



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY

www.sfu-kras.ru

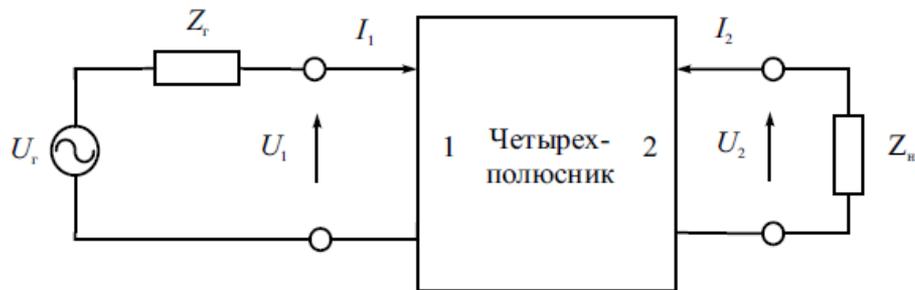
Метрология и радиоизмерения. Лекция 12

Измерение частотных характеристик радиоустройств



Амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики устройств

Общепринятым подходом к теоретическому и экспериментальному исследованию сложных устройств является их разбиение (декомпозиция) на более простые блоки и элементы.



Обобщенная схема включения четырехполосника в схему измерения АЧХ

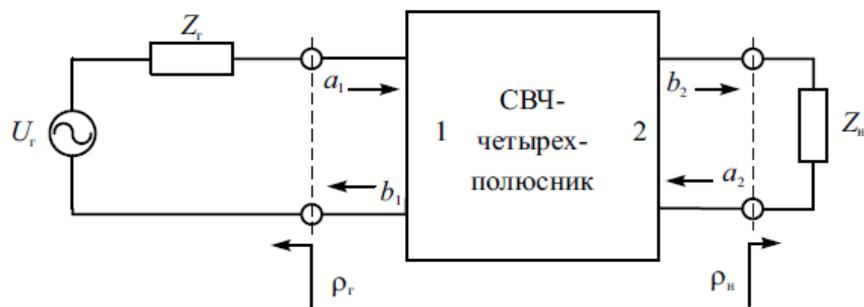
$$\begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix}$$

$$Z_{11} = U_1 / I_1$$

$$Z_{12} = U_1 / I_2$$

$$Z_{21} = U_2 / I_1$$

$$Z_{22} = U_2 / I_2$$



Представление исследуемого устройства в виде СВЧ-четырёхполосника

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

$$S_{11} = b_1 / a_1$$

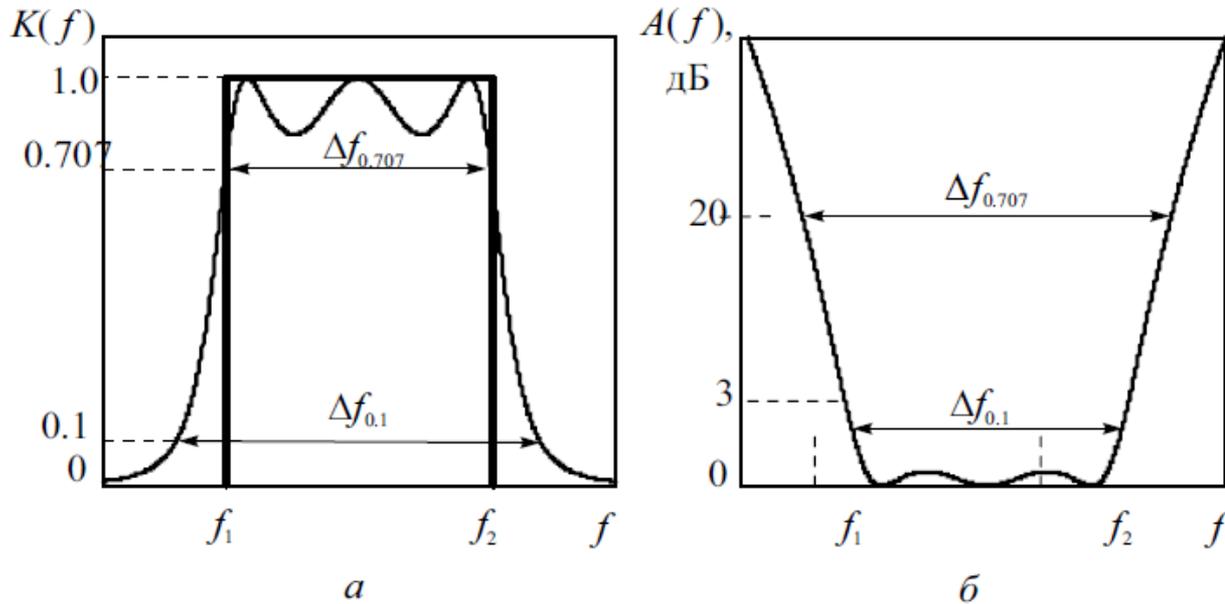
$$S_{12} = b_1 / a_2$$

$$S_{21} = b_2 / a_1$$

$$S_{22} = b_2 / a_2$$

Амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики устройств

$$K(f) = \frac{\dot{U}_{m2}}{\dot{U}_{m1}} = \frac{U_{m2}}{U_{m1}} \exp(j(\varphi_2 - \varphi_1)) \quad A(f) = 10 \lg \left(\frac{P_{\text{ВХ}}}{P_{\text{ВЫХ}}} \right) = -20 \lg (|K(f)|), \text{ дБ}$$



$$\text{КСВН} = \frac{1}{\text{КБВ}} = \frac{1 + |\rho_{\text{H}}|}{1 - |\rho_{\text{H}}|}$$

Типичные АЧХ полосно-пропускающего фильтра

Приборы для измерения частотных характеристики устройств

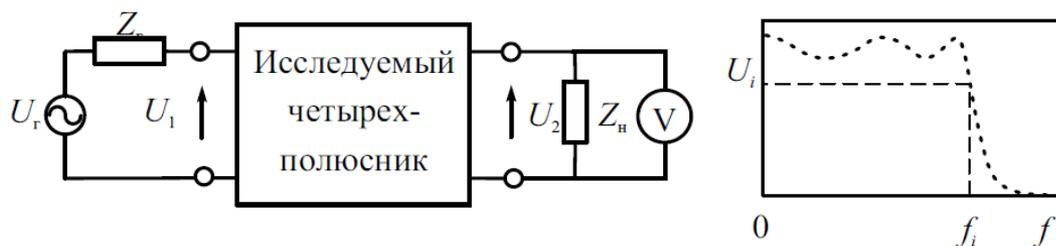
Амплитудно-частотной характеристикой линейной цепи называют зависимость модуля ее комплексного коэффициента передачи от частоты. Фазочастотная характеристика – это частотная зависимость аргумента комплексного коэффициента передачи.

Приборы, предназначенные для получения частотных зависимостей модуля коэффициента передачи, называют измерителями АЧХ, или скалярными анализаторами цепей (scalar network analyzer). На СВЧ с их помощью получают частотные зависимости КСВН и ослабления. Измерить ФЧХ сложнее – требуется определить фазовые сдвиги между выходным и входным сигналами в широком диапазоне частот. Для этого используют фазометры, реализующие, как правило, метод преобразования фазового сдвига во временной интервал. Приборы, измеряющие как АЧХ, так и ФЧХ, называют векторными анализаторами цепей (vector network analyzer).

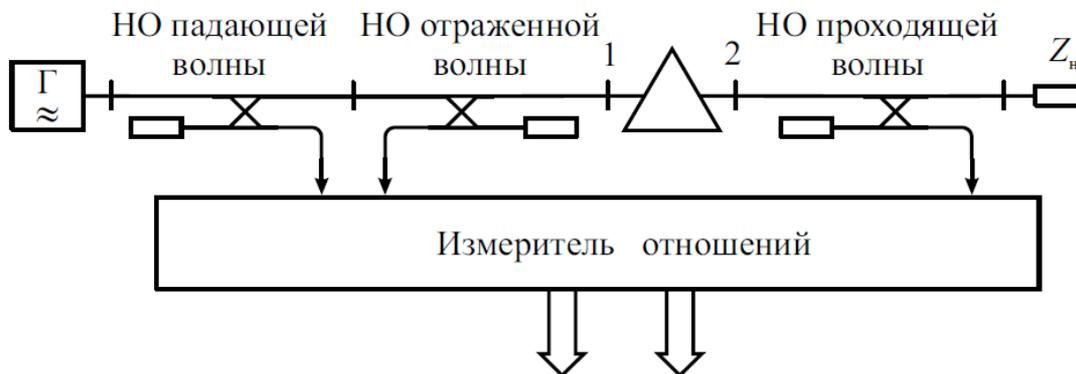


Измерение АЧХ в дискретных точках

Наиболее простой метод измерения АЧХ – это определение отношения амплитуд выходного и входного напряжений гармонического сигнала в отдельных частотных точках с последующей интерполяцией всей кривой (метод измерения «по точкам»).



Измерение АЧХ четырехполюсника по точкам



Измерение АЧХ СВЧ-устройства методом разделения волн

Направленный ответвитель

Переходное
ослабление

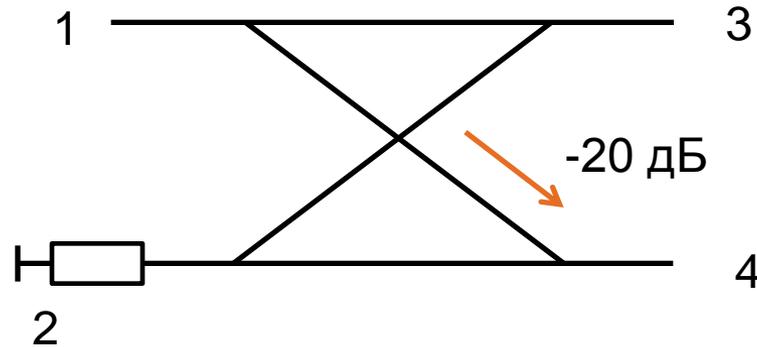
$$S_{41} = 10 \lg \frac{P_4}{P_1} \text{ [дБ]}$$

Развязка

$$S_{21} = 10 \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ [дБ]}$$

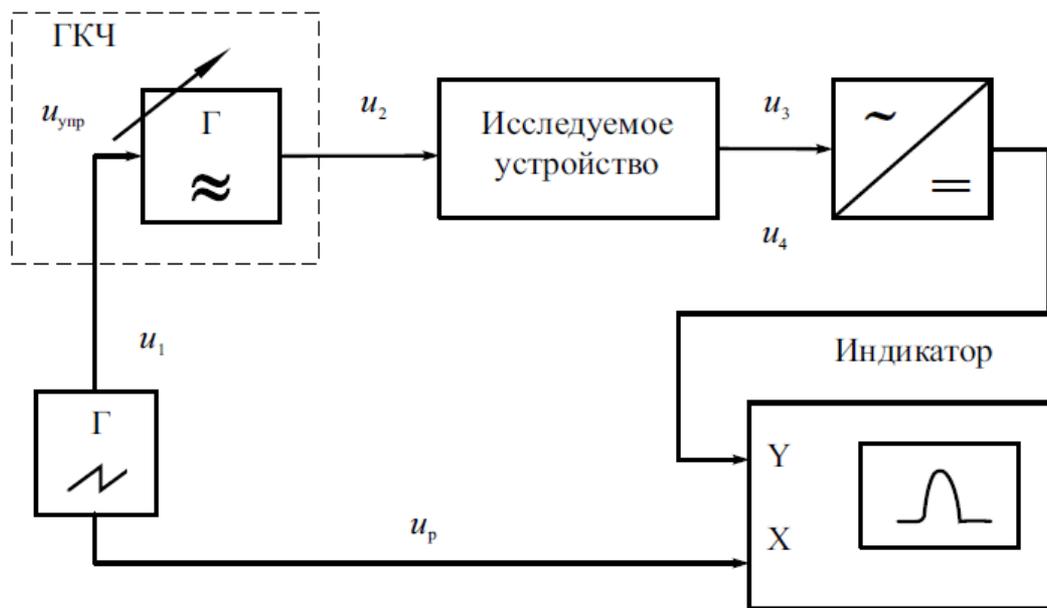
Направленность

$$S_{24} = 10 \lg \frac{P_2}{P_4} \text{ [дБ]}$$

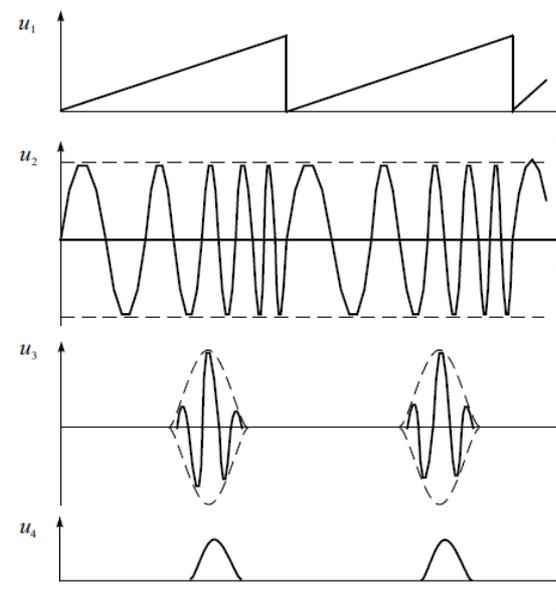


Панорамный метод измерения АЧХ

Панорамным методом называют из-за использования осциллографического индикатора, на который выводится кривая АЧХ сразу во всем исследуемом диапазоне частот. Суть метода – применение в качестве источника входного сигнала генератора, управляемого по частоте напряжением.

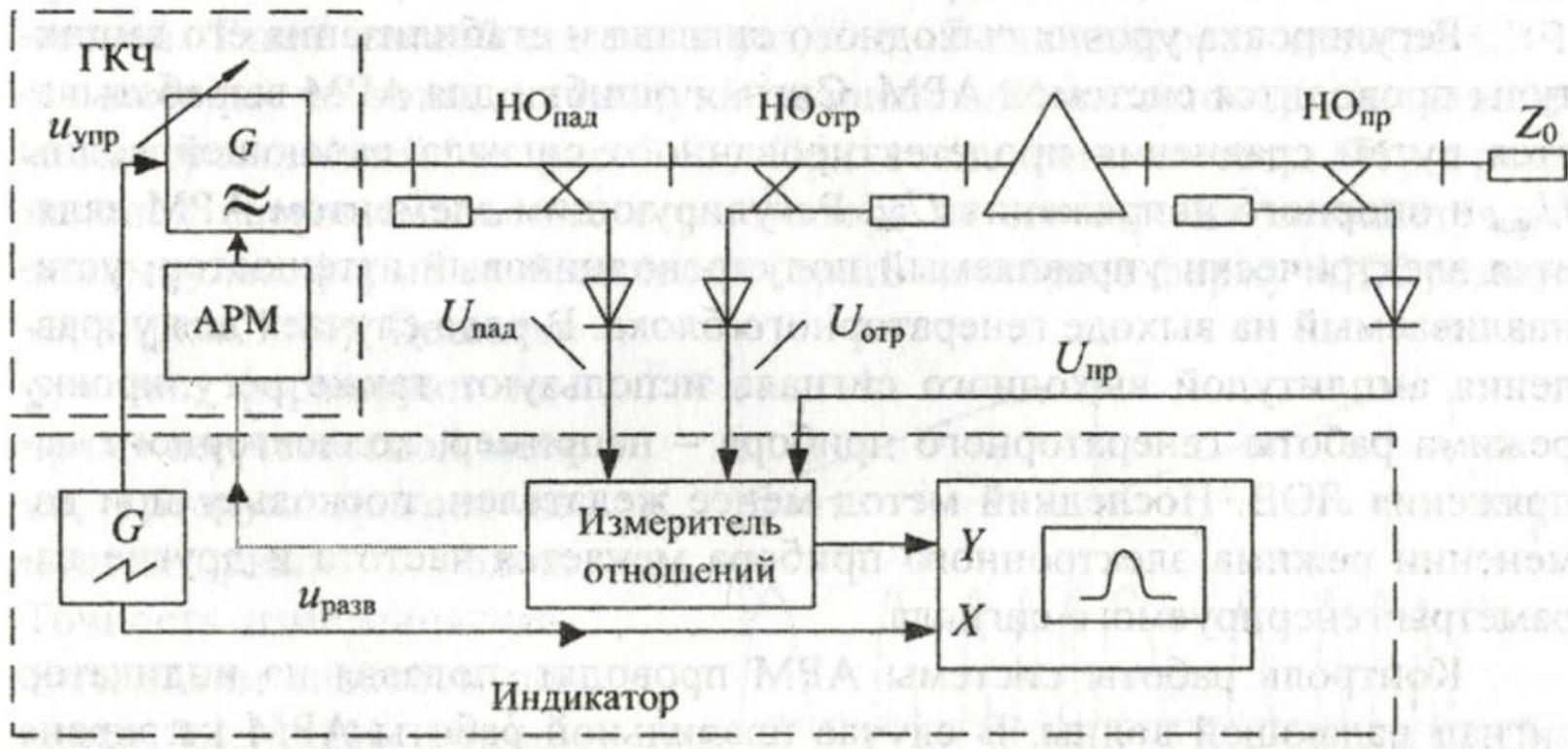


Упрощенная структурная схема измерителя АЧХ



Осциллограммы сигналов в измерителе АЧХ

Панорамный метод измерения АЧХ



Структурная схема СВЧ измерителя АЧХ

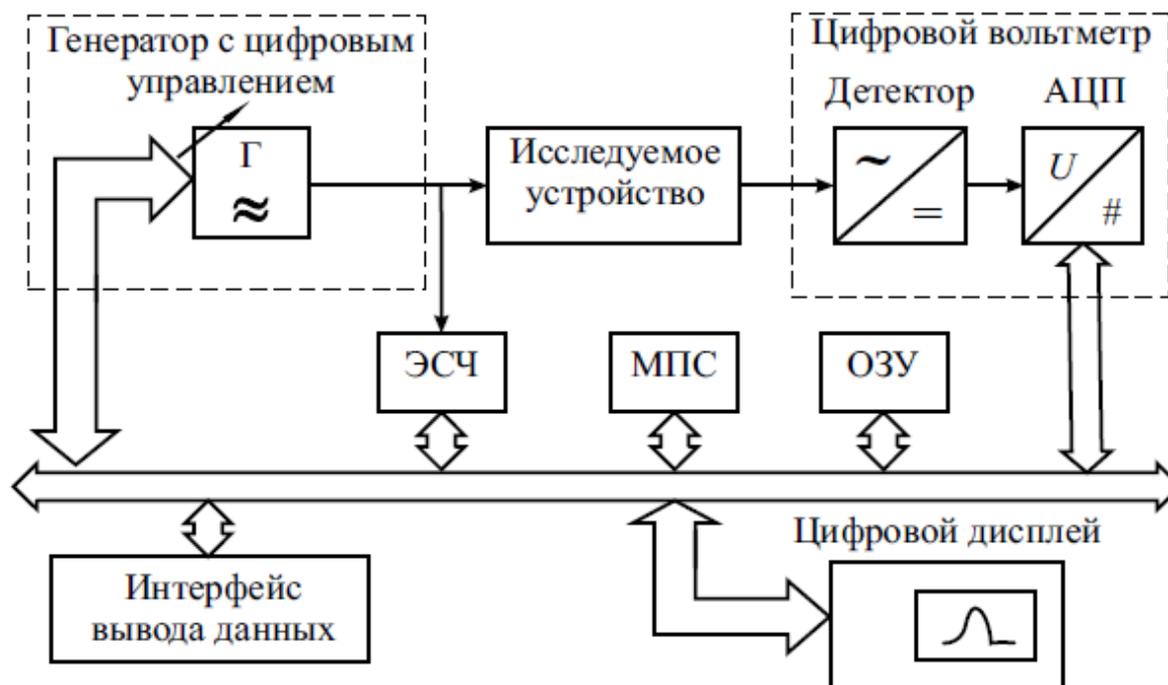
Генераторы качающейся частоты

В ГКЧ применяют различные типы автогенераторов (транзисторные, диодные) с колебательными системами, частота которых меняется электрическим образом. Наиболее часто перестройка резонансных систем ГКЧ производится варикапами – электрически управляемыми конденсаторами.

В диапазоне СВЧ наиболее предпочтительно использовать специальные электронные приборы, имеющие электронную перестройку частоты генерации. Таким свойством обладают клистроны и диоды Ганна, однако диапазон электронной перестройки этих приборов недостаточен, а неравномерность выходной мощности велика. В ГКЧ санти- и миллиметрового диапазонов используют лампы обратной волны (ЛОВ), у которых частота генерации зависит от напряжения между катодом и замедляющей системой. Такие приборы обеспечивают диапазон электронной перестройки в пределах от единиц до сотен ГГц.

Цифровые измерители АЧХ

Основное отличие цифровых приборов от панорамных измерителей АЧХ – это использование генератора с цифровым управлением по частоте.



Структурная схема микропроцессорного измерителя АЧХ

