

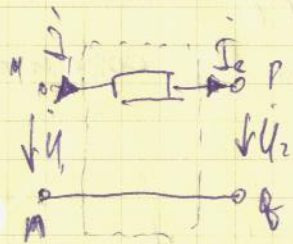
$$\begin{cases} U_2 = \frac{A_2}{A_1} = A_{22} U_1 + A_{21} I_1 = B_{11} U_1 + B_{12} I_1 & (15.1) \\ I_2 = \frac{A_2}{A_1} = A_{21} U_1 + A_{22} I_1 = B_{21} U_1 + B_{22} I_1 & (15.2) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} B_{11} &= A_{22} & B_{12} &= A_{21} & B_{21} &= A_{11} & B_{22} &= A_{12} \\ (16.1) & & (16.2) & & (16.3) & & (16.4) \end{aligned}$$

Симметричный элемент (17)

Сравнив ур-е 15.1 и 15.2. Если $A_{11} = A_{22}$ - симметричный элемент, вход и выход провод можно поменять местами, а в нач. ничего не изм.

Акоэффициент передачи



$$\begin{aligned} U_1 &= U_2 + Z \cdot I_2 \\ I_1 &= I_2 \end{aligned}$$

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[A_-] = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & Z \end{bmatrix} = 1$$

сост и 1-го
порядк. Сост.

$$\begin{cases} U_1 = U_2 \\ I_1 = I_2 + Z \cdot I_2 \end{cases}$$

$$[A_1] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ Z & 1 \end{bmatrix} = 1$$

97

(13) уравнение свертки коэфф. несобственных функций.

Выражение коэфф. свертки для резистивных элементов
через известные A-коэфф. по примеру ур-е, дано по формуле B.

Ур-е B формулы используем при анализе. Передаем ли энергию от источника, подключенного к второму формам (p, q) к нагрузке (m, n) замкнув ур-е (1.1) и (1.2) с учетом указанного коэфф.



$$(14.1) \begin{cases} U_1 = A_{11} \cdot U_2 - A_{12} \cdot I_2 \\ (14.2) \end{cases}$$

$$-I_1 = A_{21} \cdot U_2 - A_{22} \cdot I_2$$

В ур-е A формулы слева U_1 и I_1

Решим систему относительно U_1 и I_1

$$\Delta = \begin{vmatrix} A_{11} & -A_{12} \\ A_{21} & -A_{22} \end{vmatrix} = -A_{11} \cdot A_{22} + A_{12} \cdot A_{21} = -1$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} U_2 & -A_{12} \\ -I_2 & -A_{22} \end{vmatrix} = -A_{22} U_2 - A_{12} I_2$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} A_{11} & U_1 \\ A_{21} & -I_1 \end{vmatrix} = -A_{11} I_1 - A_{21} U_1$$

96

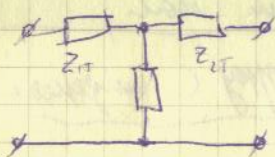


Рис. 13

Г- и П-образные схемы
 рассеивающей реальной цепи
 пол. Очевидно, что схема
 рассеивающей цепи в виде цепи

фактически обменивается местами те, как исходный А-коэффициент, причем только 3 из этих коэф. являются независимыми, а 4-й можно получить из ур. связи. В качестве схем рассеивающей цепи можно использовать Г- и П-образные цепи.

Параметры цепи можно использовать в качестве схем рассеивающей цепи. Можно найти коэффициенты у 18.1 - 18.4 или 19.1 - 19.4 для Г-схемы

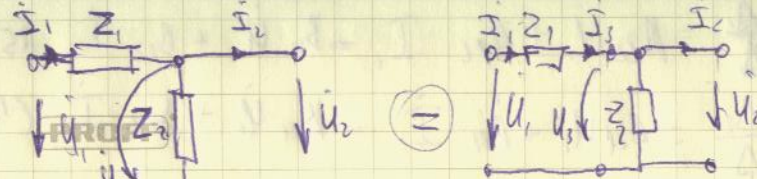
$$Z_{0T} = \frac{1}{A_{21}}; \quad \frac{Z_{0T} + Z_{1T}}{Z_{0T}} = A_{11};$$

$$(20.1) \quad Z_{0T} + Z_{1T} = A_{11} Z_{0T}; \quad Z_{1T} = (A_{11} - 1) Z_{0T} = \frac{A_{11} - 1}{A_{21}} \quad (20.2)$$

$$Z_{2T} = \frac{A_{22} - 1}{A_{21}} \quad (20.3)$$

знаменатель у формул 19.1, 19.2 и 19.3 $\Rightarrow$

$$Z_{0n} = A_{11}; \quad Z_{2n} = \frac{A_{12}}{A_{11} - 1}; \quad Z_{1n} = \frac{A_{12}}{A_{11} - 1} \quad (21.1) \quad (21.2)$$

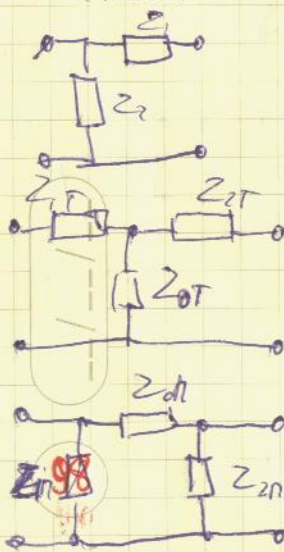


$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = [A] \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = [A] [A^{-1}] \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix} =$$

$$[A] = [A] [A^{-1}] = \begin{bmatrix} 1 + \frac{Z_1}{Z_2} & Z_1 \\ \frac{1}{Z_2} & 1 \end{bmatrix}$$

Цепочка не симметрична. Цепочка по рис. соединяет цепи, каждая из которых.

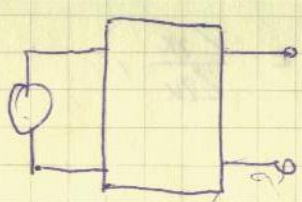
Рассчитав эквивалентные образцы можно рассчитать А для Г, Т и П-образных цепей.



$$[A_T] = \begin{bmatrix} \frac{1}{Z_2} & Z_1 \\ \frac{1}{Z_2} & 1 + \frac{Z_1}{Z_2} \end{bmatrix} \quad A_{11} (18.1) \quad A_{12} (18.2)$$

$$[A_\Pi] = \begin{bmatrix} 1 + \frac{Z_{1T}}{Z_{0T}} & Z_{1T} + Z_{2T} + \frac{Z_{1T} Z_{2T}}{Z_{0T}} \\ \frac{1}{Z_{0T}} & 1 + \frac{Z_{2T}}{Z_{0T}} \end{bmatrix} \quad A_{11} (18.1) \quad A_{12} (18.2) \quad A_{21} (18.3) \quad A_{22} (18.4)$$

$$[A_G] = \begin{bmatrix} 1 + \frac{Z_{0n}}{Z_{2n}} & Z_{0n} \\ \frac{1}{Z_{2n}} + \frac{1}{Z_{1n}} + \frac{Z_{0n}}{Z_{1n} Z_{2n}} & 1 + \frac{Z_{1n}}{Z_{2n}} \end{bmatrix} \quad A_{11} (19.1) \quad A_{12} (19.2)$$



$Z_{n2} = \infty$
 - обр. $Z_{1x} = \frac{A_{11}}{A_{21}} \quad (23)$

Пример короткого замыкания.

2) $Z_{1x} = \frac{A_{11}}{A_{12}}$ - замкн. $Z_{n2} = 0$

3) обр. холостого хода:

$Z_{2x} = \frac{A_{22}}{A_{21}} \quad (25)$

4) обр. корот. замык.

$Z_{2x} = \frac{A_{12}}{A_{11}} \quad (26)$

Введем γ_n ~~амплитуды~~ γ волны:

$\frac{Z_{1x}}{Z_{2x}} = \frac{\frac{A_{11}}{A_{21}}}{\frac{A_{12}}{A_{11}}} = A_{11}^2$

$A_{11} = \sqrt{\frac{Z_{1x}}{Z_{2x} - Z_{2k}}} \quad (28.1)$

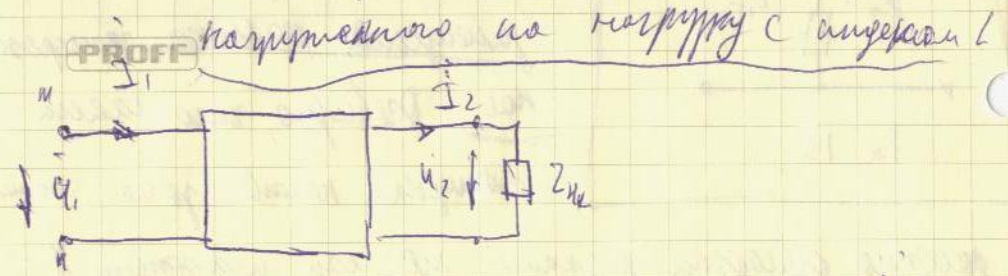
2) 23.26 среден

$A_{21} = \frac{A_{11}}{Z_{1x}} \quad ; \quad A_{11} = A_{11} \cdot Z_{2k} \quad (28.3)$

$(28.2) \quad (28.3)$

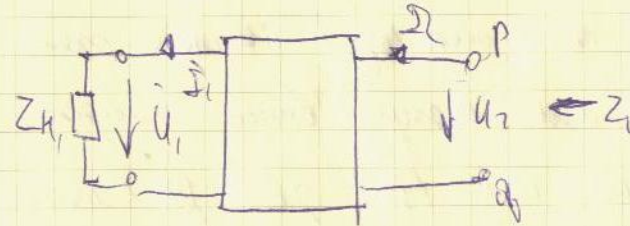
$A_{22} = \frac{A_{11}}{Z_{2x}} = A_{11} \frac{Z_{2x}}{Z_{1x}} \quad (28.4)$

Входное сопр. тем пол.



$Z_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{A_{11} \cdot U_n + A_{12} \cdot I_2}{A_{21} U_n + A_{22} I_2} = \frac{A_{11} + A_{12} \frac{U_n}{I_2}}{A_{21} + A_{22} \frac{U_n}{I_2}} =$

$= \frac{A_{11} + A_{12} Z_{n2}}{A_{21} + A_{22} Z_{n2}}$



$Z_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{B_{12} + B_{11} Z_{n1}}{B_{22} + B_{21} Z_{n1}} \quad (21.2)$

Определение A коэф. без каких-либо
 слов коэф. и прямое замкн.

Для опред. A коэф. необход. провести

несколько опытов - прямая методика

$$U_1 = A_{11} \cdot U_2 + A_{12} \cdot I_2 = U_2 \left(A_{11} + A_{12} \frac{I_2}{U_2} \right) = U_2 \left(A_{11} + A_{12} Z_L \right)$$

$$= U_2 \left(A_{11} + A_{12} \frac{1}{\sqrt{\frac{A_{11}}{A_{12}}}} \right) = U_2 \left(A_{11} + \sqrt{A_{12} \cdot A_{11}} \right) = U_2 e^g = U_2 e^{a+jb}$$

Для симметр. ветвей, напр. по коротким
соединив Z_c

$$I = A_{21} U_2 + A_{22} \cdot I_2 = I_2 (A_{21} + \sqrt{A_{12} \cdot A_{21}}) =$$

$$= I_2 e^g = I_2 e^{a+jb}$$

$$A_{11} + \sqrt{A_{12} A_{21}} = e^g$$

$$g = \ln(A_{11} + \sqrt{A_{12} A_{21}})$$

$$\begin{cases} U_1 = U_2 e^g \\ I_1 = I_2 e^g \end{cases} \quad U_1 e^{j\psi_{U1}} = U_2 e^{j\psi_{U2}} e^{a+jb} = U_2 e^{a+j(\psi_{U2}+b)}$$

$$I_1 e^{j\psi_{I1}} = I_2 e^{j(\psi_{I2}+b)}$$

$$\psi_{U1} = \psi_{U2} + b$$

$$\psi_{I1} = \psi_{I2} + b$$

Величину a , характер урн. сигнала
при прохождении ветвей ветвей. на-
грузки или коротк. замык. ветвей.

Величину b , повор. по скачкам U , или
 I , оперет. по фазе U , или I .

$$\frac{Z_{1X}}{Z_{1K}} = \frac{A_{11}}{A_{21}} = \frac{A_{11} A_{12}}{A_{11} A_{12}} = \frac{Z_{2X}}{Z_{2K}}$$

Снова 3 отсюда получим.

Известная. коротк. вет. нал.

Для любого несимметр. вет. нал. срез. на-
грузки. Z_{c1} и Z_{c2} , где вет. симметр. вет.

$$Z_{c1} = \frac{A_{12} + A_{11} Z_{c2}}{A_{22} + A_{21} Z_{c2}} \quad (28.1) \quad \begin{array}{c} Z_{c1} \rightarrow \square \leftarrow Z_{c2} \end{array}$$

$$Z_{c2} = \frac{A_{12} + A_{22} Z_{c1}}{A_{11} + A_{21} Z_{c1}} \quad (29.1) \quad \begin{array}{c} Z_{c1} \leftarrow \square \rightarrow Z_{c2} \end{array}$$

$$Z_{c1} = \sqrt{\frac{A_{11} A_{12}}{A_{21} A_{22}}}$$

(30.1)

$$Z_{c2} = \sqrt{\frac{A_{22} A_{21}}{A_{11} A_{12}}} \quad (30.2)$$

$$Z_{c1} = \sqrt{Z_{1X} C_{1K}} \quad Z_{c2} = \sqrt{Z_{2X} C_{2K}}$$

В случае симметр. $Z-X$ нал. срез. вет.

$$Z_{c1} = Z_{c2} = Z_c = \sqrt{\frac{A_{12}}{A_{11}}}$$

Известная нагрузка
симметр. вет. нал.

Вид симметрич. вет. пол. ранее показано.

$$g = \ln(A_{11} + \sqrt{A_{12}A_{21}})$$

$$e^g = A_{11} + \sqrt{A_{12}A_{21}}$$

$$e^{-g} = \frac{1}{e^g} = \frac{1}{A_{11} + \sqrt{A_{12}A_{21}}}$$

$$\operatorname{ch} g = \frac{1}{2} \left(A_{11} + \sqrt{A_{12}A_{21}} + \frac{1}{A_{11} + \sqrt{A_{12}A_{21}}} \right) =$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{A_{11}^2 + 2A_{11}\sqrt{A_{12}A_{21}} + A_{12}A_{21} + 1}{A_{11} + \sqrt{A_{12}A_{21}}} \right) =$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{2A_{11}^2 + 2A_{11}\sqrt{A_{12}A_{21}}}{A_{11} + \sqrt{A_{12}A_{21}}} \right) = A_{11}$$

$$\operatorname{sh} g = \sqrt{A_{12}A_{21}} \quad \text{и с учетом } Z_c = \sqrt{\frac{A_{12}}{A_{21}}}$$

$$Z_c \operatorname{sh} g = A_{12}$$

$$Z_c \operatorname{ch} g = A_{21}$$

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \dot{U}_2 \operatorname{ch} g + I_2 Z_c \operatorname{sh} g \\ I_1 = \dot{U}_2 \frac{\operatorname{sh} g}{Z_c} + I_2 \operatorname{ch} g \end{cases}$$

Эквивалентные генераторы:

Эк. ген. - эквив. ветка, выходящая из источника питания и нагруж. эквив.

105

приведен к источ. тока или к источ. напряж.

1 ветку g - первой ветки ветки.

Единицы измерения затухания

Затухание сигнала, при прохождении вет. вет. пол. измерит в дБ (дБ) и дБ (дБ).

$$\alpha_{дБ} = \frac{1}{2} \ln \frac{S_1}{S_2} \quad ; \quad \alpha_{дБ} = \lg \frac{S_1}{S_2} \quad (37) \quad (38)$$

Если ветка нагружена на экв. сопротивление Z_c у формул (37) и (38) $\Rightarrow \alpha_{дБ} = \frac{1}{2} \ln \frac{U_1^2}{Z_c^2} =$

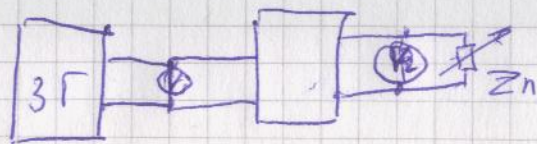
$$= \frac{1}{2} \ln \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2 = \ln \frac{U_1}{U_2}$$

$$\alpha_{дБ} = 2 \lg \frac{U_1}{U_2}$$

$\frac{U_1}{U_2}$	2,718=(e)	10	20	100
$\alpha_{дБ}$	1	2,5	3	4,6
$\alpha_{дБ}$	0,868	2	2,6	4
$\alpha_{дБ}$	8,68	20	26	40

Усиление сигнала
ветки в измер. единицах

104



$$Z_L = Z_C$$

PROFF

ω увеличивается от 0

до ∞

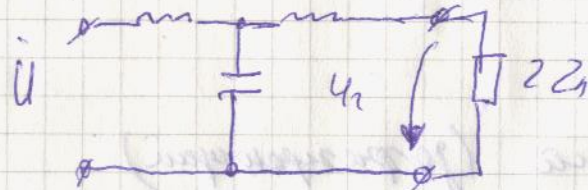
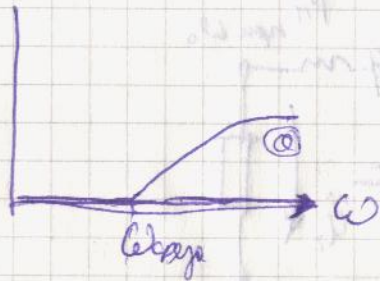


ФНЧ

$$U_1 = U_2 \cdot e^a$$

$$e^a = \frac{U_1}{U_2}$$

$$a = \ln \frac{U_1}{U_2}$$



ФВЧ

107

для демпфирования (без затухания или с затуханием) пропуск к нагрузке, когда с фильтром токов дросель частот и для задерживания или в сильной затухании токов др. частот.

Чтобы не возник потерь энергии, их вычитают из реактивных эл-тов. Принцип: мерная связь, радиотехника, там, где нет разделение частот.

Какие еще LC фильтры типа К. Коэффициент, фильтры по частотам.

Большая частота, пропуск дросель без затухания или с небольшим затуханием, низкая частота пропуск (пропускание), остальные частоты - область задерж.

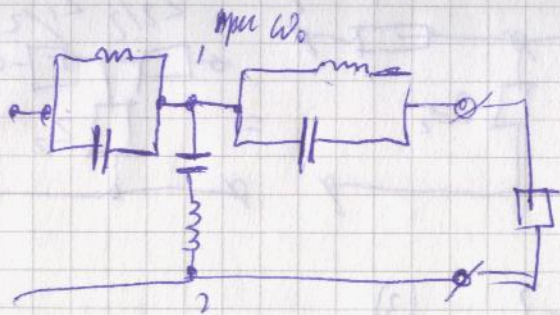
1) Фильтры низких частот

2) Фильтры высоких частот

3) Полосовые фильтры

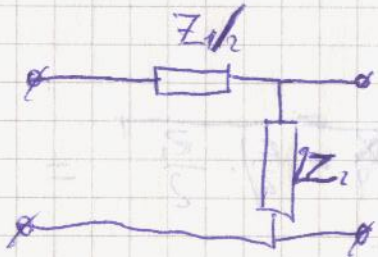
4) Заграждающие фильтры.

106

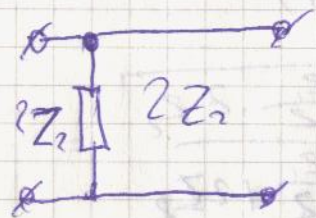


PROFF

Схемы обвязки Г, Т, П, фильт.
 и коэф. фильт.
 Элементы прямого сигнала Г-оф. фильт.



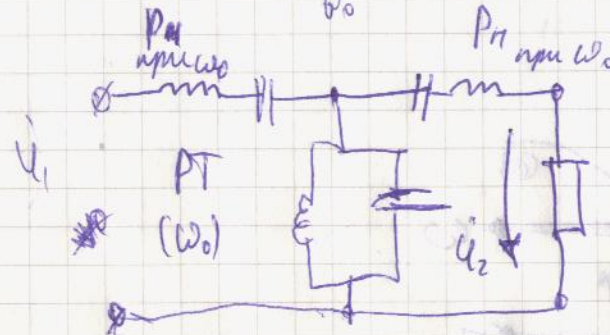
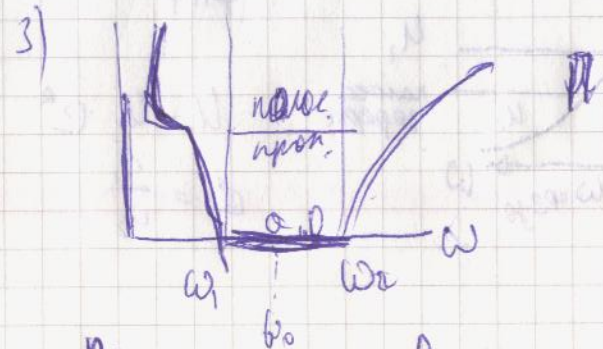
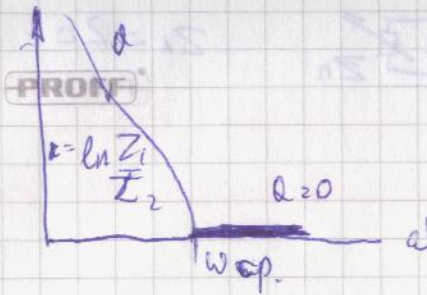
$$[A_T] = \begin{vmatrix} 1 + \frac{Z_1}{4Z_2} & \frac{Z_1}{2} \\ \frac{1}{2Z_2} & 1 \end{vmatrix}$$



$$[A_\Pi] = \begin{vmatrix} 1 & \frac{Z_1}{Z_2} \\ \frac{1}{2Z_2} & 1 + \frac{Z_1}{4Z_2} \end{vmatrix}$$

Г и П оф. фильтры могут быть прод.
 каскадным сдв. Г оф. нет макс.

109



4) Резекторный (заграждающий)



108

$$Z_{C1T} = Z_{C1T} = \sqrt{Z_1 Z_2} \cdot \sqrt{1 + \frac{Z_1}{4Z_2}} \quad (6.1)$$

Зачем T и Π remn. нал. немы. немы. бнотр д. глосев, нури бнотр. yu. con,

$$\left. \begin{aligned} \text{но } Z_{C1T} &= Z_{C1T} \\ Z_{C2T} &= Z_{C2T} \end{aligned} \right\} Z_{C1T} = Z_{C2T} = Z_{CT} =$$

$$= \sqrt{Z_1 Z_2} \sqrt{1 + \frac{Z_1}{4Z_2}} \quad (7)$$

Z_{C1T}

Мерфрегеру, remn. нал

$$\theta/2 = \frac{\theta}{2} + j \frac{\theta}{2} = \ln(\sqrt{A_{11} A_{22}} + \sqrt{A_{12} A_{21}}) =$$

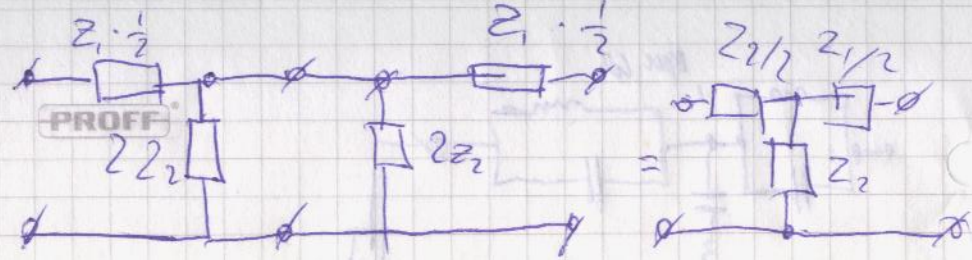
$$= \ln(\operatorname{ch} \theta/2 + \operatorname{sh} \theta/2); \quad (8)$$

$$e^{\theta/2} = \sqrt{A_{11} A_{22}} + \sqrt{A_{12} A_{21}} = \operatorname{ch} \theta/2 + \operatorname{sh} \theta/2 \quad (10)$$

$$\operatorname{ch} \theta/2 = \sqrt{A_{11} A_{22}} = \sqrt{1 + \frac{Z_1}{4Z_2}} \quad (11)$$

$$\operatorname{sh} \theta/2 = \sqrt{A_{12} A_{21}} = \sqrt{\frac{Z_1}{4Z_2}} \quad (12)$$

И.у.Т и Π rem. нал. одфремере агри. cone бнотр. Γ глосев, no rem. нал.



$$[A_T] = [A_T][A_T] \quad (3)$$

$$[A_n] = [A_T][A_T] \quad (4)$$

$$Z_{C1T} = \sqrt{Z_{1x} \cdot Z_{1K}} = \sqrt{\frac{Z_1}{2} \cdot \frac{Z_1}{2}} =$$

$$= \sqrt{Z_1 Z_2} \sqrt{1 + \frac{Z_1}{4Z_2}}; \quad (5.1)$$

$$Z_{C2T} = \sqrt{Z_{2x} \cdot Z_{2K}} = \sqrt{2Z_2 \cdot \frac{Z_1}{2} \cdot 2Z_2} =$$

$$\sqrt{\frac{Z_1 Z_2}{1 + \frac{Z_1}{4Z_2}}} \quad (5.2)$$

$$= \frac{\sqrt{Z_1 Z_2}}{\sqrt{1 + \frac{Z_1}{4Z_2}}}$$

$$6.1 \quad Z_1 = C_{1T} = Z_{C1T} = \frac{\sqrt{Z_1 Z_2}}{\sqrt{1 + \frac{Z_1}{4Z_2}}}$$

Получили противоречие $\Rightarrow$ расчеты неверны.
 не все, что мы

PROFF

Ниже покажем, что имеет св-ва сети
 нет пол. с нулевым сопр.

$$Z_1 = \pm jX_1 \quad Z_2 = \pm jX_2$$

Законы применения правил

и коэфф. фаз фильтра в полосе проп.
 и в полосе задерж.

Периодические несинусоид. токи в эл. цепях

Введение: в энерг. системах принимают
 специальные меры для поддерж. синусоид.
 формы перемен. токов и напр.

В цепях эл. связи, в э.
 отклон. от синусоид. часто обусл.
 наличием нелинейных элементов.

Период. не синус. токи возн. в эл.
 цепях в след. режимах (или их
 комбинах).

при T и P экв. в первом случае и второе

$$S = P + jQ$$

Условие равенства функций:

Покажем, что нет пар. ил. групп аргументов
 групп аргументов не имеют одинаковых функций:

$$Z_1 = \pm jX_1 \quad \sqrt{\frac{Z_1}{Y_2}} = \sqrt{\frac{\pm jX_1}{\pm jY_2}} = \sqrt{\frac{X_1}{Y_2}}$$

$$Z_2 = \pm jY_2$$

$$S_h = \frac{e^{a/2} - e^{-a/2}}{2} = \frac{e^{a/2} e^{jb/2} - e^{-a/2} e^{-jb/2}}{2} =$$

$$= \frac{e^{a/2} (\cos b/2 + j \sin b/2) - e^{-a/2} (\cos b/2 - j \sin b/2)}{2}$$

$$= \cos b/2 \frac{e^{a/2} - e^{-a/2}}{2} + j \sin b/2 \frac{e^{a/2} + e^{-a/2}}{2} =$$

$$= \sinh a/2 \cos b/2 + j \cosh a/2 + j \sinh a/2 \sin b/2 =$$

$$= \sqrt{\frac{X_1}{Y_2}} + j0 \quad \cosh a/2 \sin b/2 = 0 \quad (14.7)$$

$$\sinh a/2 \cos b/2 = \pm \sqrt{\frac{X_1}{Y_2}} \quad (14.1)$$

В полосе проп. $q = 1$ $\frac{a}{2} = 0$, тогда

$$\cosh a/2 = 1$$

$$A_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) d\omega t;$$

$$A'_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \sin k\omega t d\omega t;$$

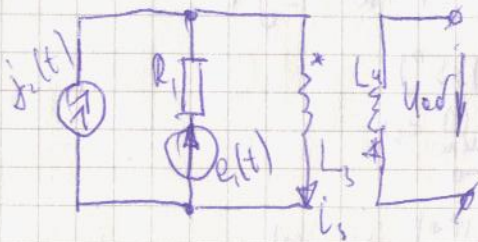
$$A''_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cos k\omega t d\omega t$$

PROFF

$$A'_k \sin k\omega t + A''_k \cos k\omega t = A_k \sin(k\omega t + \Psi_k)$$

$$A_k = \sqrt{(A'_k)^2 + (A''_k)^2} \quad \text{т.к. } \Psi_k = \frac{A''_k}{A_k}$$

$$f(\omega t) = A_0 + A_1 \sin(\omega t + \Psi_1) + A_2 \sin(2\omega t + \Psi_2) + \dots + A_k \sin(k\omega t + \Psi_k) + \dots$$



$$i_2(t) = 5 \cos 2000t \text{ A}$$

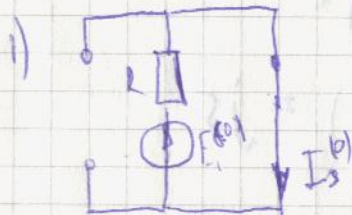
$$e_1(t) = 3 + 6 \sin 1000t \text{ V}$$

$$R_1 = 3 \text{ Ом} \quad M = 1 \text{ мГн}$$

$$L_3 = 3 \text{ мГн}$$

Тип задачи неадекватен

Задача не имеет смысла и не решается.



$$I_3^{(0)} = \frac{E_1}{R_1} = 1 \text{ A}$$

115

1) амплитуды, частоты, и фазы, а также их гармоническое разложение.

2) Частоты и амплитуды, а также их разложение по степеням частоты.

3) Частоты и амплитуды, а также их разложение по степеням частоты.

Примеры разложения функций

из данных функций, что разложение $f(x)$, где $x = \omega t$ с периодом $T = 2\pi$ можно разложить по степеням частоты.

$$f(x) = f(\omega t) = A_0 + A'_1 \sin \omega t + A'_2 \sin 2\omega t + \dots + A'_k \sin k\omega t + \dots$$

$$+ A''_1 \cos \omega t + A''_2 \cos 2\omega t + \dots$$

A_0 - осевая составляющая

A'_k - амплитуды синусов с частотами $1-\omega, 2-\omega, 3-\omega, \dots$

A''_k - амплитуды косинусов с частотами $1-\omega, 2-\omega, 3-\omega, \dots$

114

$$\dot{I}_{3m}^{(2)} = \dot{I}_{2m}^{(2)} = \frac{R_1}{R_1 + jX_{L3}^{(2)}} = j5 \frac{3}{3 + j6} = 2,23 \cdot e^{j26,6^\circ}$$

$$U_{ad}^{(2)} = \cancel{1,41 \sin(1000t - 135^\circ)} - \dot{I}_{m3}^{(2)} jX_{m}^{(2)} = -2,23 e^{j26,6^\circ} \cdot j6,4 = -4,46 e^{j116,6^\circ} = 4,46 e^{-j63,4^\circ}$$

$$u_{ad}^{(2)} = 4,46 \sin(2000t - 63,4^\circ)$$

Аналог. $\dot{I}_3 = \dot{I}_3^{(0)} + \dot{I}_3^{(1)} + \dot{I}_3^{(2)} = 1 + 1,41 \sin(1000t - 45^\circ) + 2,23 \sin(2000t + 26,6^\circ)$

$$u_{ad} = \cancel{u_{ad}^{(0)}} + u_{ad}^{(1)} + u_{ad}^{(2)} = 1,41 \sin(1000t - 135^\circ) + 4,46 \sin(2000t - 63,4^\circ)$$

$$(2000t - 63,4^\circ)$$

Длительность времени сканирования

наличие мощи рекуррентных процессов

$$i = I_0 + I_{1m} \sin(\omega t + \varphi_{i1}) + I_{2m} \sin(2\omega t + \varphi_{i2}) + \dots$$

$$u = U_0 + U_{1m} \sin(\omega t + \varphi_{u1}) + U_{2m} \sin(2\omega t + \varphi_{u2}) + \dots$$

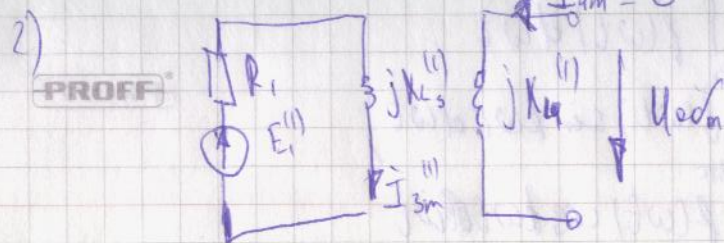
$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt}$$

$$I_K = \frac{I_{K_m}}{\sqrt{2}}$$

$$I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + \dots + I_K^2 + \dots}$$

$$U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + \dots + U_K^2 + \dots}$$

117



$$\dot{E}_{1m}^{(1)} = 6 \cdot e^{j0} = 6$$

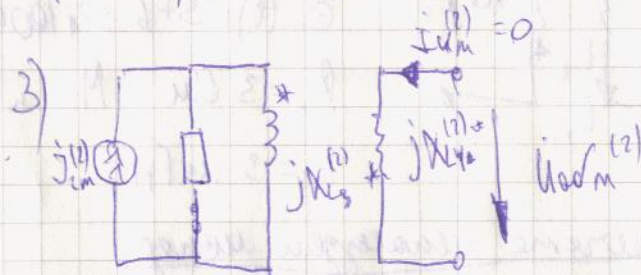
$$jX_{L3}^{(1)} = j \frac{1}{1000} \cdot 3 \cdot 10^{-3} = j3$$

$$\dot{I}_{3m}^{(1)} = \frac{\dot{E}_{1m}^{(1)}}{R_1 + jX_{L3}^{(1)}} = \frac{6}{3 + j3} = 1,41 e^{-j45^\circ}$$

$$u_{ad}^{(1)} = \dot{I}_{1m}^{(1)} jX_{L4}^{(1)} - \dot{I}_{3m}^{(1)} jX_m^{(1)} = -1,41 e^{-j45^\circ} \cdot j1 = -1,41 e^{j45^\circ} = 1,41 e^{-j135^\circ}$$

$$jX_m^{(1)} = j\omega M = j1000 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = j1$$

$$u_{ad}^{(1)} = 1,41 \cdot \sin(1000t - 135^\circ)$$



$$jX_{L3}^{(2)} = j2000 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = j6$$

$$jX_m^{(2)} = j2000 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = j2$$

$$j = 5 \sin(2000t + 90^\circ) = j5$$

116

Замена пассив. периф. элементов
а пассив. эквив. схем **PROFF**

При упр. пер. св-в эл. цепей
 пассив. токи и напр., не созд. имеют
 соответствующих, замен. эквив. схему,
 действ. эквив. схем. тока и напр. при
 равном заданном ампл. тока и напр., а
 угол сдвига фаз φ_z между эквив. схем.
 тока и напр. Опред. их соотношен.

$$\cos \varphi_z = \frac{P}{U_0 I_0}$$

$$P = \int_0^T p(t) dt = \int_0^T u(t) \cdot i(t) dt = \dots = U_0 I_0 + U_1 I_1 \cos \varphi_1 + \dots + U_n I_n \cos \varphi_n + \dots$$

$$S = UI$$

Безопасное явление при периф.
 пассив. ток.

В цепи, где действ. периф. пассив. ака.
 рез. эквив. могут быть на резон. модаль
 гармониках.

Для резонанса на k -ой гармон. помехой
 рез. мод. цепи при которой ток k -ой
 на частоте ω с C и L совп. по
 фазе с напряж. На этом же гарм.
 при возник. рез. или близк. к нему
 резонанс, ток или напр. на эт.
 ур. мощ. эквив. схем. больше, чем
 ток 1-й гарм. на этих же частотах
 и больше, чем ток и напр. впр. на
 резонансе этой гармон.

Порядок расчета цепей синусоид. тока символическим методом

1. Перейти от заданной схемы для мгновенных значений к схеме для изображений (комплексных амплитуд или комплексов действующих значений).
2. Применяя законы Кирхгофа в комплексной форме, определить неизвестные комплексы токов и напряжений.

При расчете сложных схем целесообразно использовать методы МКТ, МУП, МН, МЭГ, записывая соответствующие им уравнения в комплексной форме.

3. Схему для изображений можно упрощать

- а) объединяя последовательно соединенные комплексные сопротивления Z в одно,
- б) заменяя параллельно соединенные комплексные сопротивления Z одним,
- в) преобразовывая треугольник комплексных сопротивлений Z в эквивалентную звезду (или наоборот).

При выполнении п.п. а, б, в выполняют те же преобразования, что и при расчете цепей постоянного тока, но только в комплексной форме.

4. Для наглядного представления результатов и в качестве их косвенной проверки рекомендуется построить векторную диаграмму токов и топографическую диаграмму.
5. Проверку полученных результатов целесообразно провести, записав уравнение баланса комплексных мощностей.
6. По найденным комплексным амплитудам или комплексам действующих значений токов или напряжений записать их мгновенные значения, например:

$$i = \operatorname{Im} [I\sqrt{2}e^{j\omega t}] = \operatorname{Im} [Ie^{j\varphi_i}\sqrt{2}e^{j\omega t}] = I\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_i)$$

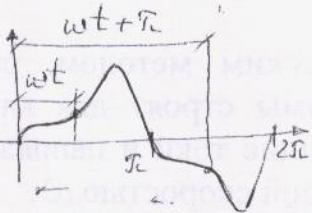
$$\text{или: } u = \operatorname{Im} [U_m e^{j\omega t}] = \operatorname{Im} [U_m e^{j\varphi_u} e^{j\omega t}] = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$$

Разложение в ряд Фурье кривых, обладающих симметрией, и кривых геометрически правильной формы.

В общем случае разложение проводят по формулам (2).

При разложении полезно помнить, что при представлении рядами Фурье

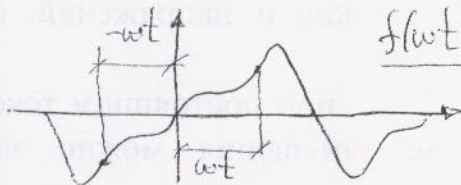
1) кривых, симметричных относительно оси абсцисс, результат не будет содержать постоянной составляющей и четных гармоник



$$f(\omega t) = -f(\omega t + \pi)$$

$$\begin{aligned} f(\omega t) &= A_1' \sin \omega t + A_1'' \cos \omega t + A_3' \sin 3\omega t + \\ &+ A_3'' \cos 3\omega t + A_5' \sin 5\omega t + \dots = \\ &= A_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + A_3 \sin(3\omega t + \varphi_3) + \dots \end{aligned}$$

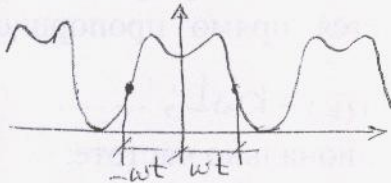
2) кривых, симметричных относительно начала координат, результат будет содержать только синусоиды с нулевой начальной фазой



$$f(\omega t) = -f(-\omega t)$$

$$\begin{aligned} f(\omega t) &= A_1' \sin \omega t + A_2' \sin 2\omega t + \\ &+ A_3' \sin 3\omega t + A_4' \sin 4\omega t + \dots \end{aligned}$$

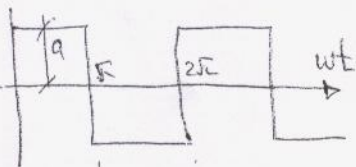
3) кривых, симметричных относительно оси ординат, результат будет содержать постоянную составляющую и косинусы.



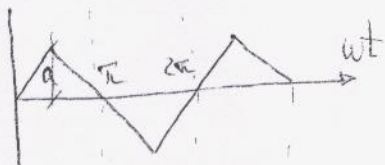
$$f(\omega t) = f(-\omega t)$$

$$\begin{aligned} f(\omega t) &= A_0 + A_1'' \cos \omega t + A_2'' \cos 2\omega t + \\ &+ A_3'' \cos 3\omega t + A_4'' \cos 4\omega t + \dots \end{aligned}$$

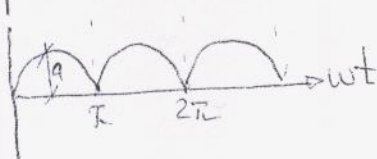
Результаты разложения кривых правильной формы приводятся в специальных справочниках. Например:



$$f(\omega t) = \frac{4a}{\pi} \left(\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \frac{1}{7} \sin 7\omega t + \dots \right)$$



$$f(\omega t) = \frac{8a}{\pi^2} \left(\sin \omega t - \frac{1}{9} \sin 3\omega t + \frac{1}{25} \sin 5\omega t - \frac{1}{49} \sin 7\omega t + \dots \right)$$



$$f(\omega t) = \frac{4a}{\pi} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{1.5} \cos 2\omega t - \frac{1}{3.5} \cos 4\omega t + \frac{1}{5.5} \cos 6\omega t + \dots \right)$$

и т.п.

С ростом частоты амплитуды соответствующих составляющих ряда Фурье обычно существенно уменьшаются, что позволяет учитывать при проведении расчетов только несколько первых гармоник.

Расчет электрических цепей с источниками энергии, вырабатывающими сигнал периодической несинусоидальной формы.

Примерный алгоритм расчета

1. Представить сигналы источников рядами Фурье.
2. Рассчитать схему, используя принцип наложения.

Каждую из гармоник рассчитывают символическим методом, расчет сопровождают построением ВДТ и ТДН. Диаграммы строят для каждой гармоники отдельно, поскольку вектора, изображающие токи и напряжения на каждой из гармоник, вращаются с различной угловой скоростью ω .

Примечания.

1. При расчете постоянных составляющих токов и напряжений, следует помнить, что:

напряжение на индуктивности L $u_L = L \frac{di}{dt}$ при постоянном токе равно нулю, поэтому индуктивности на схеме замещения можно заменять участками с нулевыми сопротивлениями,

аналогично равен нулю ток $i_C = C \frac{du_C}{dt}$ через емкость C при неизменном напряжении u_C , поэтому емкости целесообразно заменять разрывами.

2. Индуктивное сопротивление X_L изменяется прямо пропорционально частоте:

$$X_{L(1)} = \omega L; \quad X_{L(2)} = 2\omega L; \quad \dots \quad X_{L(k)} = k\omega L; \quad \dots$$

емкостное сопротивление X_C – обратно пропорционально частоте:

$$X_{C(1)} = \frac{1}{\omega C}; \quad X_{C(2)} = \frac{1}{2\omega C}; \quad \dots \quad X_{C(k)} = \frac{1}{k\omega C}; \quad \dots$$

3. Активное сопротивление R для не очень больших частот от частоты практически не зависит.