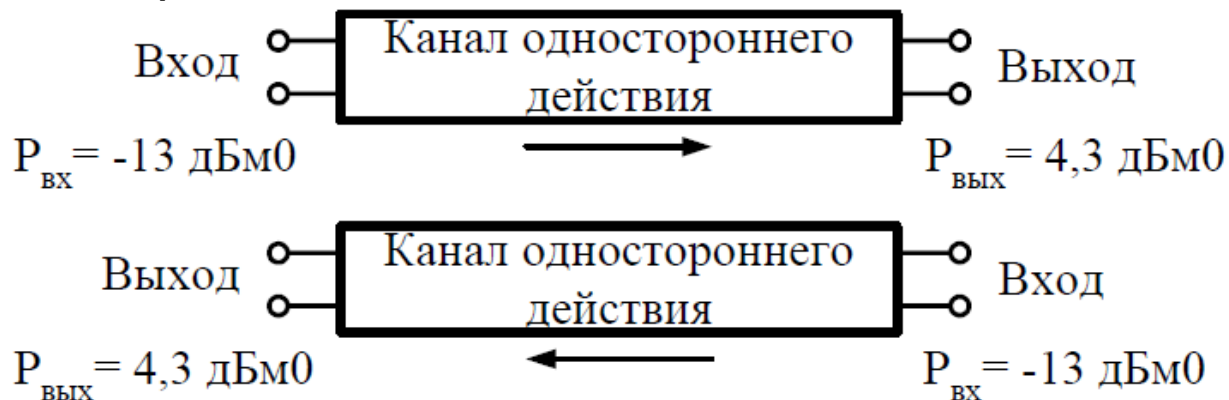


РАЗВЯЗЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

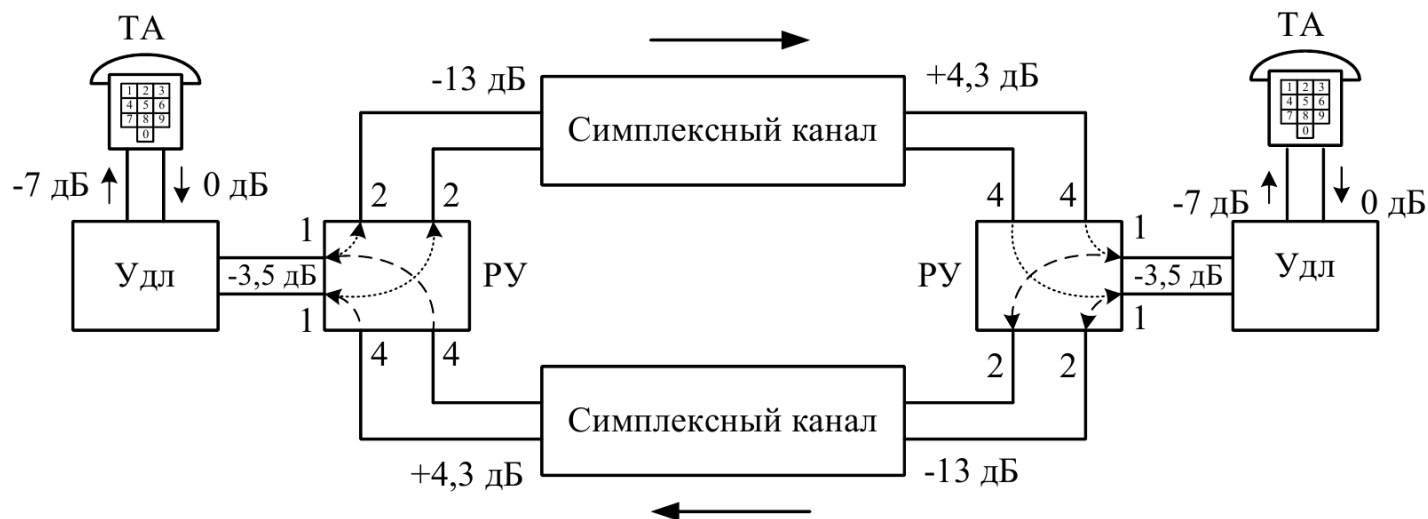


ДВУСТОРОННЯЯ СВЯЗЬ. КАНАЛ ТОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ

Канал двустороннего действия с четырехпроводным окончанием,
состоящий из двух симплексных каналов

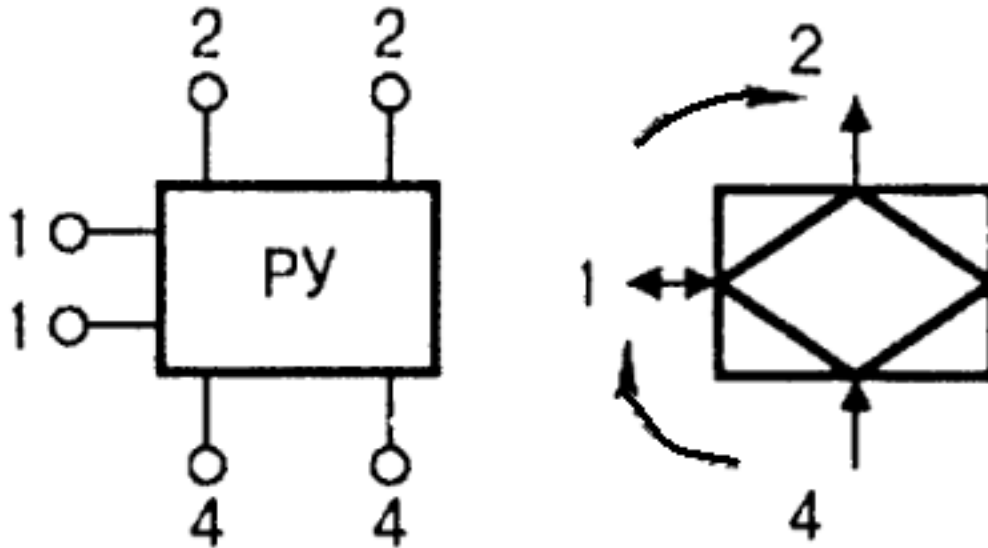


Канал двустороннего действия с двухпроводным окончанием



РАЗВЯЗЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА (РУ)

Условное обозначение РУ

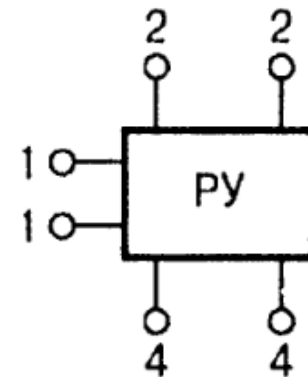


1->2 и 4->1 – направления пропускания
4->2 и 2->4 – направления развязки

Развязывающие устройства называются обратимыми (взаимными), если выполняются условия

$$A_{1-2} = A_{2-1}, \quad A_{4-1} = A_{1-4}.$$

РАЗВЯЗЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА



Идеальное РУ:

1) отсутствует затухание в направлениях пропускания:

$$A_{1-2} = A_{4-1} = 0;$$

2) бесконечно большое затухание (ослабление) в направлениях развязки (задерживания):

$$A_{4-2} = A_{2-4} = \infty;$$

3) входные сопротивления со стороны зажимов 1-1, 2-2 и 4-4 согласованы с нагрузками;

4) отсутствуют различного вида искажения при передаче сигналов в направления пропускания (развязки)

(в рабочих частотном и динамическом диапазонах передаваемых сигналов)

КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИНЕЙНЫХ РУ

ЛРУ на принципах частотной селекции.

ЛРУ на принципах уравновешенных мостовых схем (дифференциальные системы (ДС)).

Три группы ЛРУ.

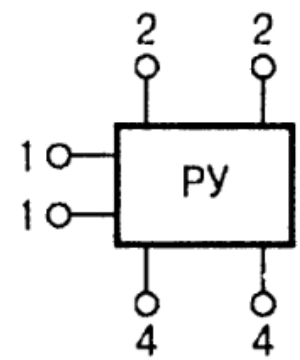
Пассивные ЛРУ - РУ, построенные на пассивных элементах, параметры которых не меняются во времени и не зависят от уровня передачи сигналов.

Активные ЛРУ - РУ, в схемы которых включены активные элементы, параметры которых не меняются во времени и не зависят от уровня передачи сигналов.

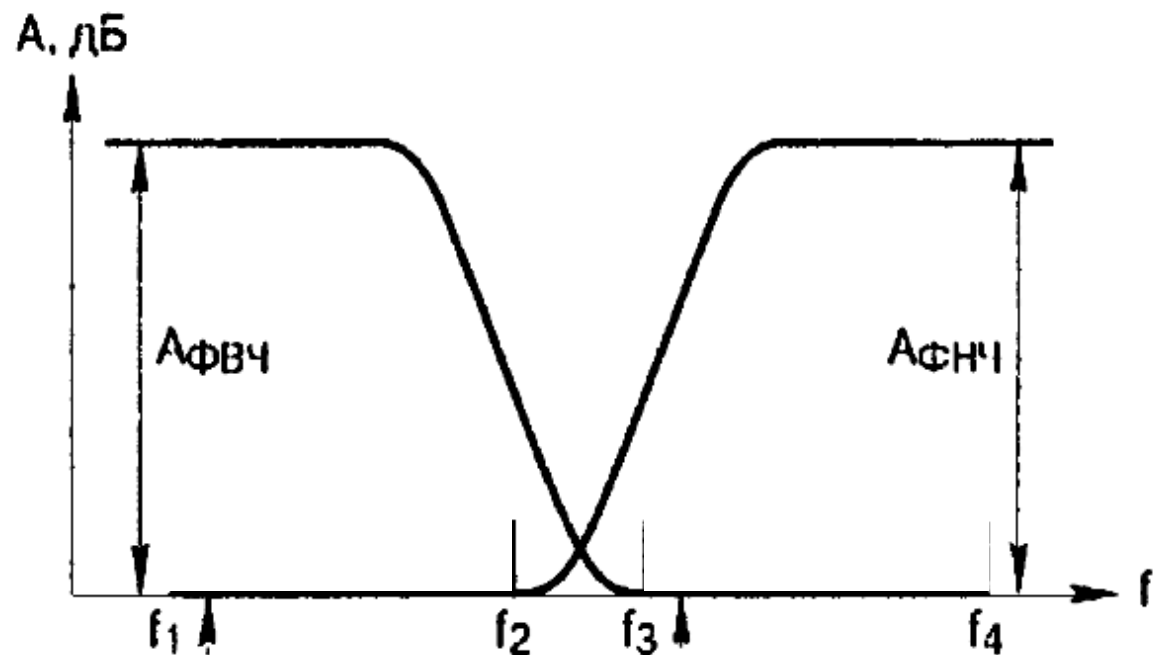
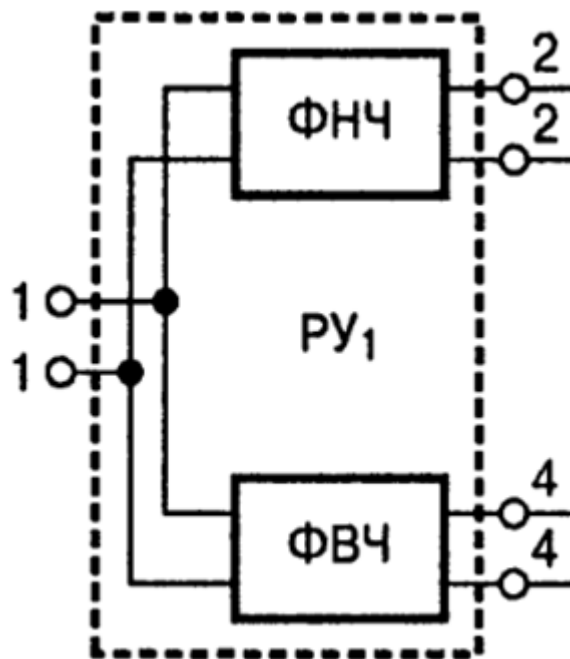
Параметрические ЛРУ - РУ, в схемы которых включены элементы с изменяющимися во времени параметрами.

Обратимые ЛРУ: $A_{1-2} = A_{2-1}$; $A_{4-1} = A_{1-4}$.

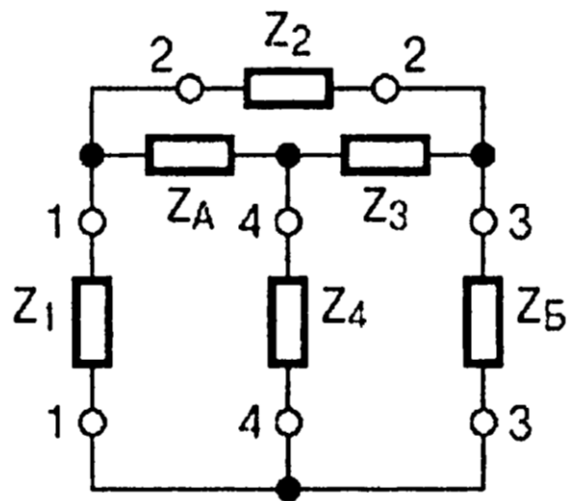
ЛРУ НА ПРИНЦИПАХ ЧАСТОТНОЙ СЕЛЕКЦИИ ДЛЯ FDD



Направляющие фильтры –
фильтры, предназначенные для
разделения направлений передачи



ЛРУ НА ПРИНЦИПАХ УРАВНОВЕШЕННЫХ МОСТОВЫХ СХЕМ. РЕЗИСТОРНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА (РДС)



$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_4 = Z$$

$$Z_A = \eta Z \text{ и } Z_B = Z/\eta$$

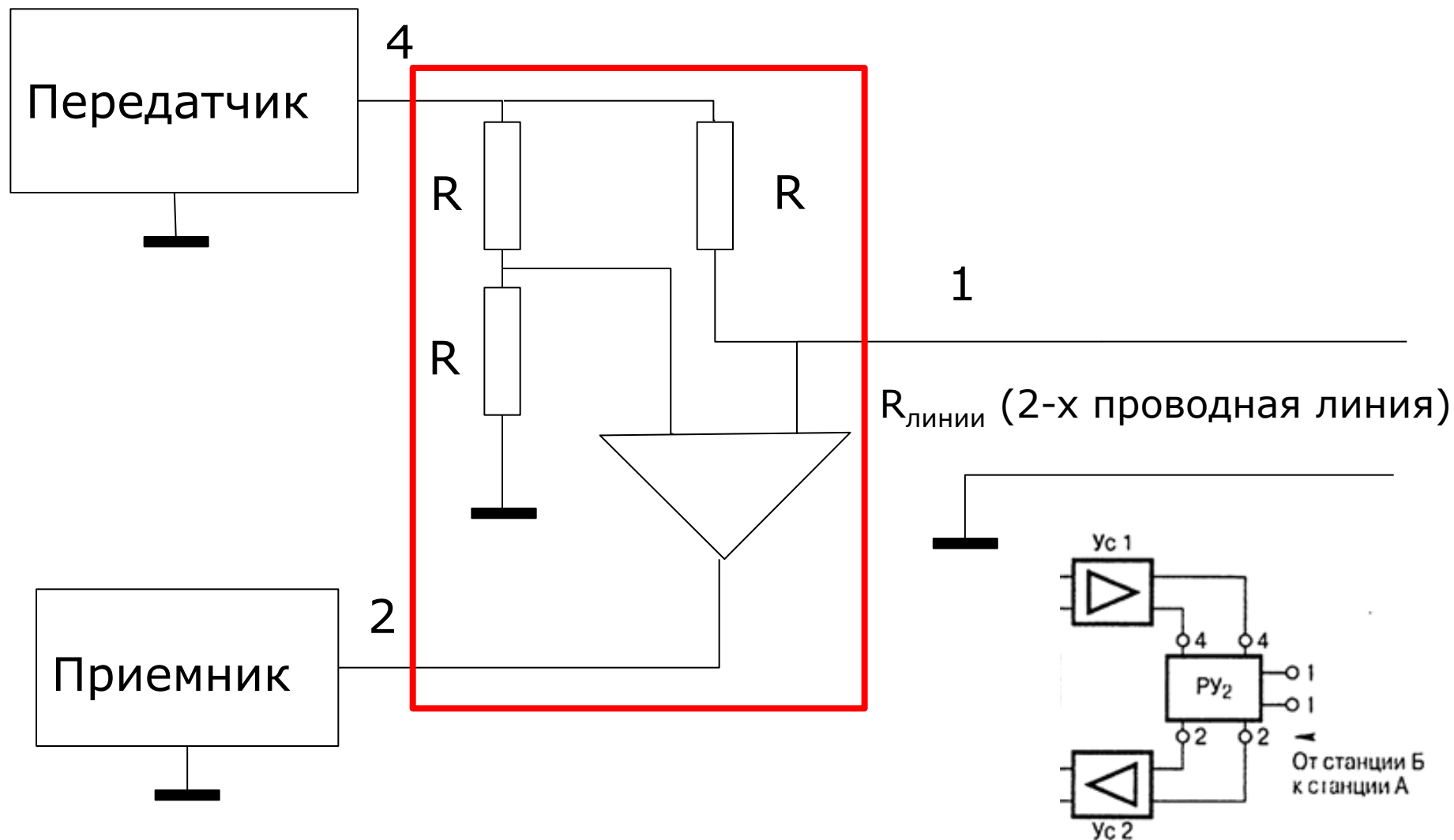
РДС – равноплечая, если $\eta=1$.

РДС – уравновешенная (сбалансированная), если затухание в направлении передачи 4-2 равно бесконечности: $A_{42} = A_{24} = \infty$.

$$Z_1 \cdot Z_3 = Z_A \cdot Z_B$$

Для равноплечей РДС затухание во всех направлениях пропускания одинаковы и равны 6 дБ.

ЛРУ НА ПРИНЦИПАХ УРАВНОВЕШЕННЫХ МОСТОВЫХ СХЕМ. РЕЗИСТОРНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА (РДС)



ВЫВОДЫ

■ Достоинства РДС:

- простота изготовления;
- малый вес, малые габариты, низкая стоимость, возможность миниатюризации;
- отсутствие нелинейных искажений.

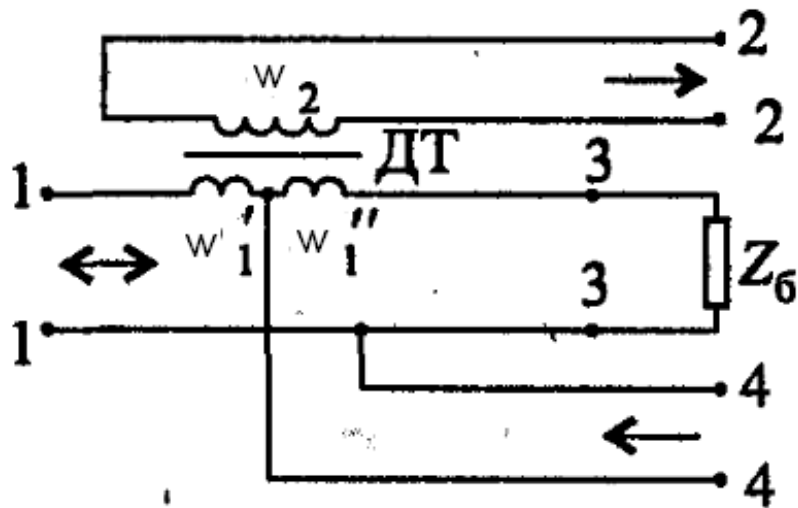
■ Недостатки РДС:

- сравнительно большое затухание в направлениях пропускания;
- наличие гальванических связей между всеми сопротивлениями нагрузок;
- если хотя бы одно из сопротивлений нагрузок комплексное, то и все остальные сопротивления должны быть комплексными.

ТРАНСФОРМАТОРНАЯ ДС (ТДС)

Пассивное РУ

Коэффициенты трансформации ДТ

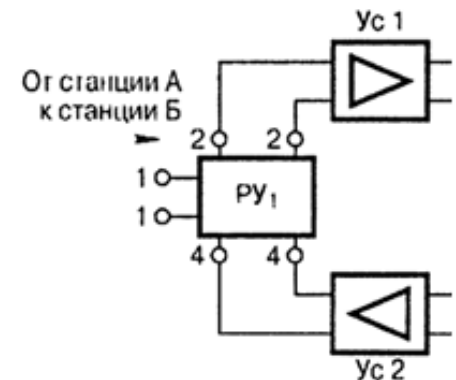


$$n = \frac{w_1' + w_1''}{w_2} = \frac{W_1}{w_2};$$

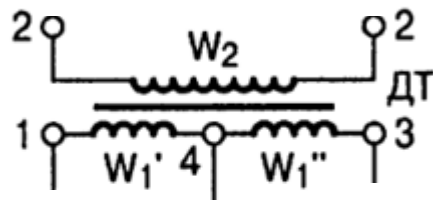
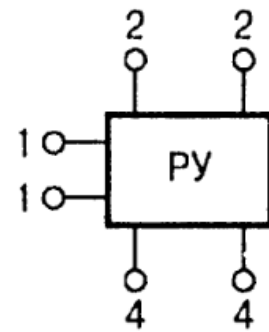
$$n_1 = \frac{w_1'}{w_2}; n_2 = \frac{w_1''}{w_2}; n = n_1 + n_2;$$

$\eta = \frac{w_1'}{w_1''}$, - коэффициент
неравноплечности ТДС

$\eta = 1$ - равноплечая ТДС

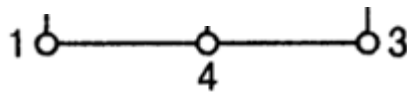


ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЯ НЕПРОПУСКАНИЯ ТДС ОТ ПОЛЮСОВ 4-4 К ПОЛЮСАМ 2-2



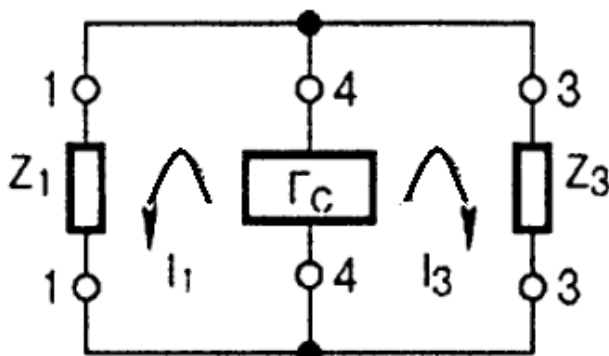
Развязывающее устройство называется уравновешенным (сбалансированным), если затухание в направлении передачи 4-2 равно бесконечности: $A_{42} = A_{24} = \infty$

$$= Z_B$$



Условие непропускания от полюсов 4-4 к полюсам 2-2

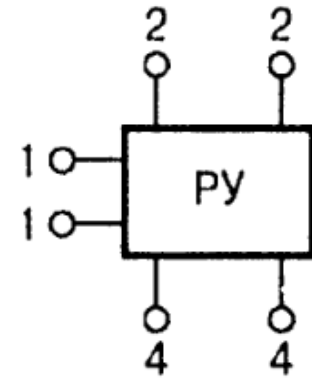
- результирующий магнитный поток равен 0
(равенство ампер-витков полуобмоток)



$$I_1 = I_3$$

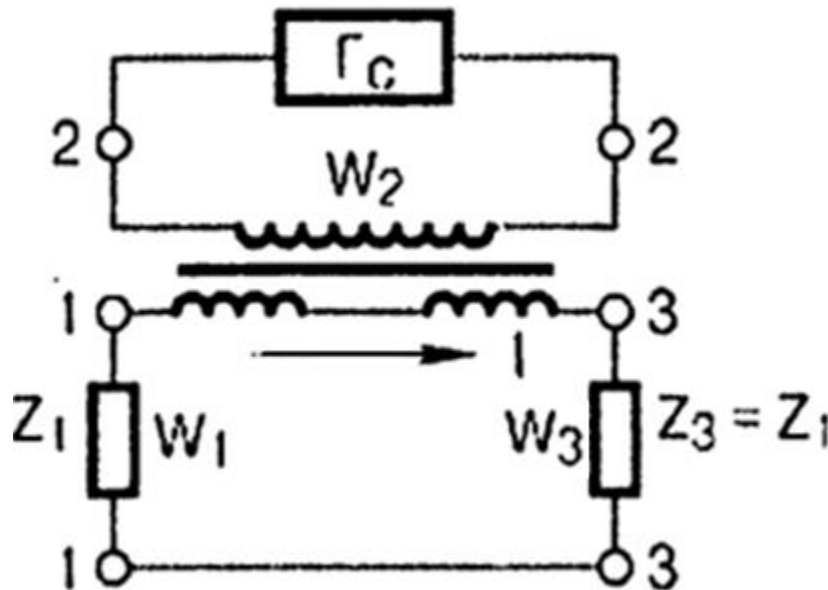
$$Z_1 = Z_3$$

ЗАТУХАНИЕ УРАВНОВЕШЕННОЙ ТДС В НАПРАВЛЕНИЯХ ПЕРЕДАЧИ



От полюса 2-2 к полюсу 1-1 и обратно

Баланс мощностей



$$W_2 = W_1 + W_3$$

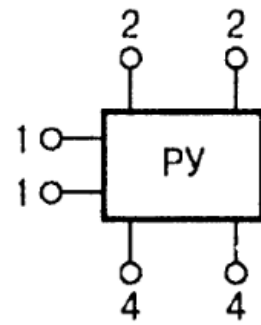
$$W_1 = I^2 Z_1 = W_3 = I^2 Z_3$$

$$W_2 = I^2 Z_1 + I^2 Z_1 = 2I^2 Z_1$$

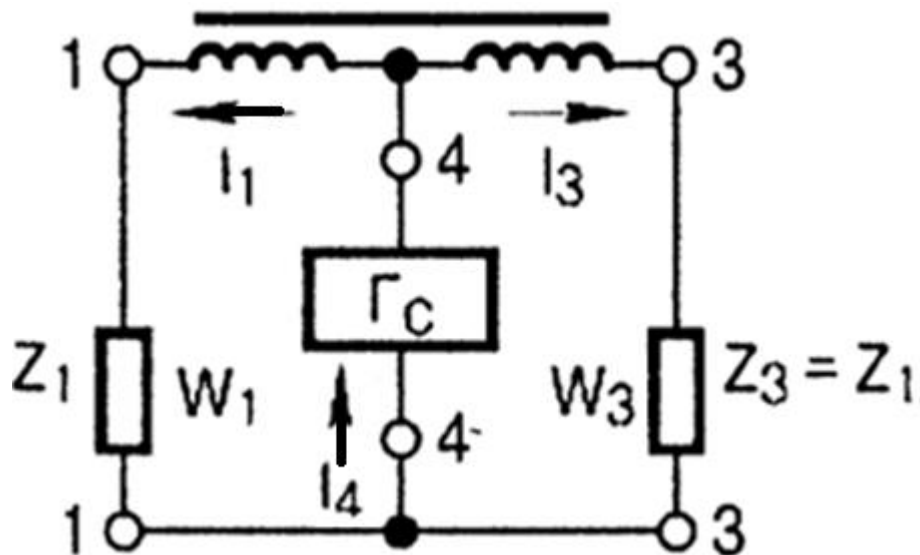
$$A_{21} = 10 \log W_2 / W_1 = 10 \log(2)$$

$$A_{12} = A_{21} = 3 \text{ дБ}$$

ЗАТУХАНИЕ УРАВНОВЕШЕННОЙ ТДС В НАПРАВЛЕНИЯХ ПЕРЕДАЧИ



От полюса 4-4 к полюсу 1-1 и обратно



$$I_1 = I_3$$

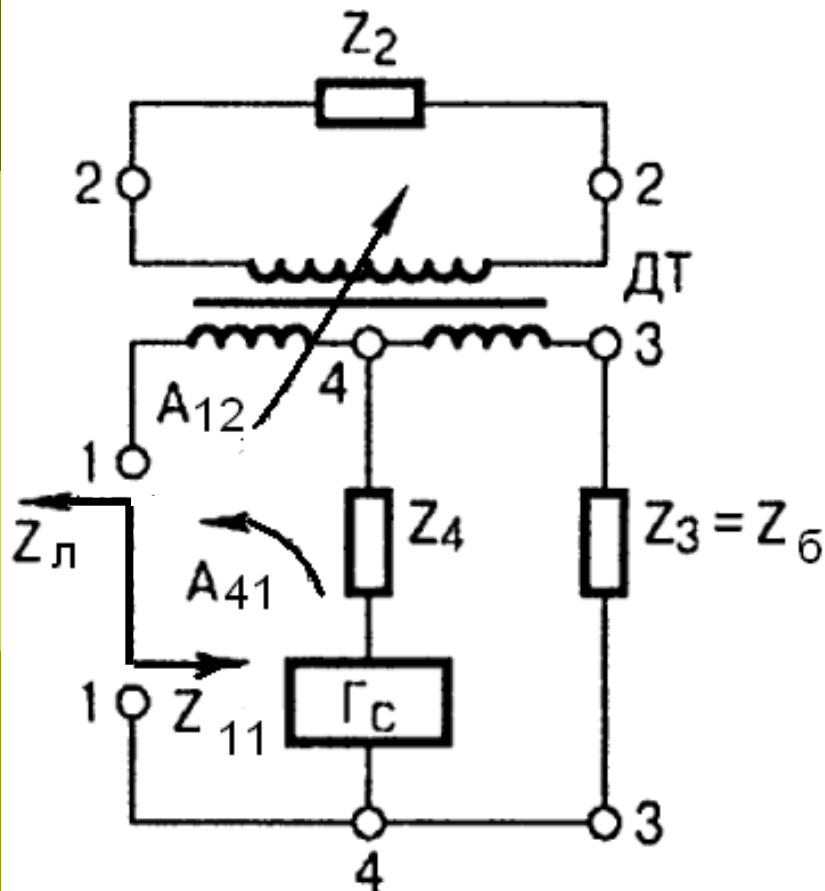
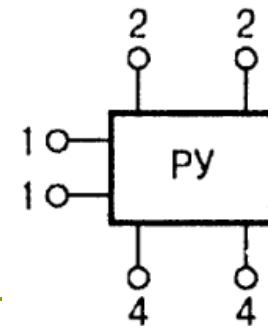
$$W_1 = I_1^2 Z_1 = W_3 = I_3^2 Z_3$$

$$W_4 = W_1 + W_3 = 2I_1^2 Z_1$$

$$A_{41} = 10 \log W_4 / W_1 = 10 \log(2)$$

$$A_{14} = A_{41} = 3 \text{ дБ}$$

НЕУРАВНОВЕШЕННАЯ ТДС (НАПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ ОТ ПОЛЮСОВ 4-4 К ПОЛЮСАМ 2-2)



Неуравновешенная ТДС:

$$Z_{11} = Z_3 \neq Z_{\text{л}}$$

$Z_{\text{л}}$ - входное сопротивление
линии

Затухание отражения

$$A_{\text{отр}} = 20 \lg \left| \frac{Z_{\text{л}} + Z_{11}}{Z_{\text{л}} - Z_{11}} \right|$$

$$A_{42} = A_{41} + A_{\text{отр}} + A_{12} = 6 \text{ дБ} + A_{\text{отр}}$$

ВЫВОДЫ

■ Достоинства ТДС.

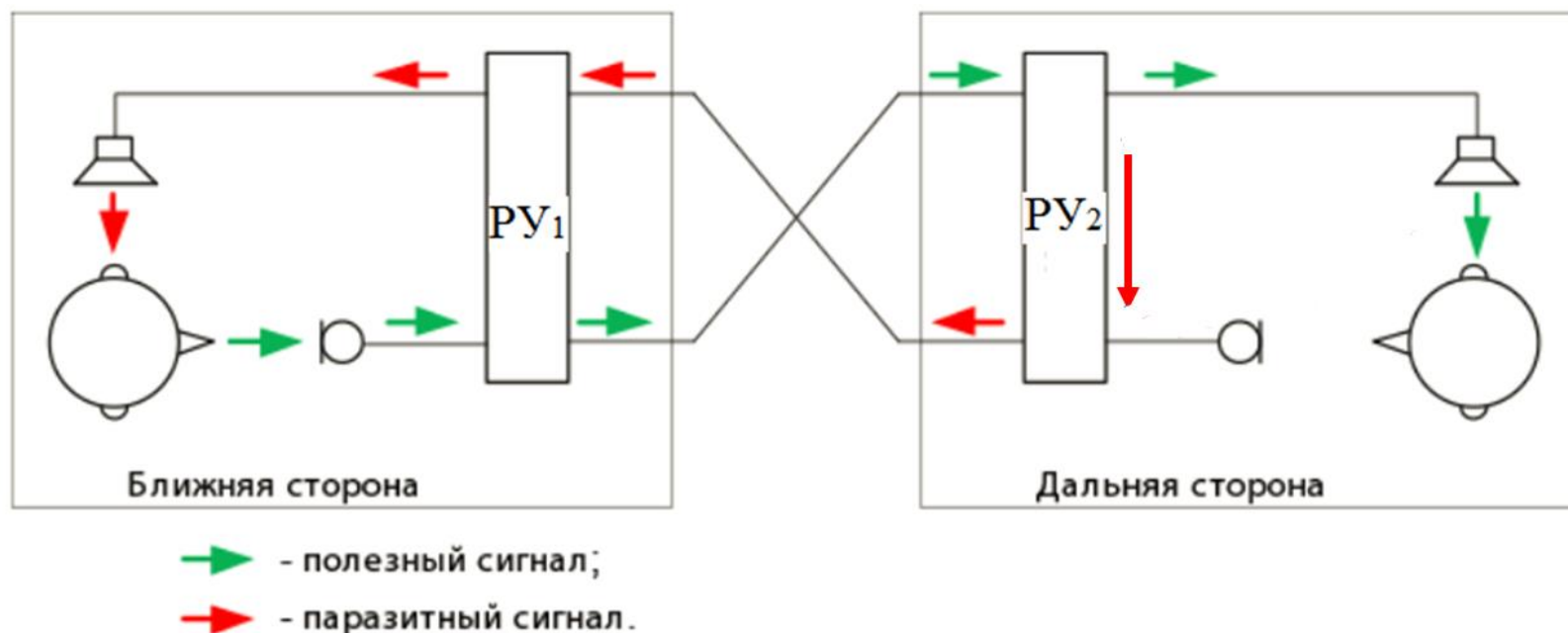
- отсутствуют гальванические (по постоянному току) связи между полюсами подключения нагрузок;
- сравнительно небольшие затухания в направлениях пропускания (у РДС затухание в два раза больше).

■ Недостатки ТДС.

- нелинейные искажения, вносимые трансформаторами с ферромагнитными сердечниками, величина которых тем больше, чем меньше сечение сердечника и чем больше передаваемая мощность сигнала;
- сравнительно большие размеры, масса и относительно высокая стоимость.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ЭХО

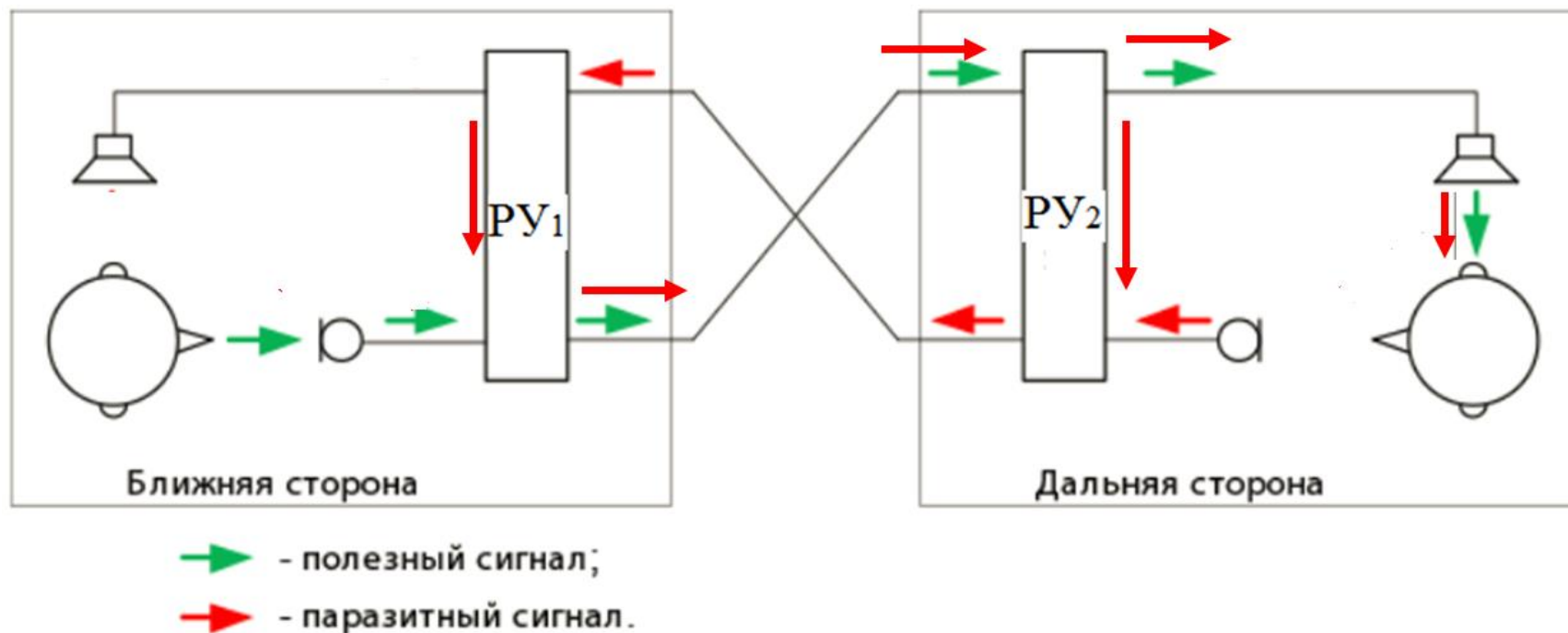
Эхо говорящего



Эхо говорящего (неидеальности $РУ_2$): часть полезного сигнала ответвляется в $РУ_2$, проходит в обратном направлении и возвращается к говорящему абоненту.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ЭХО

Эхо слушающего



Эхо слушающего (неидеальности $РУ_2$ и $РУ_1$): часть полезного сигнала, ответвленная в $РУ_2$, совершив полный круг (теперь уже из-за неидеальности $РУ_1$), возвратится к слушающему абоненту.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ЭХО

Условия наблюдения эха:

- 1) заметный промежуток времени между произнесением звука и поступления эхо-сигнала;
- 2) достаточная мощность эхо-сигнала.



Для обеспечения комфортного разговора эхосигнал необходимо подавлять тем сильнее, чем больше его задержка

АДАПТИВНАЯ ЭХО-КОМПЕНСАЦИЯ

