

ЛЕКЦИЯ 7

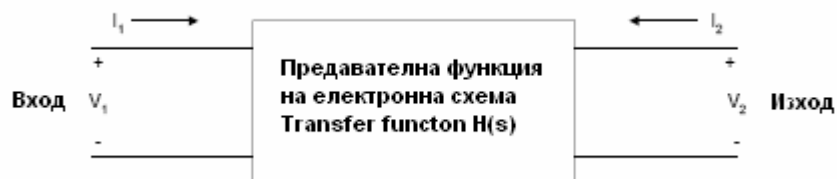
гл.ас. д-р СТЕЛА СТЕФАНОВА

ПРОМЕНЛИВОТОКОВ (ЧЕСТОТЕН АНАЛИЗ). ПРЕДАВАТЕЛНА ФУНКЦИЯ. ВИДОВЕ ЧЕСТОТНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА АНАЛОГОВА СИСТЕМА

1. Предавателна функция (ПФ)

1.1. Понятие за предавателна функция (transfer function) $H(s)$

- дефинира свойствата на електронна схема, която е описана като линеен четириполусник (Фигура 1);
- представлява отношение на изходна към входна величина.



Фиг. 1. Предавателна функция на електронна схема

където I_1 , I_2 са съответно входен и изходен ток;

V_1 , V_2 са съответно входно и изходно напрежение.

1.2. Математическа форма на запис на ПФ

Аналоговите схеми се описват по отношение на една независима променлива s , която представлява комплексно число.

$$\dot{s} = \sigma + j\omega, \quad (1)$$

където σ е реалната част на комплексното число;

$j\omega$ е имагинерната част на комплексното число;

Комплексната променлива $\dot{s} = \sigma + j\omega$ съответства на точка в аналоговата s -равнина и се представя като насоченият вектор.

Предавателната функция на електронна схема представлява дробно-рационална функция, която може да бъде записана във вида:

$$H(s) = \frac{N(s)}{D(s)} = \frac{a_m s^m + a_{m-1} s^{m-1} + \dots + a_1 s + a_0}{b_n s^n + b_{n-1} s^{n-1} + \dots + b_1 s + b_0}, \quad (2)$$

където $a_i, i = 1 \dots m$; $b_j, j = 1 \dots n$ са коефициентите на ПФ.

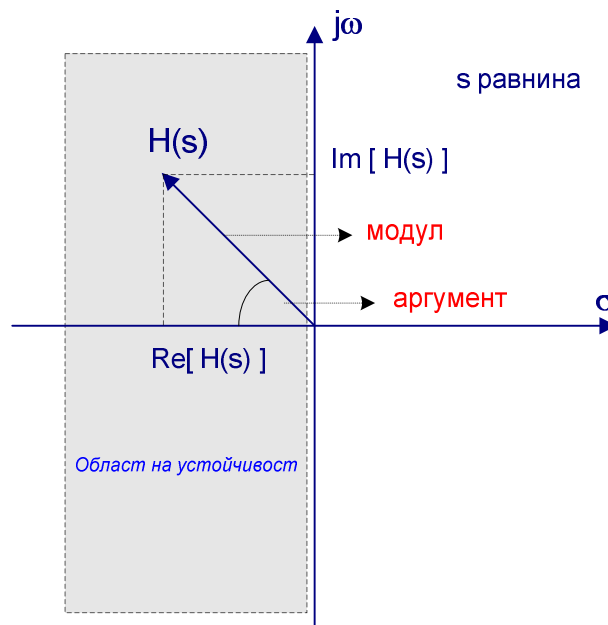
Предавателната функция зависи от комплексната променлива s т.е. представлява комплексно число, което се дефинира чрез модул и аргумент (3), и може да се представи графично в s -равнината, както е показано на Фиг.2.

$$\dot{H}(s) = \text{Re}[H(s)] + j \text{Im}[H(s)] = \left| \dot{H}(s) \right| e^{j\varphi(s)}, \quad (3)$$

където $\left| \dot{H}(s) \right|$ е модулът на ПФ, а $\varphi(s)$ - аргументът на ПФ

$$\left| \dot{H}(s) \right| = \sqrt{\text{Re}^2[H(s)] + \text{Im}^2[H(s)]} \quad (4)$$

$$\varphi(s) = \text{arctg} \frac{\text{Im}[H(s)]}{\text{Re}[H(s)]} \quad (5)$$



Фиг. 2. Представяне на предавателната функция като комплексно число в s равнината

1.3. Условия за физическа реализуемост на ПФ

За да бъде ПФ физически реализуема трябва да бъдат изпълнени следните условия:

- коефициентите на ПФ a_i , $i = 1 \dots m$; b_j , $j = 1 \dots n$ трябва да бъдат реални числа;

- редът на ПФ се определя от степента на полинома в знаменателя $n \geq m$.

1.4. Условия за устойчивост на ПФ

Условието за устойчивост на предавателната функция е реалната част на ПФ да бъде отрицателна $\text{Re}[H(S)] < 0$ т.е. да бъде разположена в лявата s полуравнина, както е илюстрирано на фиг. 2.

5. Математическа форма на запис на амплитудно-честотна характеристика. Физикално обяснение.

5.1. Амплитудно-честотна характеристика (АЧХ)

- Получаването на честотните характеристики в теоретичен смисъл става чрез полагането на комплексната променлива $S = j\omega$ равна на имагинерната съставка, т.е. процесите се разглеждат само върху честотната ос $j\omega$.

$$H(\omega) = \text{Re}[H(\omega)] + j \text{Im}[H(\omega)] = |H(\omega)| e^{j\varphi(\omega)}$$

Модулът на ПФ, като функция на честотата се дефинира с израза (6) и представлява математическата форма на запис на АЧХ.

$$|H(\omega)| = \sqrt{\text{Re}^2[H(\omega)] + \text{Im}^2[H(\omega)]} \quad (6)$$

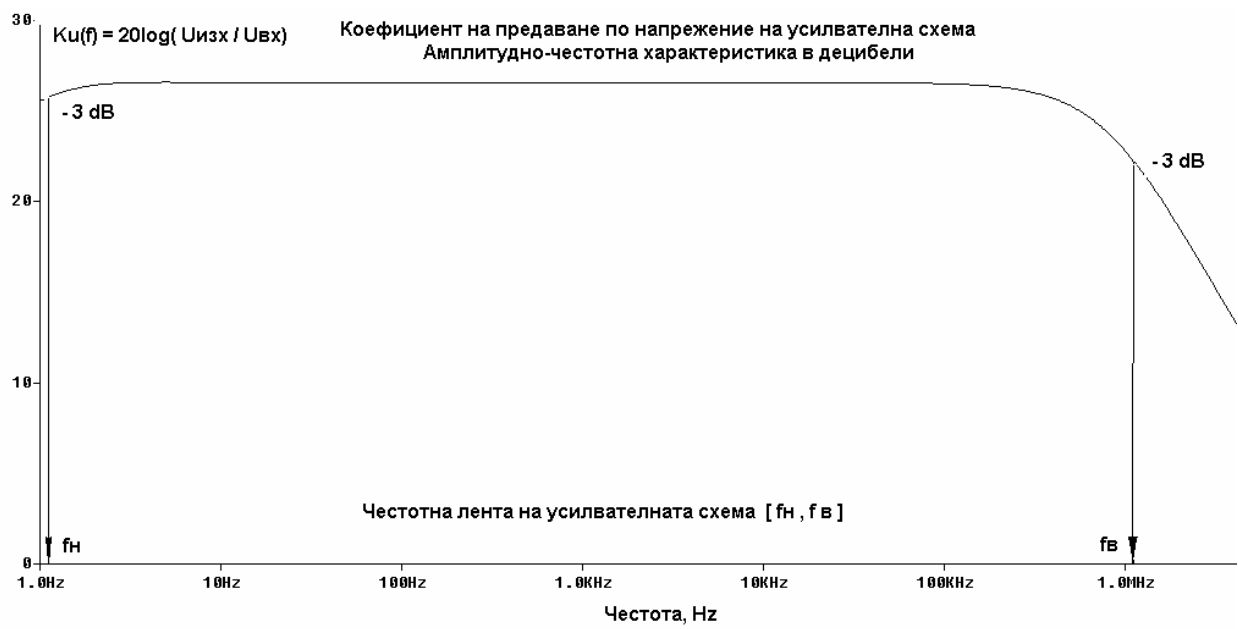
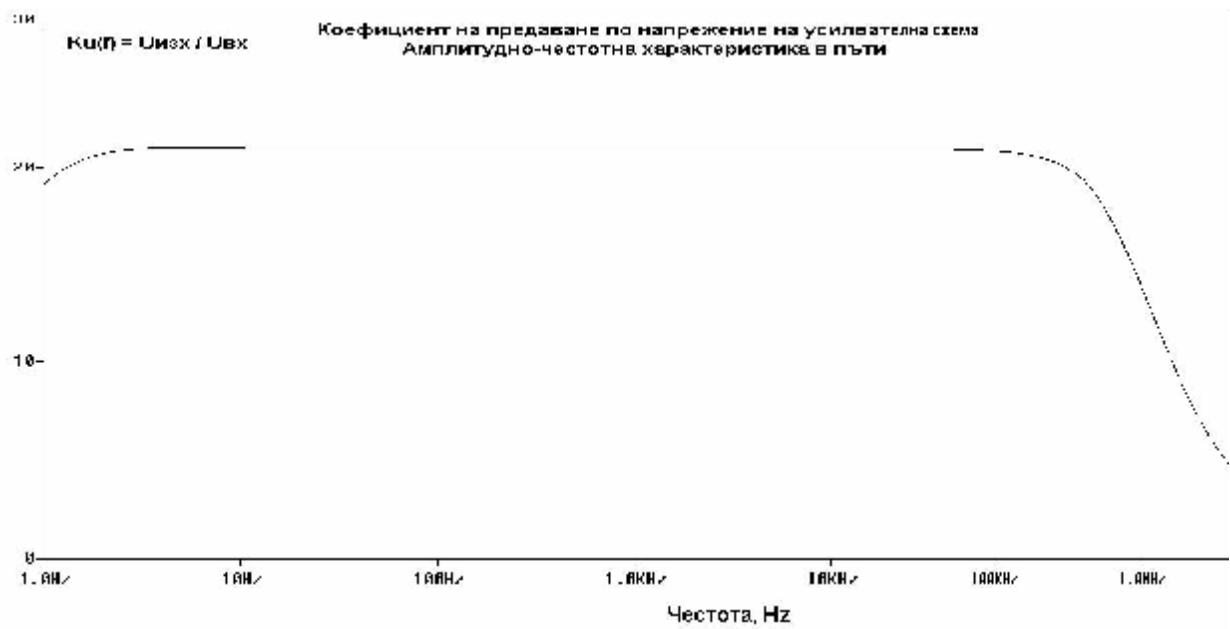
5.2. Физикална интерпретация на АЧХ

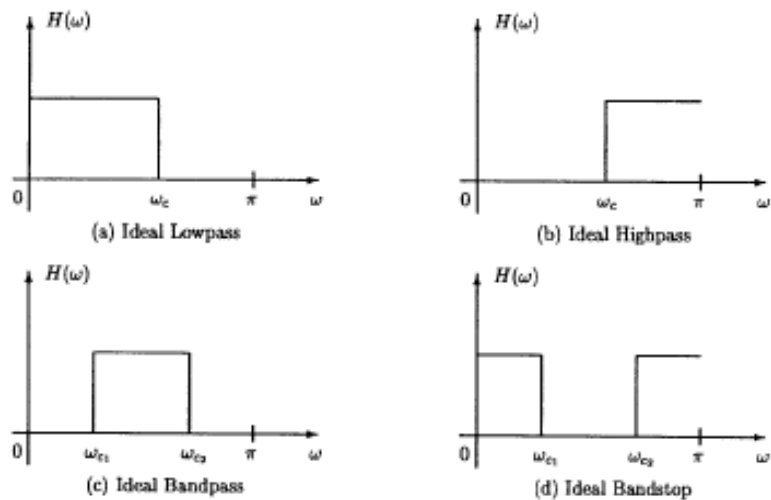
Физикално обяснение:

1) АЧХ изразява промените на амплитудите на различните честотни съставлящи на входа при преминаването им през електронната схема

2) АЧХ представлява отношението на амплитудата на изходното към амплитудата на входното напрежение в зависимост от честота (като функция на честотата)

5.3. Примери за АЧХ





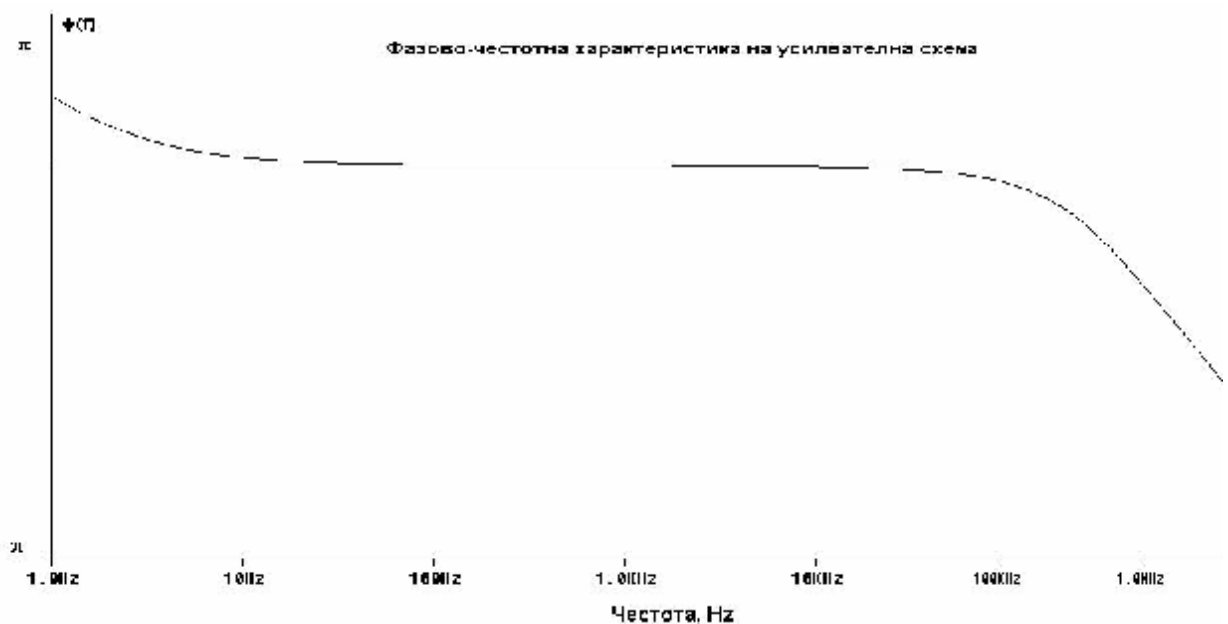
6. Математическа форма на запис на фазово-честотна характеристика. Физикално обяснение

6.1. Фазово-честотна характеристика (ФЧХ)

Аргументът на предавателната функция, разгледан върху честотната ос на S-равнината, т.е. като функция на честотата, представлява математическата форма на запис на ФЧХ

6.2. Физикална интерпретация на ФЧХ

- изразява промените на началните фази на честотните съставлящи на входа при преминаването им през електронната схема;
- ФЧХ представлява разлика във фазата на изходния сигнал и входния сигнал като функция на честотата.



Поради нелинейния характер на ФЧХ в определен честотен диапазон, нискочестотните съставлящи на сигнала се дефазират с "+" фаза, т.е. се забавят, а в определен честотен диапазон високочестотните съставлящи избързват. Резултатът от нелинейния характер на ФЧХ са т.нар. фазови изкривявания. За да се избегнат фазовите изкривявания се проектират допълнителни електронни схеми, наречени фазови коректори.

7. Видове предавателни функции

7.1. Коефициент на предаване по напрежение (АЧХ)

7.2. Коефициент на предаване по ток

7.3. Коефициент на предаване по мощност

8. Честотни характеристики на аналогова схема

- Коефициент на предаване по напрежение (АЧХ)
- Коефициент на предаване по ток
- Коефициент на предаване по мощност
- Фазово-честотна характеристика
- Входно съпротивление
- Изходно съпротивление

9. Логаритмично представяне на ЧХ

10. Променливотоков (честотен) анализ в PSPICE

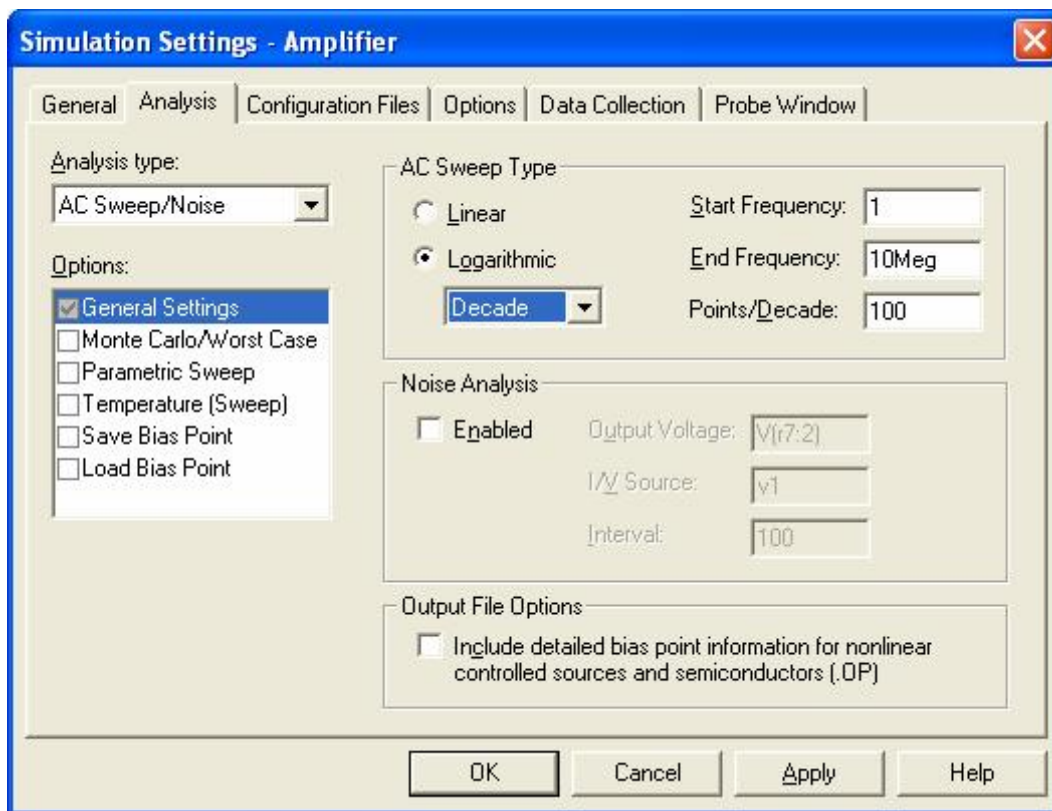
10.1. Команда за дефиниране на АС анализа

.AC [LIN] [OCT] [DEC] <n> <начална честота> <крайна честота>

където n –при LIN е линейна стъпка по честотата;

при DEC (OCT) – дефинира брой точки на декада (октава)

В PSPICE : AC Sweep Analysis


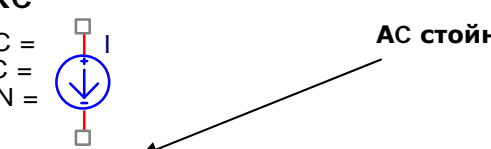


Фиг. 1. Диалогов прозорец за дефиниране на AC анализ

10.2. Дефиниране на променливотоков източник на сигнал за AC анализа

Таблица 1

Независим източник на променливо напрежение		Да се използва при извършване на:																	
<p>VAC</p> <p>1Vac 0Vdc</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Reference</th> <th>Value</th> <th>ACMAG</th> <th>ACPHASE</th> <th>DC</th> <th>Location X-Coordinate</th> <th>Location Y-Coordinate</th> <th>Source Part</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V</td> <td>VAC</td> <td>1Vac</td> <td></td> <td>0Vdc</td> <td>700</td> <td>120</td> <td>VAC.Normal</td> </tr> </tbody> </table>		Reference	Value	ACMAG	ACPHASE	DC	Location X-Coordinate	Location Y-Coordinate	Source Part	V	VAC	1Vac		0Vdc	700	120	VAC.Normal	Само променливотоков анализ	
Reference	Value	ACMAG	ACPHASE	DC	Location X-Coordinate	Location Y-Coordinate	Source Part												
V	VAC	1Vac		0Vdc	700	120	VAC.Normal												
<p>VSRC</p> <p>DC = AC = TRAN =</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Reference</th> <th>Value</th> <th>AC</th> <th>DC</th> <th>Location X-Coordinate</th> <th>Location Y-Coordinate</th> <th>Source Part</th> <th>TRAN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V</td> <td>VSRC</td> <td></td> <td></td> <td>710</td> <td>120</td> <td>VSRC.Normal</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Reference	Value	AC	DC	Location X-Coordinate	Location Y-Coordinate	Source Part	TRAN	V	VSRC			710	120	VSRC.Normal		Множество анализи, включващи променливотоков анализ	
Reference	Value	AC	DC	Location X-Coordinate	Location Y-Coordinate	Source Part	TRAN												
V	VSRC			710	120	VSRC.Normal													

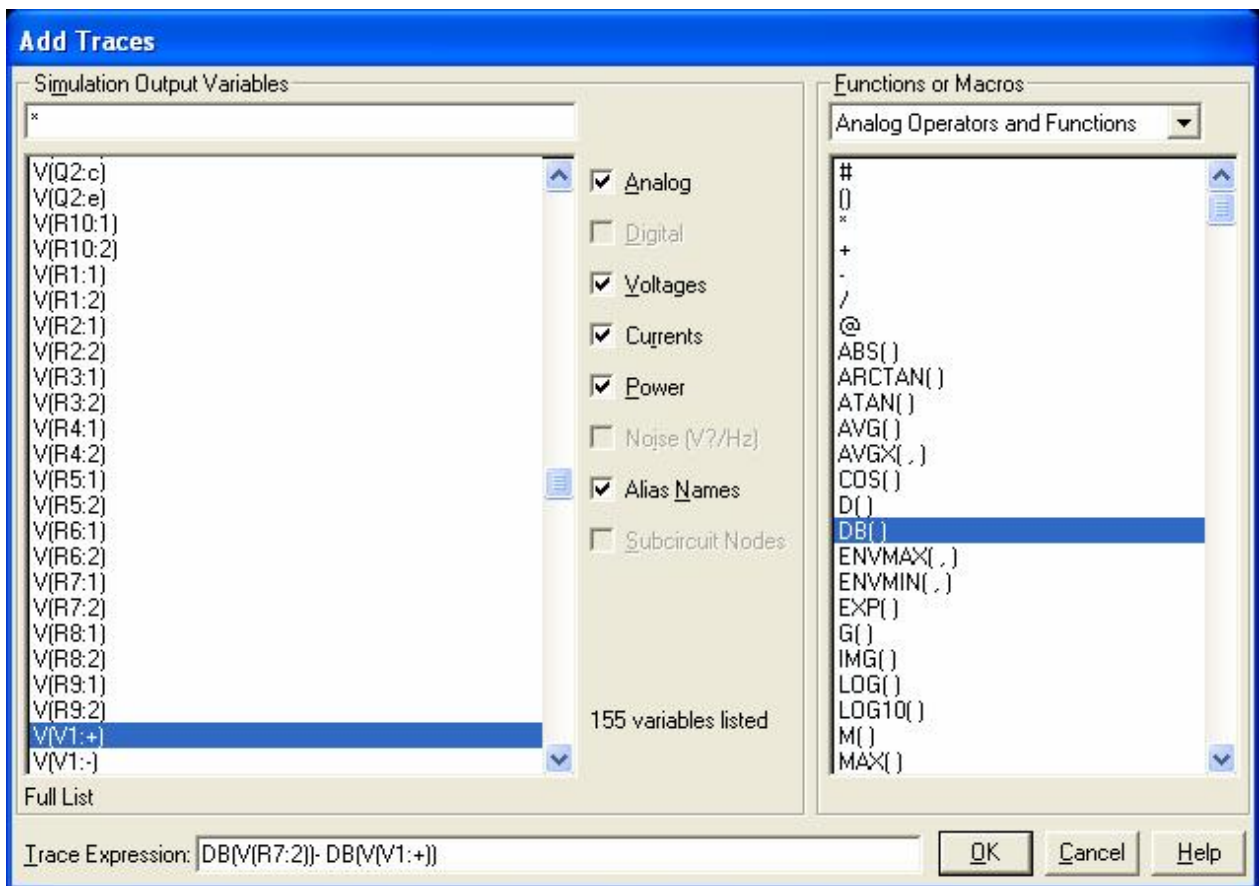
Независим източник на променлив ток								Да се използва при извършване на:																
<p>IAC</p>  <p>Амплитуда Фаза</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Reference</th> <th>Value</th> <th>ACMAG</th> <th>ACPHASE</th> <th>DC</th> <th>Location X-Coordinate</th> <th>Location Y-Coordinate</th> <th>Source Part</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>IAC</td> <td>1Aac</td> <td></td> <td>0Adc</td> <td>720</td> <td>120</td> <td>IAC.Normal</td> </tr> </tbody> </table>								Reference	Value	ACMAG	ACPHASE	DC	Location X-Coordinate	Location Y-Coordinate	Source Part	I	IAC	1Aac		0Adc	720	120	IAC.Normal	Само променливотоков анализ
Reference	Value	ACMAG	ACPHASE	DC	Location X-Coordinate	Location Y-Coordinate	Source Part																	
I	IAC	1Aac		0Adc	720	120	IAC.Normal																	
<p>ISRC</p>  <p>AC стойност</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Reference</th> <th>Value</th> <th>AC</th> <th>DC</th> <th>Location X-Coordinate</th> <th>Location Y-Coordinate</th> <th>Source Part</th> <th>TRAN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>И</td> <td>ISRC</td> <td></td> <td></td> <td>810</td> <td>110</td> <td>ISRC.Normal</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Reference	Value	AC	DC	Location X-Coordinate	Location Y-Coordinate	Source Part	TRAN	И	ISRC			810	110	ISRC.Normal		Множество анализи, включващи променливотоков анализ
Reference	Value	AC	DC	Location X-Coordinate	Location Y-Coordinate	Source Part	TRAN																	
И	ISRC			810	110	ISRC.Normal																		

11. Получаване на честотните характеристики в PSpICE

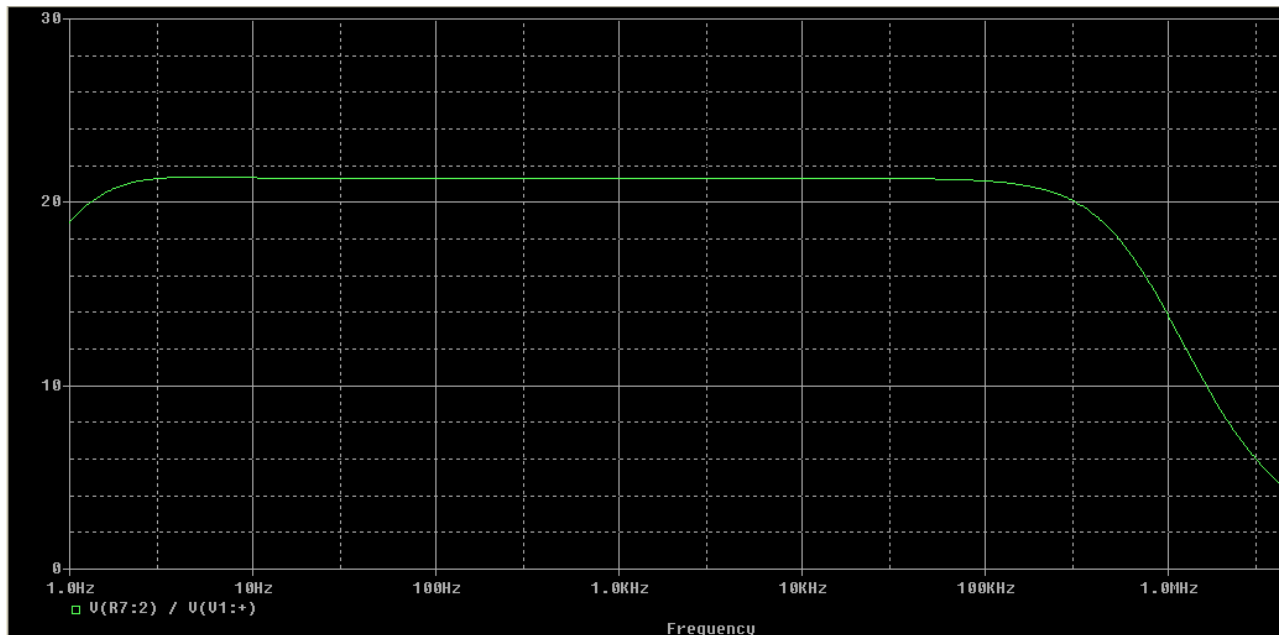
11. 1. Изрази, дефинирани в графичния постпроцесор за получаване на честотните характеристики

АЧХ, K_u, пъти	$V(\text{изх. възел})/V(\text{вх. възел})$
АЧХ, K_u, dB	$DB(V(\text{изх. в.})) - DB(V(\text{вх. въз.}))$
K_I, пъти	$I(R_T)/I(V_{in})$
ФЧХ	$VP(\text{изх. възел}) - VP(\text{вх. възел})$
$R_{вх.}$	$V(\text{вх. възел})/I(V_{in})$
$R_{изх.}$	$V(V_3)/I(V_3)$

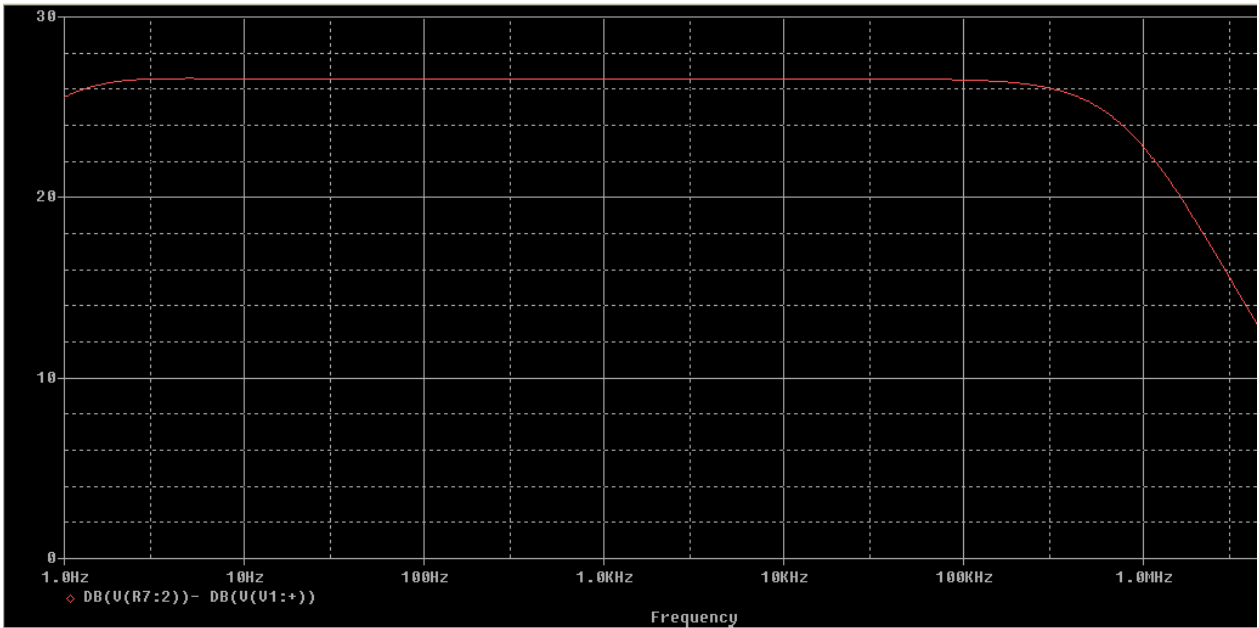
където V_3 е източник на сигнал, поставен в изхода на схемата на мястото на товарния резистор.



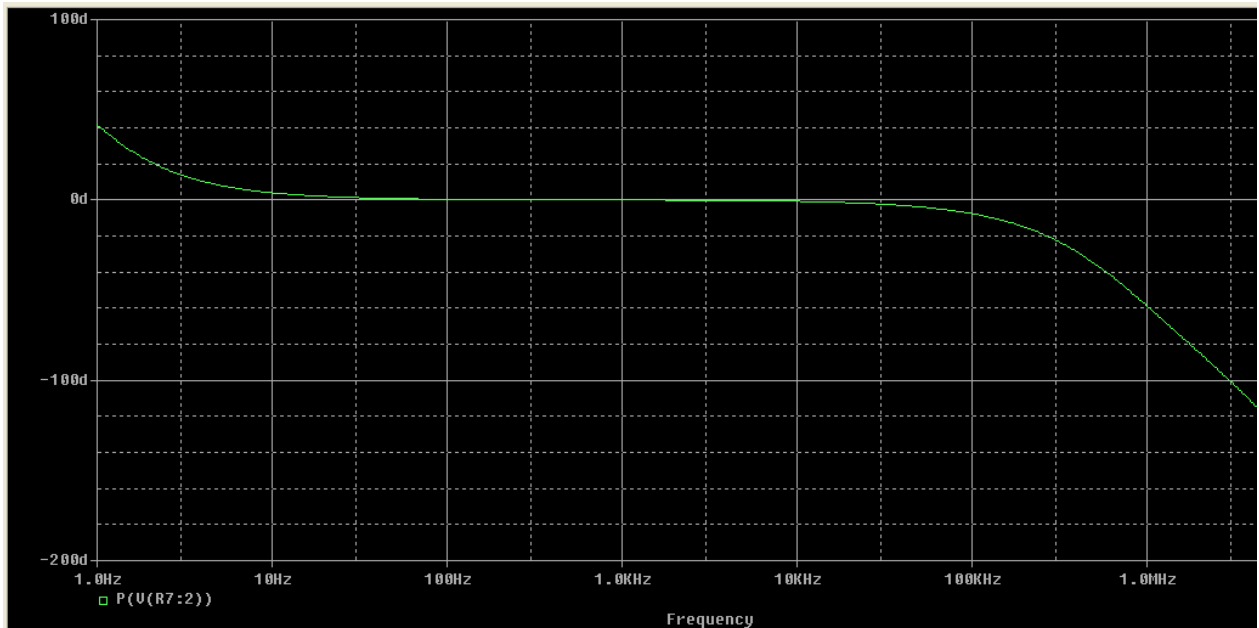
Фиг. 2. Диалогов прозорец за дефиниране на честотна характеристика в графичния постпроцесор



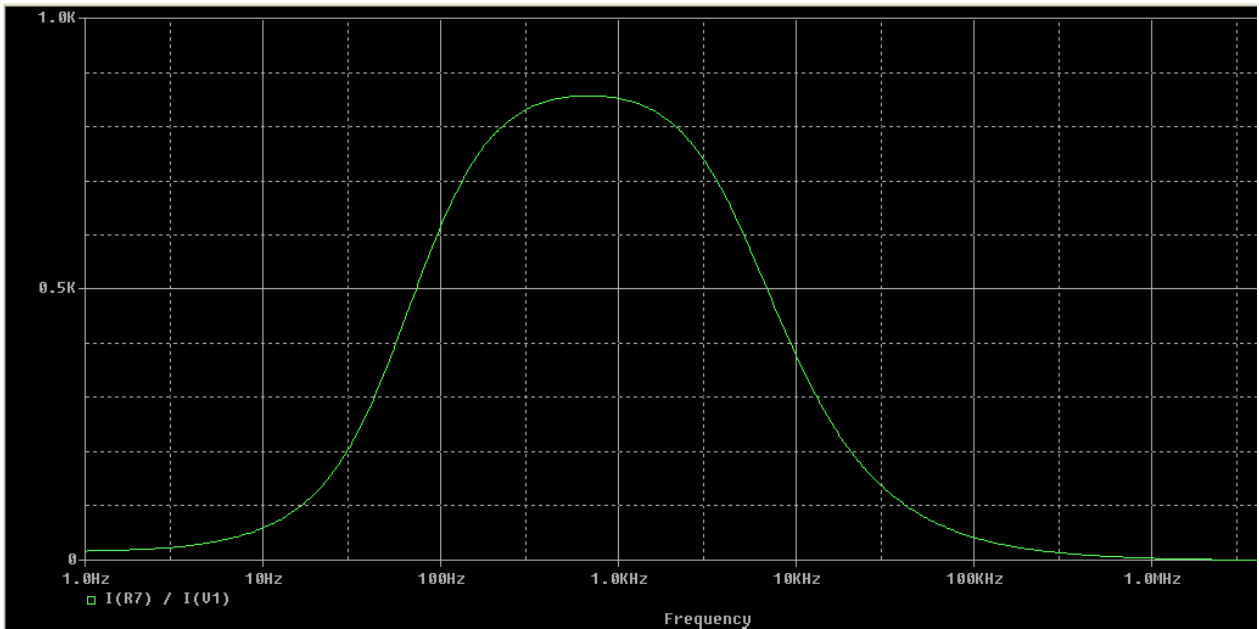
Фиг. 3. АЧХ на усилвателна схема, дефинирана в пъти



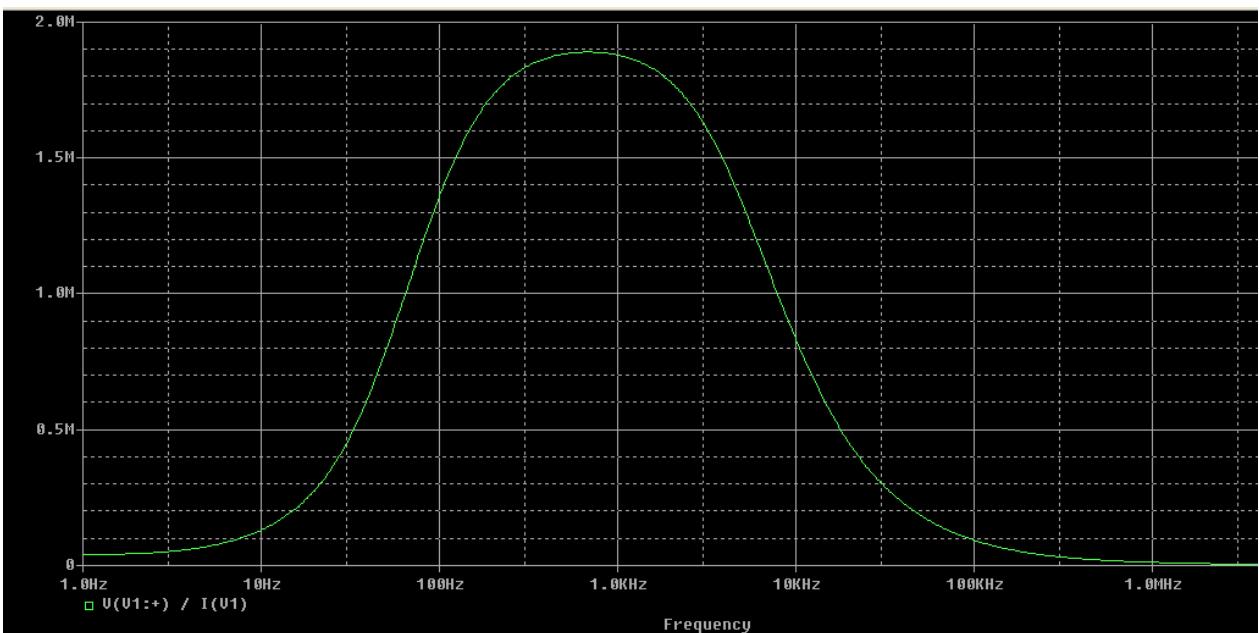
Фиг. 4. АЧХ на усилвателна схема, дефинирана в децибели



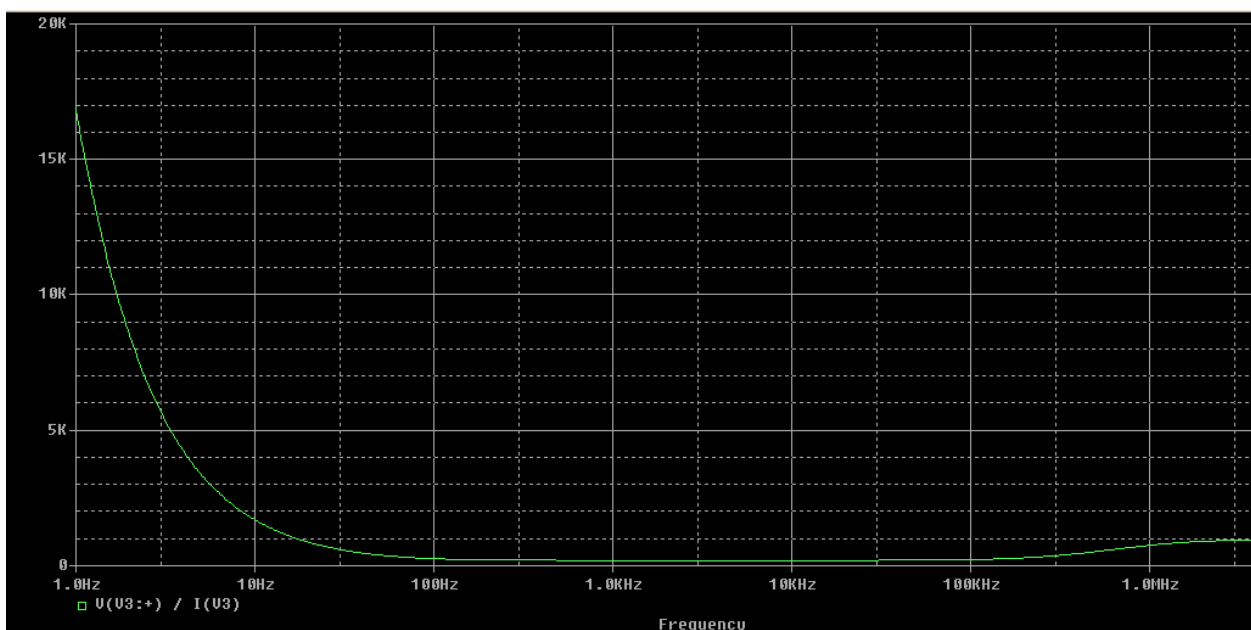
Фиг. 5. ФЧХ на усилвателна схема



Фиг. 6. Коефициент на предаване по ток на усилвателна схема



Фиг. 7. Входно съпротивление на усилвателна схема



Фиг. 8. Изходно съпротивление на усилвателна схема