Тема 5. Четырехполюсники

Лекция 11. Характеристические параметры четырехполюсника. Вносимое затухание четырехполюсника. Передаточная функция. Каскадное сопротивление четырехполюсников при согласованных характеристических сопротивлениях.

Вопросы:

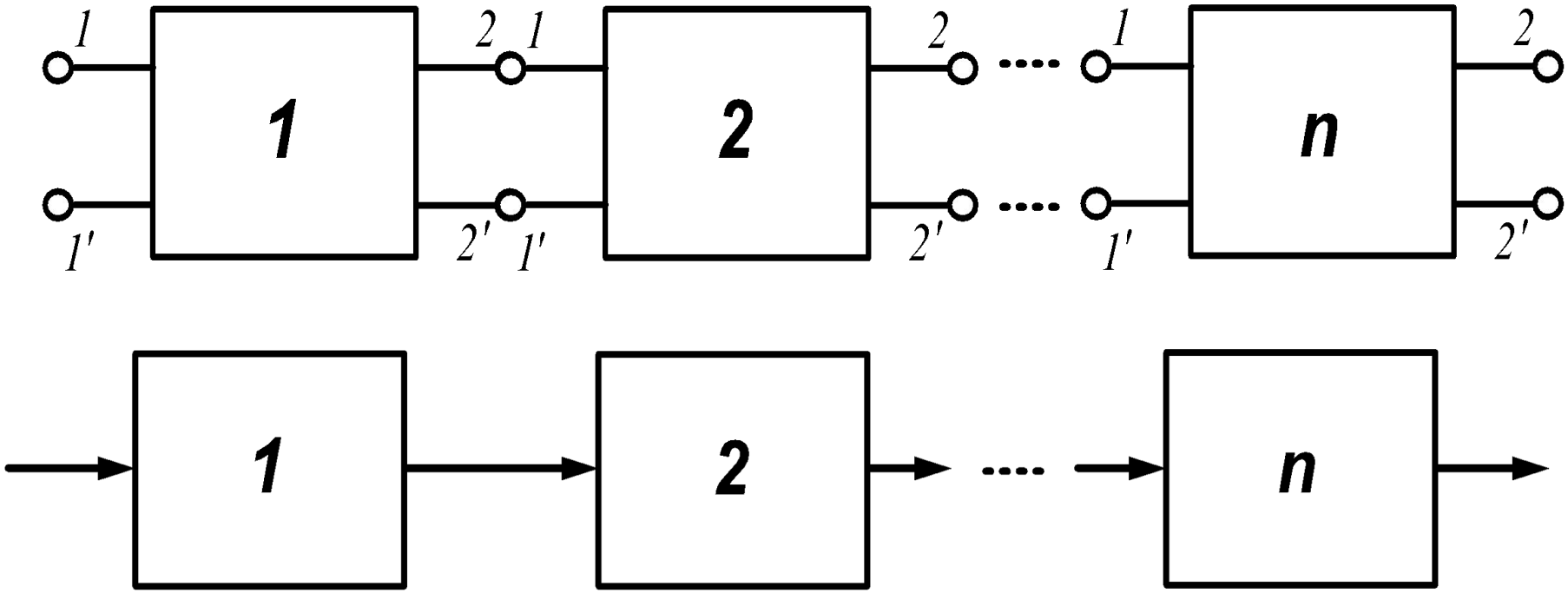
1. ***Характеристические параметры четырехполюсника.***
2. ***Вносимое затухание четырехполюсника. Передаточная функция.***
3. ***Каскадное сопротивление четырехполюсников при согласованных характеристических сопротивлениях.***

1 Вопрос

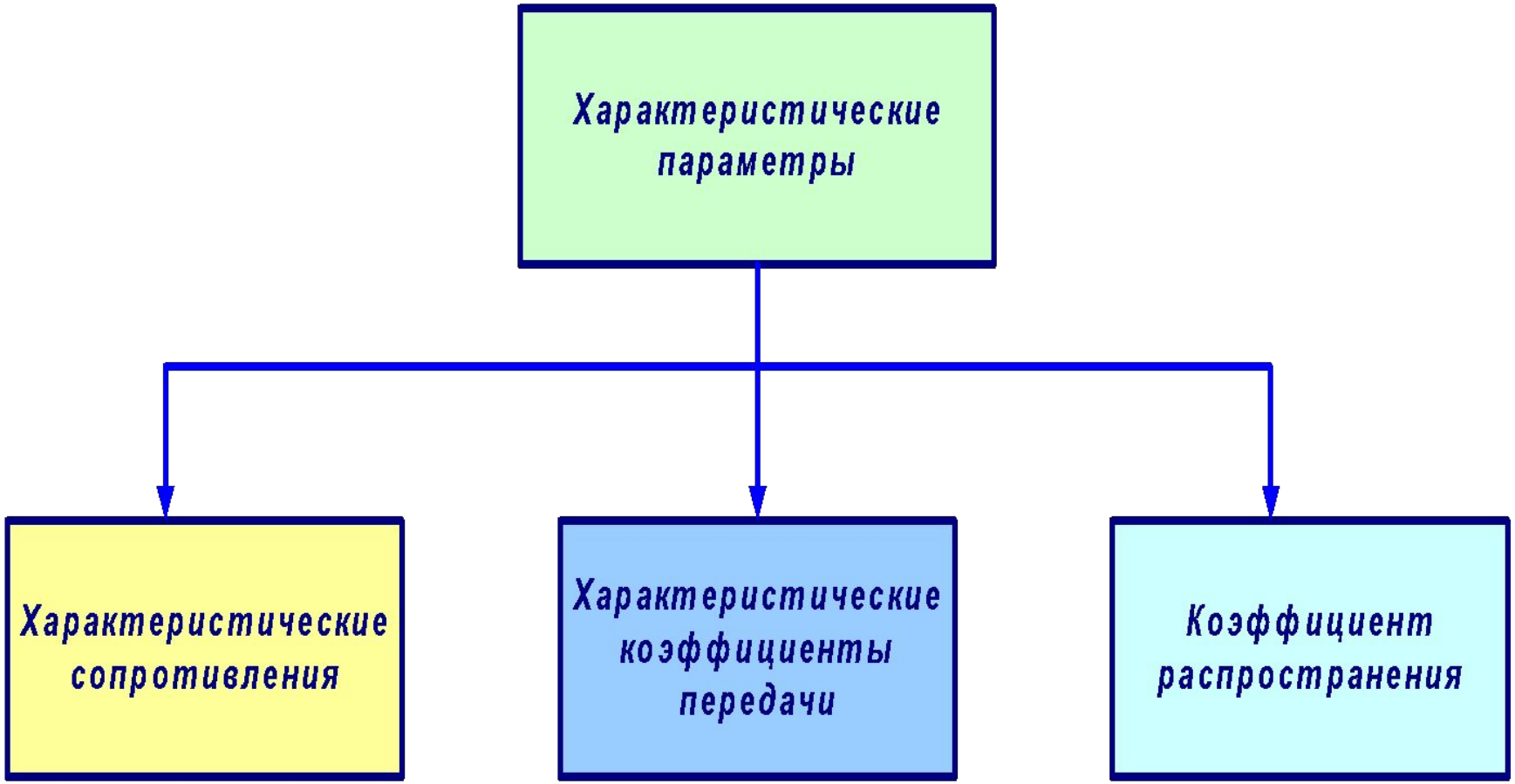
Характеристические параметры четырехполюсника

1.1. Общие сведения

Анализ линий задержки, линий связи, фильтров и других сложных четырехполюсников часто основывается на представлении их в виде каскадных соединений простых четырехполюсников

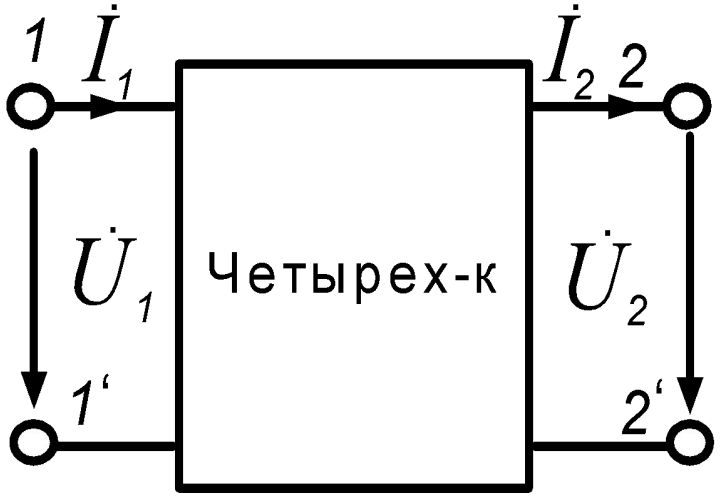


Для описания таких схем необходимо знать характеристические (вторичные) параметры (ХП);



ХП полностью характеризуют четырехполюсник

1.2. Характеристические сопротивления



***Характеристическое сопротивление** – это такие сопротивления которые взятые в качестве $Z_{вн}$ и подключенные к входу или Z_H – к выходу обеспечивают наилучшее согласование*

$$Z_{c1} = \frac{U_1}{I_1}$$ - характеристическое сопротивление входа

$$Z_{c2} = \frac{U_2}{I_2}$$ - характеристическое сопротивление выхода

1.3. Характеристические коэффициенты передачи

$$\underline{K}_I = \frac{\underline{I}_2}{\underline{I}_1} = \sqrt{\frac{\underline{Z}_{c2}}{\underline{Z}_{c1}}} e^{-\underline{\gamma}};$$

- характеристический коэффициент передачи по току

$$\underline{K}_U = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} = \sqrt{\frac{\underline{Z}_{c2}}{\underline{Z}_{c1}}} e^{-\underline{\gamma}}$$

- характеристический коэфф. передачи по напряжению

1.4. Характеристический коэффициент распространения

$$\dot{\gamma} = \alpha + j\beta$$

- характеристический коэффициент распространения

$$\alpha = Re(\dot{\gamma})$$

- коэффициент затухания $\alpha = \ln \frac{U_1}{U_2}$, Нп

$\alpha = 10 \lg \frac{P_1}{P_2}$, дБ или $\alpha = 20 \lg \frac{U_1}{U_2}$, дБ

$$\beta = Jm(\dot{\gamma})$$ - коэффициент фазы рад или град

Существует тесная связь между характеристическими параметрами четырехполюсников

$$\alpha = \ln \frac{U_1}{U_2} = \ln (K_U)^{-1};$$

$$\alpha = \ln \frac{I_1}{I_2} = \ln (K_I)^{-1};$$

- коэффициент затухания Нп или дБ

$$\alpha = 2,3 \lg \frac{U_1}{U_2}, \quad Hn = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} = 10 \lg \frac{P_1}{P_2}, \quad дБ$$

$$1дБ = 0,1Б = 0,115 Hn; \qquad 2,3 Hn = 20 дБ.$$

$$\alpha [раз] = 10^{0,1\alpha} [дБ]$$

$\beta = \varphi_1 - \varphi_2$ - коэффициент фазы рад или град

Связь характеристических параметров с первичными параметрами четырехполюсников

$$\underline{Z}_{c1} = \sqrt{\underline{Z}_{1xx}\underline{Z}_{1кз}} = \sqrt{\frac{\underline{A}_{11}\underline{A}_{12}}{\underline{A}_{21}\underline{A}_{22}}};$$

- характеристическое сопротивление входа

$$\underline{Z}_{c2} = \sqrt{\underline{Z}_{2xx}\underline{Z}_{2кз}} = \sqrt{\frac{\underline{A}_{22}\underline{A}_{12}}{\underline{A}_{21}\underline{A}_{11}}};$$

- характеристическое сопротивление выхода

$$\underline{A}_{11}\underline{A}_{22} - \underline{A}_{12}\underline{A}_{21} = 1;$$

$$e^{\underline{\gamma}} = \sqrt{\underline{A}_{11}\underline{A}_{22}} + \sqrt{\underline{A}_{12}\underline{A}_{21}};$$

Для симметричных четырехполюсников:

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

- характеристическое повторное сопротивление

$$A_{11} = A_{22}; \qquad e^{\gamma} = A_{11} + \sqrt{A_{12}A_{21}};$$

$$\frac{e^{\gamma} + e^{-\gamma}}{2} = A_{11} = A_{22} = ch\gamma;$$

- гиперболический косинус коэффициента распространения

$$\frac{e^{\gamma} - e^{-\gamma}}{2} = \sqrt{A_{12}A_{21}} = sh\gamma;$$

- гиперболический синус коэффициента распространения

Выводы:

1. Для описания различных схем соединения четырехполюсников необходимо знать характеристические (вторичные) параметры

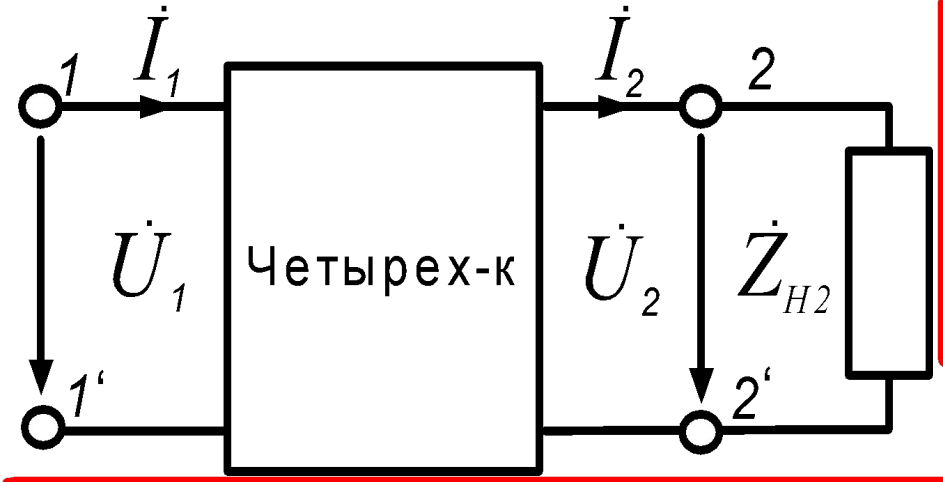
2. Знание характеристических сопротивлений позволяет обеспечить наилучшее согласование

3. Существует тесная связь между характеристическими параметрами (вторичными) и первичными параметрами четырехполюсников

2 Вопрос

Вносимое затухание четырехполюсника. Передаточная функция

Комплексные передаточные функции нагруженного четырехполюсника



$$K_U(\omega) = \frac{U_2}{U_1} = \frac{U_2}{A_{11}U_2 + A_{12}I_2} = \frac{Z_{H2}}{A_{11}Z_{H2} + A_{12}};$$

- характеристический коэфф. передачи по напряжению

$$K_I(\omega) = \frac{I_2}{I_1} = \frac{I_2}{A_{21}U_2 + A_{22}I_2} = \frac{Y_{H2}}{A_{21} + A_{22}Y_{H2}}$$

-характеристический коэффициент передачи по току;

$$Z_{H2} = \frac{1}{Y_{H2}};$$ **- сопротивление нагрузки**

$$Y_{H2} = \frac{1}{Z_{H2}};$$ **- проводимость нагрузки**

Комплексные проходные функции нагруженного четырехполюсника

$$\underline{Z}_{вх}(\omega) = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1} = \frac{\underline{A}_{11}\underline{Z}_{H2} + \underline{A}_{12}}{\underline{A}_{21}\underline{Z}_{H2} + \underline{A}_{22}};$$

- комплексное входное сопротивление

$$\underline{Y}_{вх} = \frac{\underline{I}_1}{\underline{U}_1} = \underline{Y}_{11} + \frac{\underline{Y}_{21}\underline{Y}_{12}}{\underline{Y}_H - \underline{Y}_{22}};$$

- комплексная входная проводимость

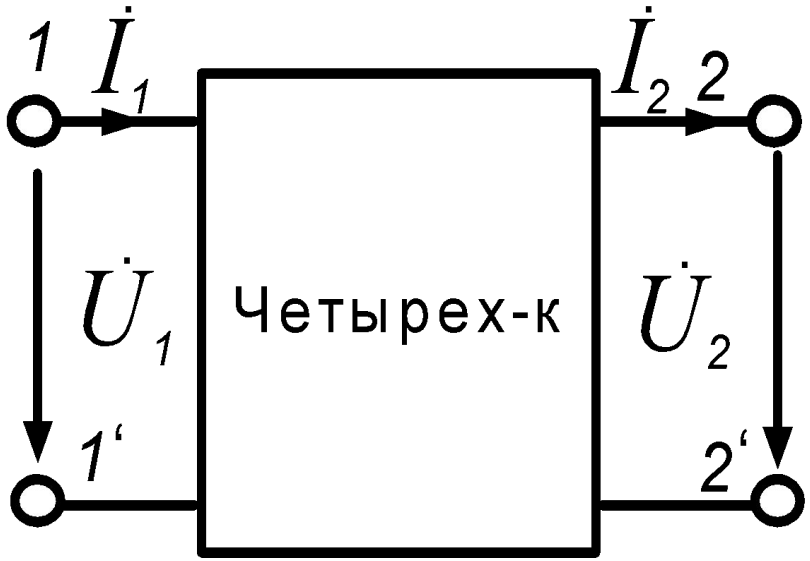
$$\underline{Z}_{вых}(\omega) = \frac{\underline{U}_2}{\underline{I}_2} = \frac{\underline{A}_{22}\underline{Z}_{H2} + \underline{A}_{12}}{\underline{A}_{21}\underline{Z}_{H2} + \underline{A}_{11}}.$$

- комплексное выходное сопротивление

$$\underline{Y}_{вых} = \frac{\underline{I}_2}{\underline{U}_2} = \underline{Y}_{22} + \frac{\underline{Y}_{12}\underline{Y}_{21}}{\underline{Y}_H - \underline{Y}_{11}};$$

- комплексная выходная проводимость

Комплексные функции четырехполюсника



$$\dot{K}_U(\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} = B(\omega) + jM(\omega) = K_U(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$

- комплексная передаточная функция по напряжению

$$\dot{K}_I(\omega) = \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1}$$

- комплексная передаточная функция по току

$$\dot{Z}(\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1}$$

- комплексное передаточное сопротивление (Ом)

$$\dot{Y}(\omega) = \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_1}$$

- комплексная передаточная проводимость (См)

Выводы:

1. Комплексные передаточные функции нагруженного четырехполюсника зависят от первичных параметров и сопротивления нагрузки

2. Комплексные проходные функции нагруженного четырехполюсника зависят от первичных параметров и сопротивления нагрузки

3. Частотные характеристики четырехполюсников это зависимость модулей и аргументов комплексных передаточных функций от частоты

3 Вопрос

Каскадное сопротивление четырехполюсников при согласованных характеристических сопротивлениях

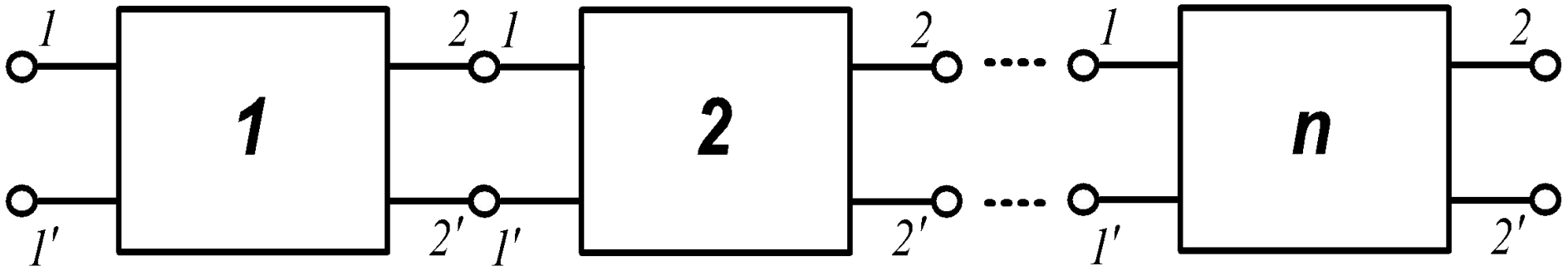
Реальные электрические цепи могут представляться в виде нескольких четырехполюсников, соединенных различными способами друг с другом

При этом нескольким четырехполюсникам будет соответствовать один эквивалентный четырехполюсник (многополюсник)

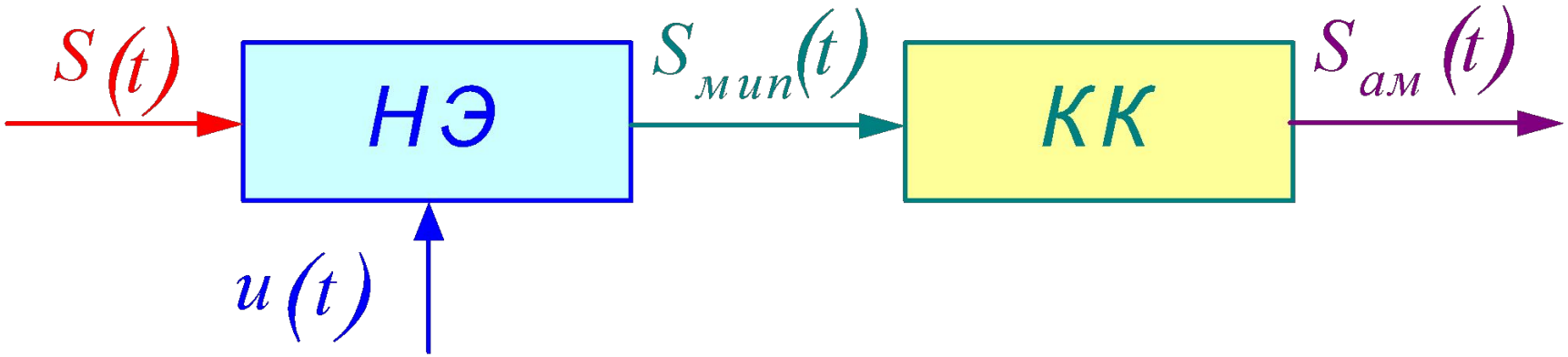
Различают следующие способы соединения четырехполюсников:

1. *Каскадное*
2. *С обратной связью (параллельное)*

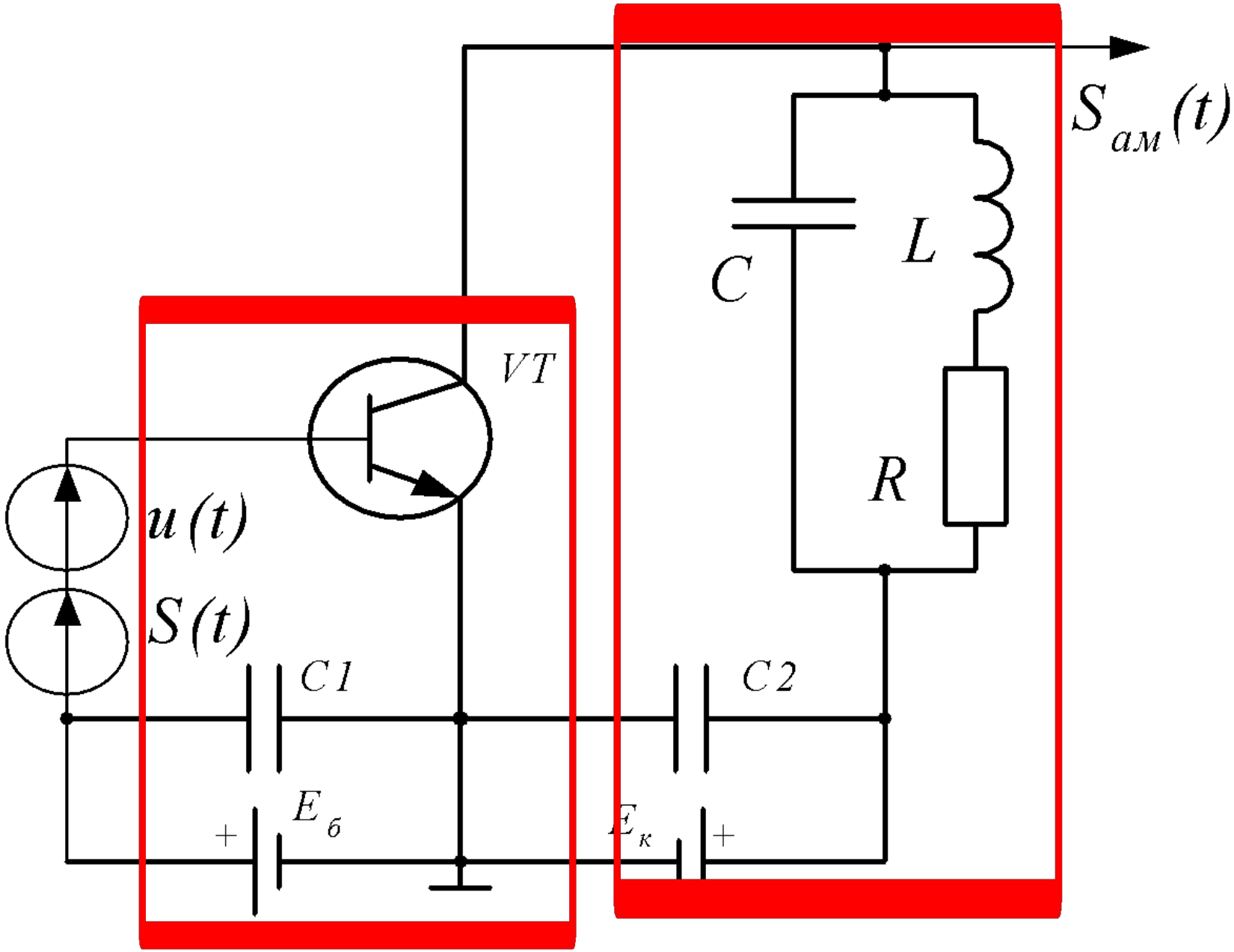
Большое практическое значение имеет каскадное соединение четырехполюсников



Амплитудный модулятор



Модулятор на транзисторе



Амплитудный детектора

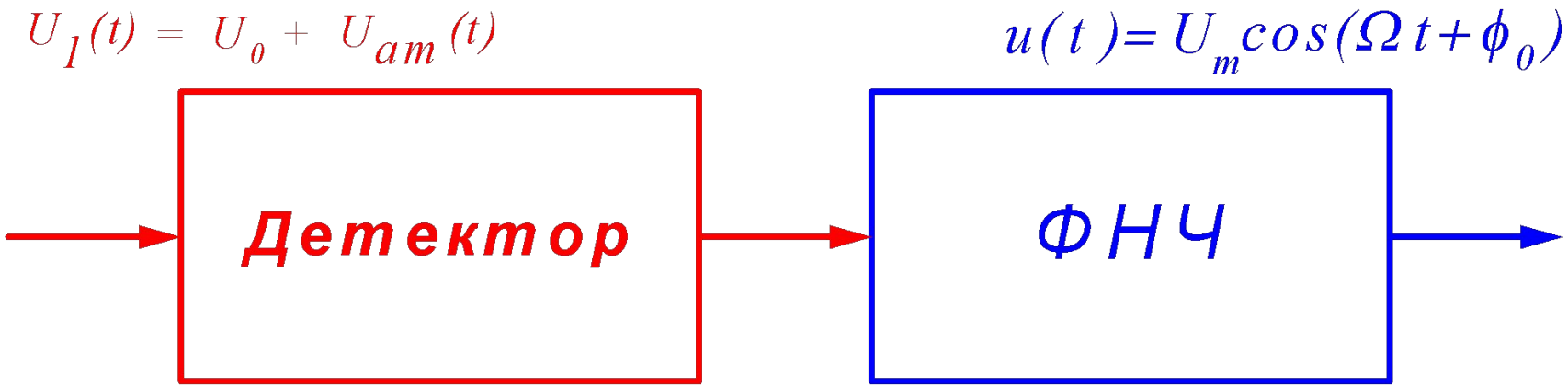
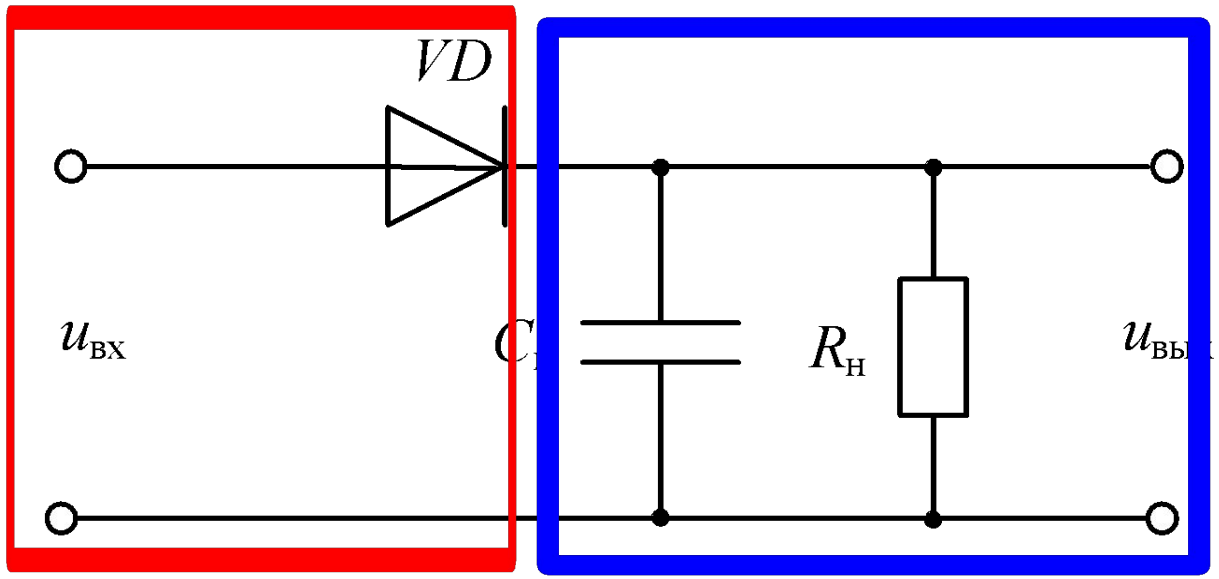


Схема амплитудного импульсного детектора



Выводы:

1. Реальные электрические цепи могут представляться в виде нескольких четырехполюсников, соединенных различными способами друг с другом. При этом нескольким четырехполюсникам будет соответствовать один эквивалентный четырехполюсник

2. Различают следующие способы соединения четырехполюсников: каскадное и с обратной связью. Они имеют наибольшее практическое значение