbu měřicího pásma kmitočtů určete před začátkem měření kritický (zlomový) kmitočet všech zadaných článků (příp. navrhnete články dle zadané mezní frekvence)!
3. Změřte a nakreslete frekvenční amplitudovou a fázovou charakteristiku zadaných dvojbranů.
4. Současně změřte a nakreslete frekvenční amplitudovou charakteristiku článku a) při použití údaje vnitřního voltmetru generátoru (U<sub>INT</sub>).
5. Pro zvolený článek sestrojte z naměřených hodnot komplexní frekvenční (fázorovou) charakteristiku.
6. U zvoleného typu článku odvoďte a nakreslete přibližný (asymptotický) průběh amplitudové i fázové charakteristiky.
7. závěru určete druhy měřených dvojbranů (zádrž či propust) a určete šíři pásma a oblast praktického použití dvojbranu. Zhodnoťte vliv vnitřního odporu generátoru a odporu měřeného obvodu na údaj vestavěného měřidla.

## 2 Teoretický úvod

### 2.1 Dvojbrany (čtyřpóly)

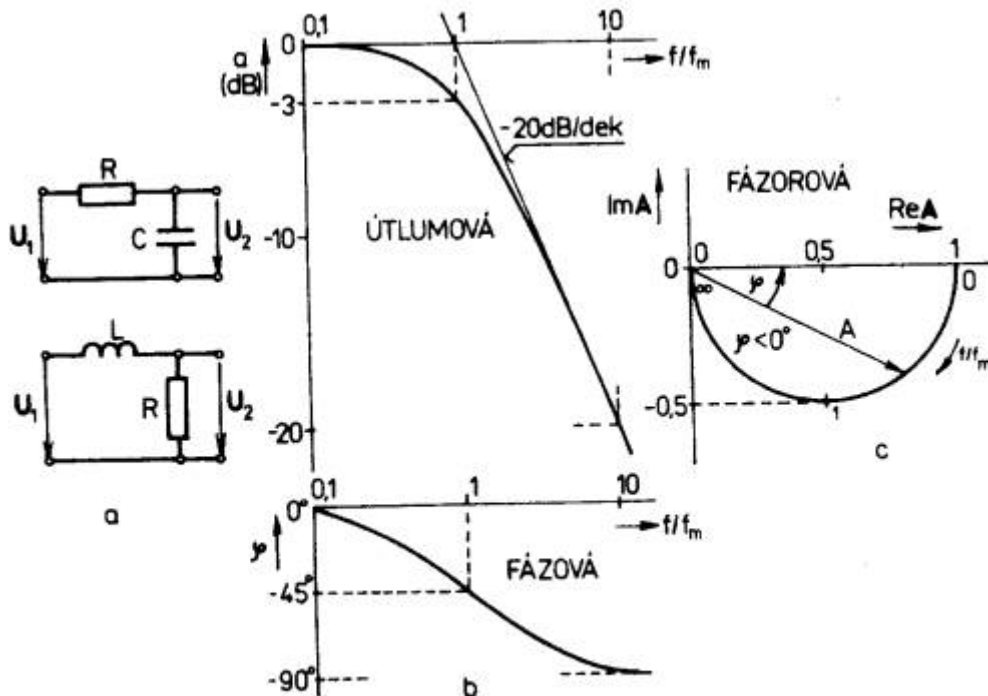
Jsou obvody, které mají čtyři svorky a jsou složeny ze základních elektronických prvků. Rozdělují se na lineární a nelineární, podle toho, zda obsahují pouze lineární nebo nelineární prvky. Z energetického hlediska je můžeme rozdělit na aktivní (kromě základních prvků obsahují i zdroj el. energie) a pasivní (obsahují jen základní elektronické prvky). Vlastnosti dvojbranů jsou jednoznačně popsány charakteristickými rovnicemi, které vyjadřují vzájemný vztah mezi vstupními a výstupními veličinami.

### 2.2 Přenosové vlastnosti

Vliv dvojbanu na přenos napětí různé frekvence z hlediska velikosti amplitudy a fáze určuje napěťový přenos  $A_U$ , pro který platí vztah  $A_U = \frac{U_2}{U_1}$ . Podobně je definován proudový přenos  $A_I$  a výkonový přenos  $A_P$ . Protože čtyřpóly obvykle obsahují reaktanční prvky, je přenos závislý na frekvenci vstupního napětí. Křivka udávající závislost amplitudy výstupního napětí nebo přenosu na frekvenci při stálé velikosti vstupního napětí se nazývá amplitudová frekvenční charakteristika. Závislost fáze výstupního napětí se graficky znázorňuje fázovou frekvenční charakteristikou.

### 2.2.1 Integrační RC článek

apěťový přenos odvodíme z poměru reaktancí, na které působí vstupní napětí  $U_1$  a výstupní napětí  $U_2$ . Při odvozování předpokládáme, že vnitřní odpor zdroje signálu je nulový a zatěžovací odpor je nekonečně velký.

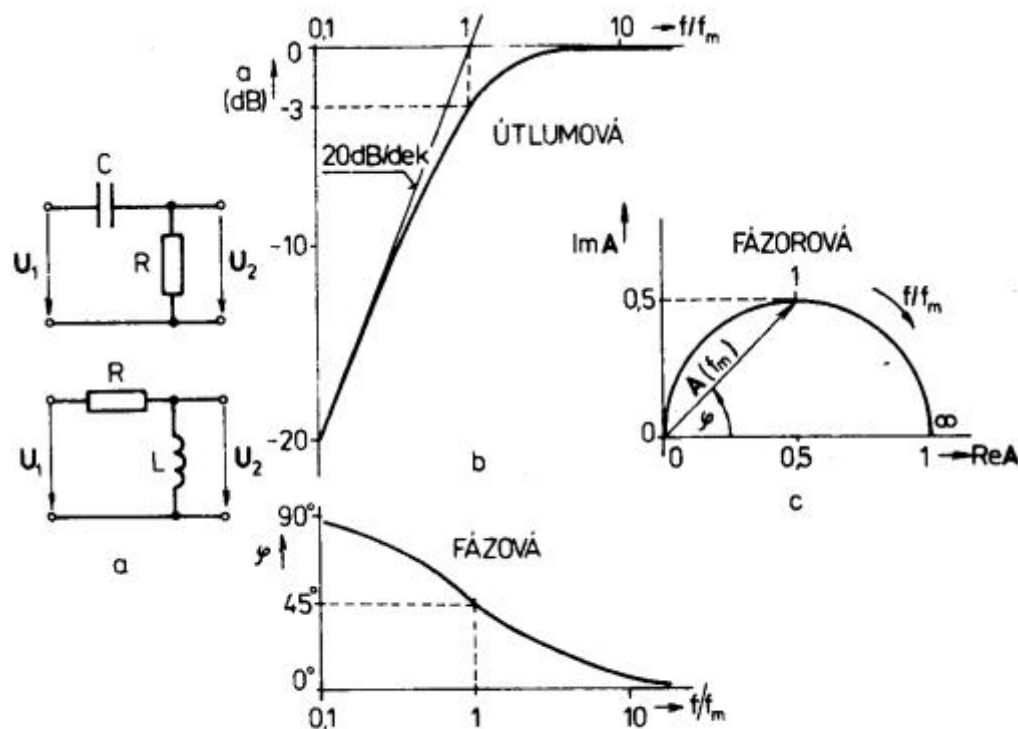


Obr. Integrační články a jejich frekvenční charakteristiky

Jejich činnost spočívá v tom, že porovnávají velikost výstupního napětí referenčním napětím, což je parametrický stabilizátor v jednom pracovním bodě. Proto tyto stabilizátory mají větší stabilizační oblast a větší přesnost.

Zavedením časové konstanty zjednodušíme výraz a dosadíme za  $\tau$ , kde  $f_m$  je mezní frekvence článku. Jestliže tento přenos vyjádříme v decibelech, tj.  $a_u = 20 \log A_u$  a graficky jej znázorníme v závislosti na  $f/f_m$ , získáme útlumovou frekvenční charakteristiku.

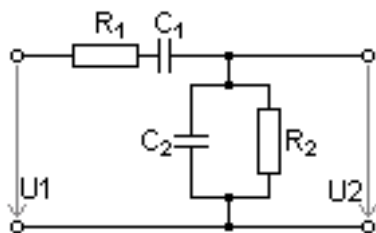
## 2.3 Derivační RC článek

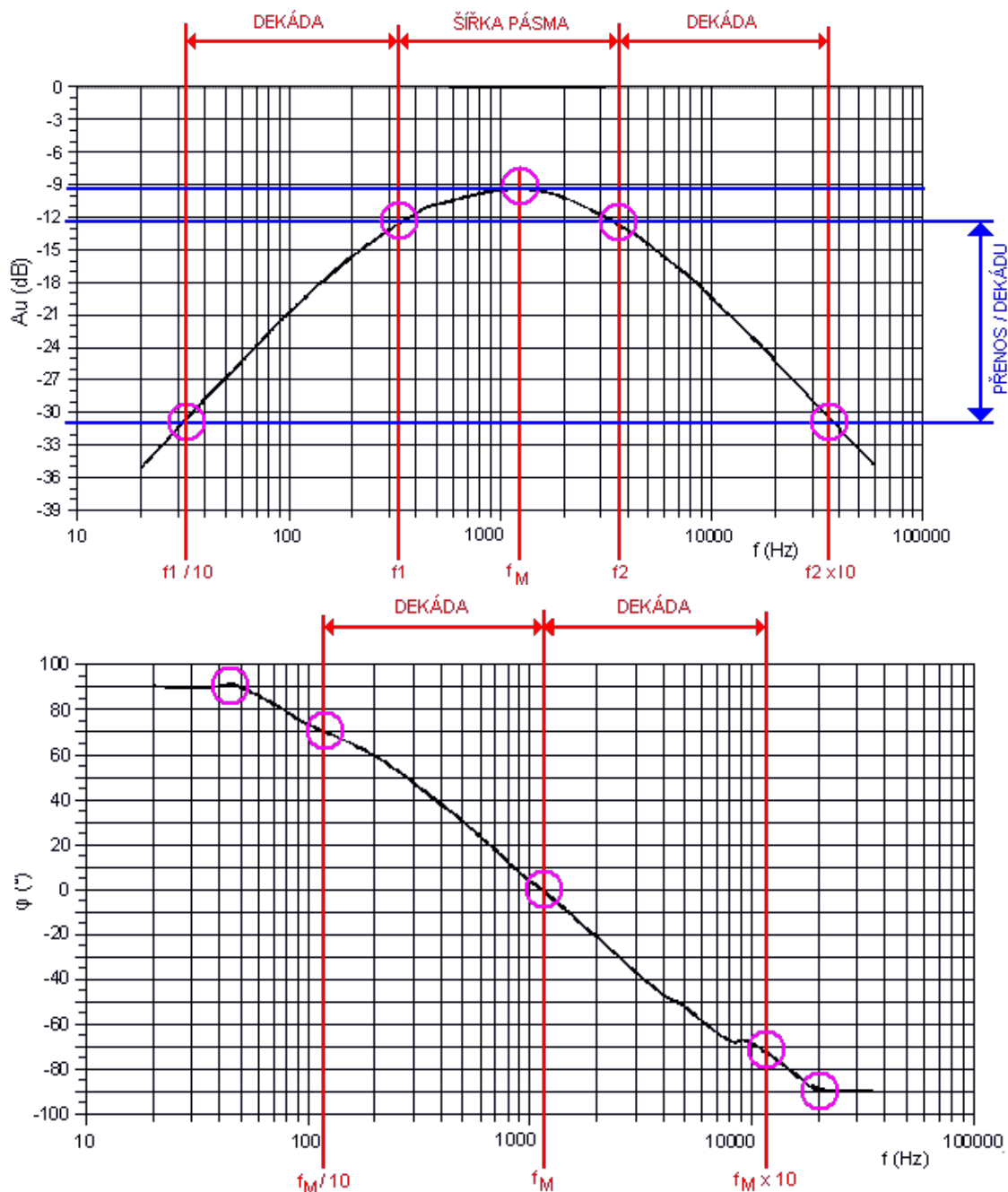


Obr. Derivační články a jejich frekvenční charakteristiky

## 2.4 Wienův článek (pásmová propust)

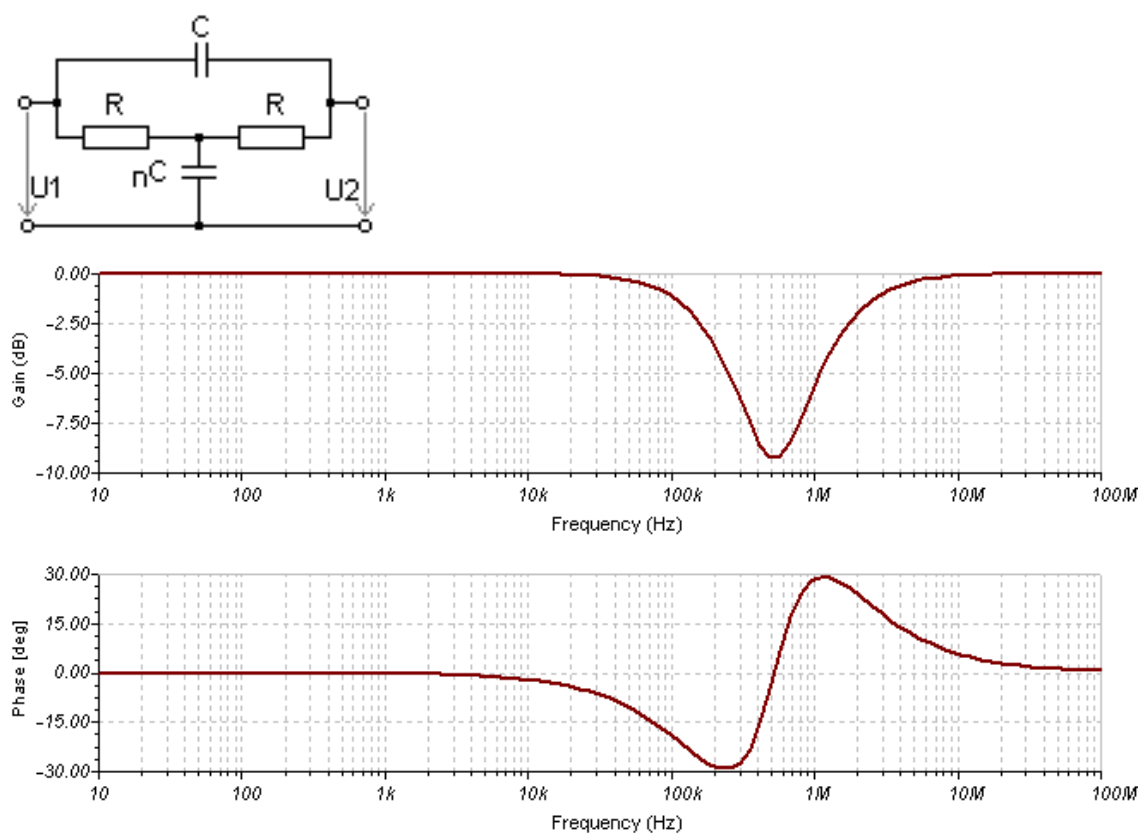
Skládá se ze dvou větví. V podélné větvi se jedná o sériový obvod (dělič napětí), v příčné větvi o paralelní obvod (dělič proudu). Tento článek má maximum přenosu při kritické frekvenci, označované  $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ . Při ostatních frekvencích se napěťový přenos článku zmenšuje, takže článek vykazuje selektivní vlastnosti (schopnost propouštět jednu frekvenci).



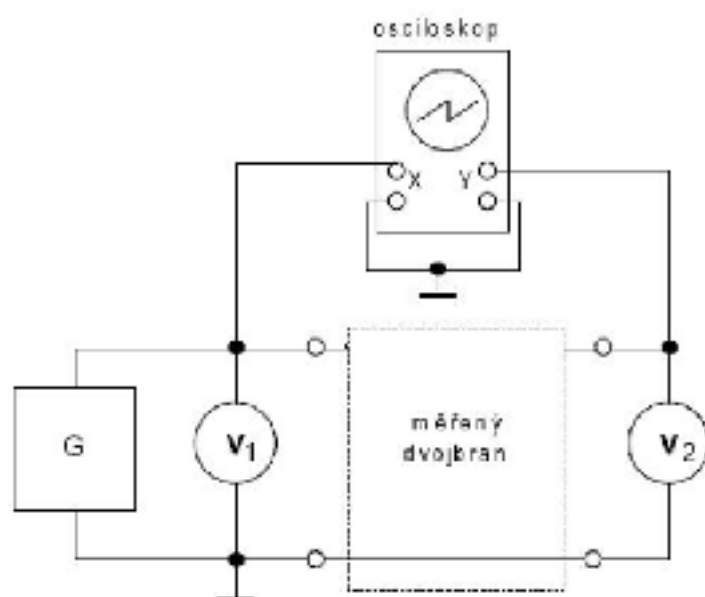


## 2.5 Přemostěný T článek (pásmová zadrž)

Jedná se o duální obvod k pásmové propusti, takže v podélné větvi je paralelní obvod, v příčné větvi pak sériový. Napěťový přenos je nejmenší při kritické frekvenci  $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ . Signál prochází článkem od vstupu na výstup dvěma fázově rozdílnými cestami – důsledkem toho dochází při kritické frekvenci k jeho zrušení a tím vzniká nulový nebo minimální přenos, proto se tento typ článků nazývá článek s nulovým přenosem.



### 3 Schéma zapojení



## 4 Postup měření

K napájení měřeného článku použijeme generátor s kmitočtem alespoň do 100kHz (záleží na použitých člancích) s vestavěným měřidlem (např. BM 534). Napětí na vstupu měřeného článku ( $U_1$ ) udržujeme na konstantní úrovni. Pomocí V2 měříme výstupní napětí článku při různých frekvencích v rozsahu alespoň o jednu dekádu níže a jednu dekádu výše od mezního kmitočtu. Napěťový přenos a útlum článku dopočítáváme. Pro splnění druhého bodu zadání odečítáme současně napětí z vestavěného měřidla generátoru ( $U_{INT}$ ). Z rozměrů elipsy, která se objeví na stínítku osciloskopu po vypnutí časové základny (režim XY), určíme velikost fázového posuvu  $\varphi$ .

## 5 Naměřené a vypočtené hodnoty

### 5.1 Tabulky

#### 5.1.1 Wienův článek

$$U_1 = 0.5V$$

f	[Hz]	100	1000	200	400	2000	4500	10000	20000
$U_2$	[V]	0.011	0.1	0.022	0.041	0.15	0.165	0.14	0.093
a	[div]	7.7	4.6	7.5	6.1	4	0.1	2	4.6
b	[div]	7.8	5.8	7.6	7.6	8	8	4.4	5.8
$\varphi$	[°]	80.856	52.503	80.736	53.409	30.015	0.717	-27.049	-52.503
$A_U$	[-]	0.022	0.2	0.044	0.082	0.3	0.33	0.28	0.186
$a_U$	[dB]	-33.152	-13.979	-27.131	-21.724	-10.458	-9.630	-11.057	-14.610
$Re(x)$	[V]	0.0017	0.0609	0.0035	0.0244	0.1299	0.1649	0.1247	0.0566
$Im(y)$	[V]	0.0108	0.0793	0.0217	0.0329	0.0751	0.0021	-0.0635	-0.0737
f	[Hz]	40000	100000	4200	3000	5500	7000	6000	1500
$U_2$	[V]	0.054	0.022	0.162	0.16	0.162	0.158	0.162	0.122
a	[div]	7.8	8.5	0.2	1.2	0.8	1.4	1	2.6
b	[div]	8	8.6	5	5	5	4.8	5	3.8
$\varphi$	[°]	-77.201	-81.295	2.294	13.894	-9.212	-16.966	-11.543	43.195
$A_U$	[-]	0.108	0.044	0.324	0.32	0.324	0.316	0.324	0.244
$a_U$	[dB]	-19.332	-27.131	-9.789	-9.897	-9.789	-10.006	-9.789	-12.252
$Re(x)$	[V]	0.01199	0.0033	0.1618	0.1553	0.1599	0.1511	0.1587	0.0889
$Im(y)$	[V]	-0.0526	-0.0217	0.0066	0.0385	-0.0257	-0.0459	-0.0322	0.08351



## 5.1.2 Derivační článek

$$U_1 = 0.5V$$

f	[Hz]	2600	100	200	400	700	1000	2000	2300
$U_2$	[V]	0.36	0.018	0.038	0.076	0.125	0.18	0.3	0.32
$U_{2INT}$	[V]	0.68	0.48	0.49	0.48	0.5	0.53	0.6	0.63
a	[div]	3.6	4	5.3	4.1	6.8	4.6	3.4	3.6
b	[div]	5.2	4	5.4	4.2	7.2	5	4.2	4.6
$\varphi$	[°]	43.835	90.046	78.996	77.511	70.848	66.960	54.077	51.526
$A_U$	[-]	0.72	0.036	0.076	0.152	0.25	0.36	0.6	0.64
$a_U$	[dB]	-2.853	-28.874	-22.384	-16.363	-12.041	-8.874	-4.437	-3.876
$A_{UINT}$	[-]	0.529	0.038	0.078	0.158	0.250	0.340	0.500	0.508
$a_{UINT}$	[dB]	5.524	-28.519	-22.208	-16.009	-12.041	-9.380	-6.021	-5.884
f	[Hz]	4000	7000	10000	20000	40000	70000	100000	1500
$U_2$	[V]	0.4	0.46	0.47	0.48	0.49	0.49	0.49	0.24
$U_{2INT}$	[V]	0.7	0.76	0.76	0.78	0.8	0.8	0.8	0.58
a	[div]	4.2	2	1.8	1	0.4	0.4	0.4	3
b	[div]	5.8	6.4	6.8	6.8	7	7.2	7.3	3.6
$\varphi$	[°]	46.421	18.219	15.357	8.461	3.277	3.186	3.143	56.471
$A_U$	[-]	0.8	0.92	0.94	0.96	0.98	0.98	0.98	0.48
$a_U$	[dB]	-1.938	-0.724	-0.537	-0.355	-0.175	-0.175	-0.175	-6.375
$A_{UINT}$	[-]	0.571	0.605	0.618	0.615	0.613	0.613	0.613	0.414
$a_{UINT}$	[dB]	-4.861	-4.361	-4.174	-4.217	-4.258	-4.258	-4.258	-7.664

## 5.2 Příklady výpočtů

$$A_U = \frac{U_2}{U_1} = \frac{0.011}{0.5} = 0.0225$$

$$A_{U_{INT}} = \frac{U_2}{U_{INT}} = \frac{0.36}{0.68} = 0.529$$

$$a_U = 20 * LOG(\frac{U_2}{U_1}) = 20 * LOG(\frac{0.011}{0.5}) = -33.15dB$$

$$a_{U_{INT}} = 20 * LOG(\frac{U_2}{U_1}) = 20 * LOG(\frac{0.36}{0.68}) = -5.52dB$$

Derivační článek

$$f_m = 2600Hz; R = 1000\Omega; C = \frac{1}{2 * 3.14 * R * f_m} = \frac{1}{2m * 3.14 * 1000 * 2600} = 61.2nF$$

Wienův čánek

$$f_m = 45000Hz; R = 1000\Omega; C = \frac{1}{2 * 3.14 * R * f_m} = \frac{1}{2 * 3.14 * 1000 * 2600} = 35.3nF$$

Fázorová charakteristika

$$U_{re} = U_2 * \cos(\varphi) = 0.14 * \cos(-27.049) = 0.1247V$$

$$U_{im} = U_2 * \cos(90 - \varphi) = 0.14 * \cos(90 - 27.049) = -0.063V$$

## 6 Grafy

### 6.1 Utlumová frekvenční charakteristika derivačního článku

## 6.2 Fázová frekvenční charakteristika RC článku

### 6.3 Amplitudová charakteristika Wienova článku

## 6.4 Fázová charakteristika Wienova čláknku

## 6.5 Fázorová charakteristika Wienova čláknku

## 7 Závěr

Všechny naměřené charakteristiky vyšly podle teoretických předpokladů.

Wienův člunek se choval jako pásmová propust. Pásmo  $B_3$  je od 1500Hz do 15000Hz.

Derivační člunek se chová jako horní propust (dolní zádrž) s kritickou frekvencí 3000Hz.

Rozdíl napětí na externím a interním voltmetru je způsoben vnitřním odporem generátoru. Chyby měření mohly nastat použitím obyčejných kabelů, místo kabelů s BNC. Dále chyby vznikaly vlivem vnitřních odporů a kapacit měřidel.