

ЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.317.757

**КОМПЬЮТЕРНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА
АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ И ФАЗОЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Е.Н. ТАКУН, В.Т. РЕВИН

*РУП "Белорусский государственный институт метрологии"
Старовиленский тракт, 93, Минск, 220053, Беларусь,**Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь,**Поступила в редакцию 19 июня 2006*

Объектом разработки является компьютерно-измерительная система для анализа амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик четырехполюсников. Представлено описание внешнего вида и структурной схемы компьютерно-измерительной системы для анализа амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик четырехполюсников. Описан принцип работы компьютерно-измерительной системы и алгоритм измерения амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик четырехполюсников. Представлено программное обеспечение, разработанное для компьютерно-измерительной системы.

Ключевые слова: компьютерно-измерительная система, четырехполюсник, амплитудно-частотная характеристика, фазочастотная характеристика, программное обеспечение.

Введение

Работы по автоматизации метрологических исследований (как и вообще измерений) ведутся в трех направлениях. Первое направление представляется микропроцессорными средствами измерений, второе — измерительно-вычислительными комплексами и третье направление — компьютерно-измерительными системами [1].

Нас заинтересовало третье направление, так как компьютерно-измерительные системы (КИС) вызвали некоторые изменения в научно-технической политике в приборостроении. При этом такие изделия предназначены для выполнения многих измерительных и метрологических функций в рамках определенной аппаратной и программной среды [2].

Принцип работы и структурная схема компьютерно-измерительной системы для анализа амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик четырехполюсников

Компьютерно-измерительная система для анализа амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик четырехполюсников (в дальнейшем КИС) предназначена для панорамного измерения частотных зависимостей параметров четырехполюсников (ослабления, модуля коэффициента передачи, фазы коэффициента передачи) в диапазоне частот от 0,1 до 150 МГц с цифровым отсчетом измеряемых величин и воспроизведения их частотных зависимостей на экране дисплея электронно-вычислительной машины (ЭВМ) в декартовой системе координат.

Внешний вид системы представлен на рис. 1.

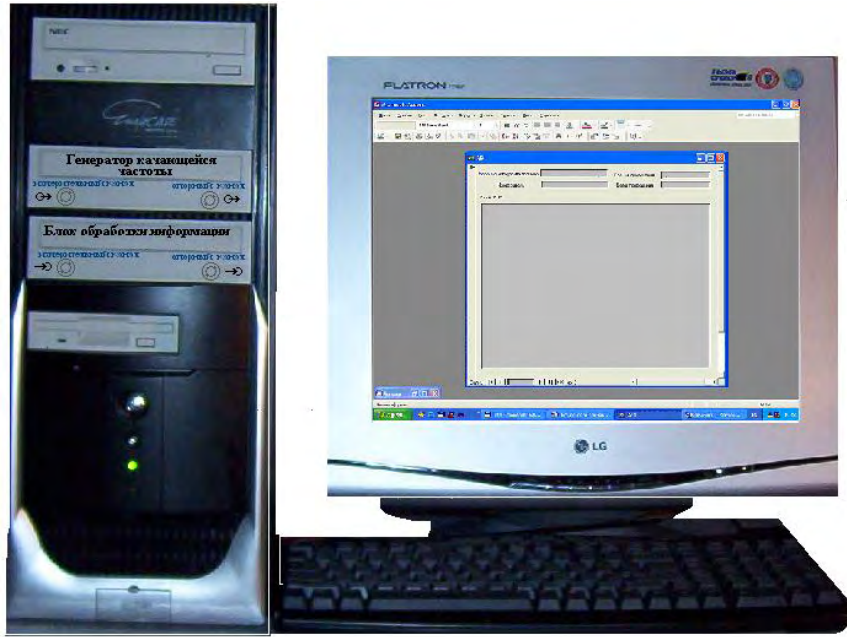


Рис. 1. Внешний вид КИС

Конструктивно КИС представляет собой компьютер, в системный блок которого встроены 2 других блока — генератор качающейся частоты и блок обработки измерительной информации, сопряженные с компьютером посредством интерфейса. Четырехполюсник включается в измерительный канал таким образом, что его вход подключен к выходу генератора качающейся частоты (ГКЧ), а выход — к входу блока обработки измерительной информации (БОИ). Выход и вход опорных каналов генератора и блока обработки измерительной информации соединены коаксиальным кабелем.

Исходя из принципов построения КИС и с учетом построения измерителей амплитудно-частотных (АЧХ) и фазочастотных характеристик (ФЧХ) четырехполюсников, была разработана структурная схема КИС для анализа АЧХ и ФЧХ четырехполюсников, представленная на рис. 2.

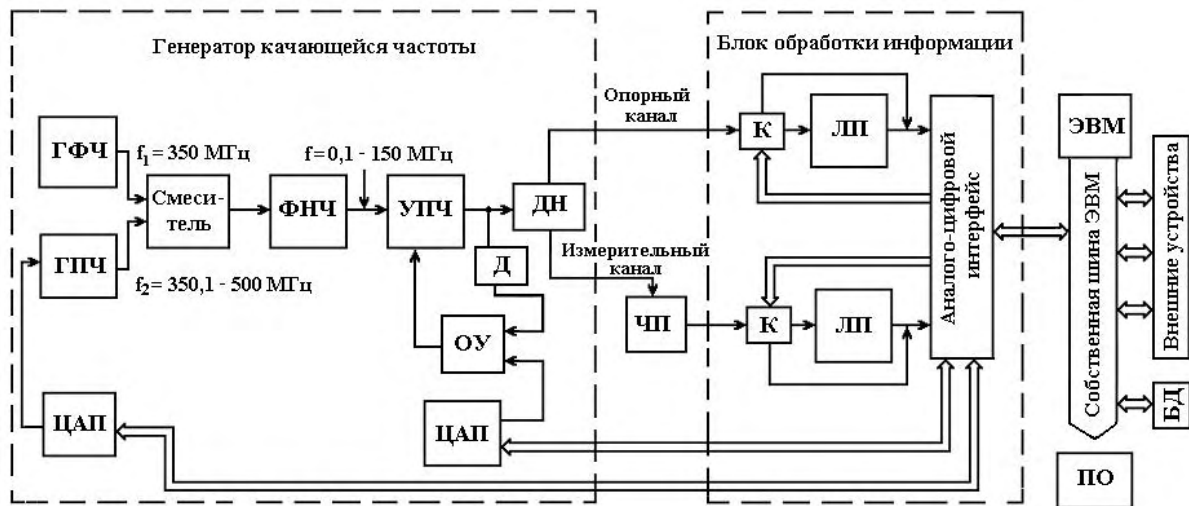


Рис. 2. Структурная схема КИС для анализа АЧХ и ФЧХ четырехполюсников

Она состоит из генератора качающейся частоты, блока обработки измерительной информации, ЭВМ и внешних устройств.

Диапазон рабочих частот системы формируется в ГКЧ путем преобразования сигналов генератора фиксированной частоты ГФЧ (350 МГц) и генератора перестраиваемой частоты ГПЧ (350,1–500 МГц) в смесителе. Схемная реализация ГПЧ и ГФЧ одинакова, что обеспечивает постоянство частоты выходного сигнала при воздействии внешних факторов на эти блоки, таким образом увеличивая стабильность работы генерируемых частот. Сигнал разностной частоты выделяется с помощью фильтра нижних частот и усиливается усилителем промежуточной частоты. Перестройка частоты ГПЧ осуществляется по закону изменения напряжения на аналоговом выходе цифроаналогового преобразователя (ЦАП), причем ЦАП управляется от ЭВМ.

Постоянство уровня выходного сигнала ГКЧ поддерживается цепью обратной связи, состоящей из детектора (Д), который выделяет постоянную составляющую сигнала, и операционного усилителя (ОУ). ОУ также управляется ЦАП (по командам электронно-вычислительной машины (ЭВМ)), который задает уровень мощности на выходе фильтра нижних частот.

БОИ состоит из коммутатора, логарифмического усилителя, аналого-цифрового интерфейса.

Коммутатор (К) используется для автоматического (по команде ЭВМ) перехода от режима анализа АЧХ к режиму анализа ФЧХ. Применение логарифмического преобразователя позволяет значительно упростить обработку сигналов измерительной информации, так как осуществляет преобразование амплитудных параметров в логарифмический масштаб. Для преобразования аналоговых сигналов в цифровой код в системе используется аналого-цифровой преобразователь (АЦП) параллельного действия, поскольку он является самым быстродействующим. АЦП этого типа осуществляет одновременное квантование уровней сигнала с помощью набора компараторов, включенных параллельно источнику входного сигнала. Передача измерительной информации от АЦП к ЭВМ и управление ЦАП осуществляется посредством интерфейса. Интерфейс на аппаратном уровне реализуется с помощью нескольких логических элементов, преобразующих информацию с АЦП в стандартные сигналы и передающих эту информацию в память ЭВМ. АЦ-интерфейс — это АЦП, сопряженный с интерфейсом.

Измерение АЧХ и ФЧХ происходит следующим образом: разбивается диапазон рабочих частот 0,1–150 МГц на 256 частотных точек и измеряется относительная амплитуда или фазовый сдвиг в каждой точке. Эта информация передается в память ЭВМ через интерфейс КОП для каждой точки преобразования АЦП. Значение коэффициента передачи четырехполюсника и значение частоты сигнала, на которой проводилось его определение, образуют точку в системе соответствующих координат, а совокупность таких точек образуют кривую АЧХ в требуемом диапазоне частот.

АЧХ четырехполюсника определяется зависимостью модуля коэффициента передачи от частоты сигнала [3]. Поэтому при измерении АЧХ исходят из следующего выражения:

$$|K| = U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}, \quad (1)$$

где $U_{\text{вых}}$ — выходное напряжение четырехполюсника; $U_{\text{вх}}$ — входное напряжение четырехполюсника; K — коэффициент передачи.

Как было сказано ранее, применение логарифмического преобразователя упрощает алгоритм измерения АЧХ путем перевода сигнала в логарифмический масштаб, поэтому (1) может быть преобразована в следующее выражение:

$$u = 20 \lg |U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}| = 20 \lg |U_{\text{вых}}| - 10 \lg |U_{\text{вх}}|, \quad (2)$$

где u — уровень по напряжению.

Из формулы (2) очевидно, что если задавать уровень входного напряжения, равным 0 дБ, то тогда можно измерять только выходное напряжение.

Измерение ФЧХ заключается в измерении фазовых сдвигов. Преобразование измеряемой величины в интервал времени Δt_x очень эффективно при построении средств измерений, предназначенных для измерения фазовых сдвигов [3].

Это поясняется следующей формулой:

$$\varphi_x = 360^\circ \Delta t_x / T ,$$

где Δt_x — интервал времени между ближайшими импульсами, пропорциональный преобразуемому фазовому сдвигу φ_x , T — период следования импульсов.

Если известен период следования импульсов, то остается только измерить Δt_x .

Обработка полученной информации производится в компьютере по алгоритму, задаваемому программным обеспечением (ПО) системы. На дисплее ЭВМ измеренная информация отображается в виде функциональных зависимостей амплитудных и фазовых параметров от частоты исследуемого сигнала.

Система имеет возможность подключения к каналу общего пользования.

Программное обеспечение КИС

В КИС используется *пакет программ и алгоритмов для научных расчетов*, имеющийся в составе ПО большинства микроЭВМ или в библиотеках программ и алгоритмов на языках высокого уровня. Пакет предназначен для анализа и обработки экспериментальных данных

Пример программного пакета алгоритма проведения измерений разрабатываемой КИС приведен на рис. 3, а пример пакета обработки результатов измерения КИС пассивного четырехполюсника, представлен на рис. 4.

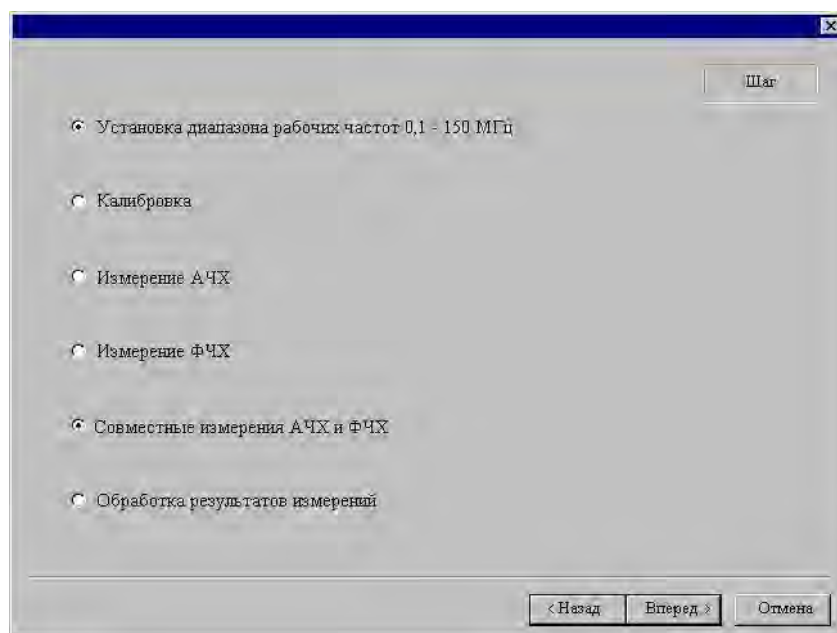


Рис. 3. Окно управления КИС

Программы пакета могут быть использованы непосредственно в компонентах ПО, обеспечивающих метрологические характеристики КИС, или для получения результата путем косвенных измерений. Пакет также включает в себя средства управления построением графического изображения с помощью клавиатуры дисплея или внешнего манипулятора (световое перо, "мышь", "джойстик") [4].

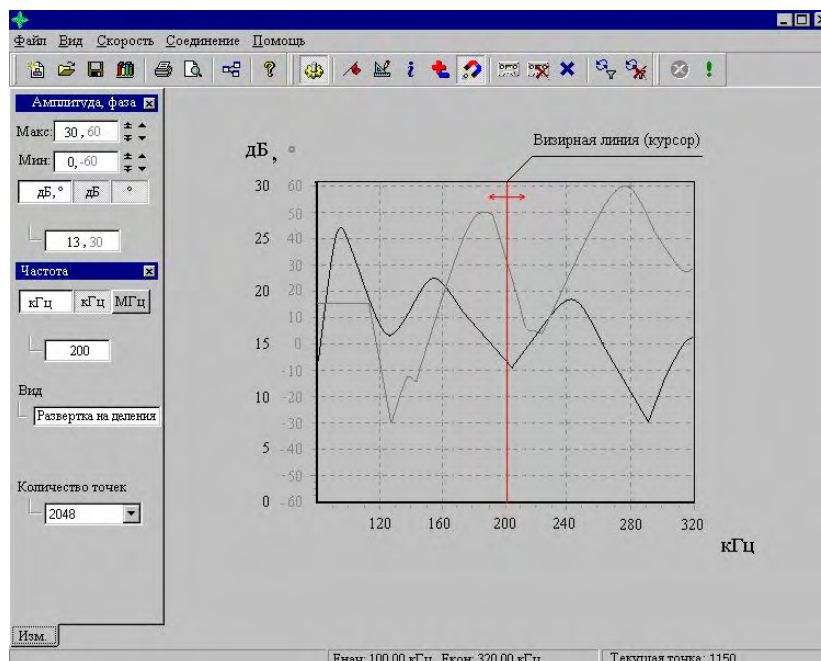


Рис. 4. Окно с обработанными результатами данных

Обмен данными может осуществляться как по проводным линиям связи, так и непосредственно передачей данных на твердых носителях (дискетах).

Заключение

Таким образом, разрабатываемая КИС обладает рядом достоинств по сравнению с другими измерителями АЧХ и ФЧХ четырехполюсников. Архитектура КИС может меняться в процессе решения задачи, распараллеливая при необходимости ее операции в соответствии со структурой измерительного процесса. Гибкость в аппаратной реализации повышает эффективность загрузки функциональных элементов КИС. Отличительной особенностью данной системы является использование для ее реализации малогабаритных источника измерительных сигналов — измерительного генератора сигналов качающейся частоты и блока обработки измерительной информации, конструктивно выполненных в виде встраиваемых в корпус ЭВМ блоков. Использование развитого программного обеспечения, входящего в систему, позволило практически полностью автоматизировать весь процесс измерения, документирования измерительной информации и хранения ее в электронном виде.

КИС позволит снизить трудоемкость измерений АЧХ и ФЧХ четырехполюсников, повысить производительность труда при проведении измерений, улучшить качество измерений и быстродействие. Благодаря гибкости управления, данная КИС обладает широкими пользовательскими и метрологическими возможностями.

Предполагается, что низкая цена по сравнению с аналогами и небольшие массогабаритные размеры при высоких технических и соответствующих метрологических параметрах позволят КИС найти широкое применение в различного рода научно-исследовательских лабораториях, научно-исследовательских институтах, у инженеров-разработчиков, практиков. Преподаватели высших учебных заведений могут использовать КИС как наглядное обучающее средство.

COMPUTER MEASURING SYSTEM FOR ANALYSIS OF AMPLITUDE-FREQUENCY AND PHASE-FREQUENCY CHARACTERISTICS OF THE TWO-PORT

E.N. TAKUN, V.T. REVIN

Abstract

The development object is computer-measuring system for analysis of amplitude-frequency and phase-frequency characteristics of the two-port.

The exterior description and structured scheme of computer-measuring system are presented for analysis amplitude-frequency and phase-frequency characteristics of the two-port. The operational principle of the computer-measuring system and measurement algorithm amplitude-frequency and phase-frequency characteristics of the two-port is described. The software designed of the computer-measuring system is presented.

Литература

1. *Тарковский Д.Ф.* Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учеб. для вузов / Д.Ф. Тарковский, А.С. Ястребов. М., 2002.
2. *Сапельников В.М., Кравченко С.А., Чмых М.К.* Проблемы воспроизведения смещаемых во времени электрических сигналов и их метрологическое обеспечение. Уфа, 1999. 200 с.
3. *Ревин В.Т.* Преобразователи и преобразование измерительной информации: Учеб. пособие для студентов спец. 54 01 01 "Метрология, стандартизация и сертификация". В 5 ч. Ч. 3. Минск, 2004.
4. *Кудеяров Ю.А., Лукашев Ю.Е., Сатановский А.А.* // Микропроцессорные средства и системы. 2003. № 5.