

Компьютеризированная установка для измерения электрического импеданса

О. Я. Шмелёв, В.Ф. Королёв

Computerized Setup for Electrical Impedance Measurement.

O. Ya. Shmelyoff, V.F. Korolyoff

УДК 621.317.3:681.335.2

Описана установка, для измерения электрического импеданса на частотах 0.5...100 МГц в диапазоне 1 Ом...100 кОм. Установка управляется оригинальной компьютерной программой для *Windows 95/98/ME*.

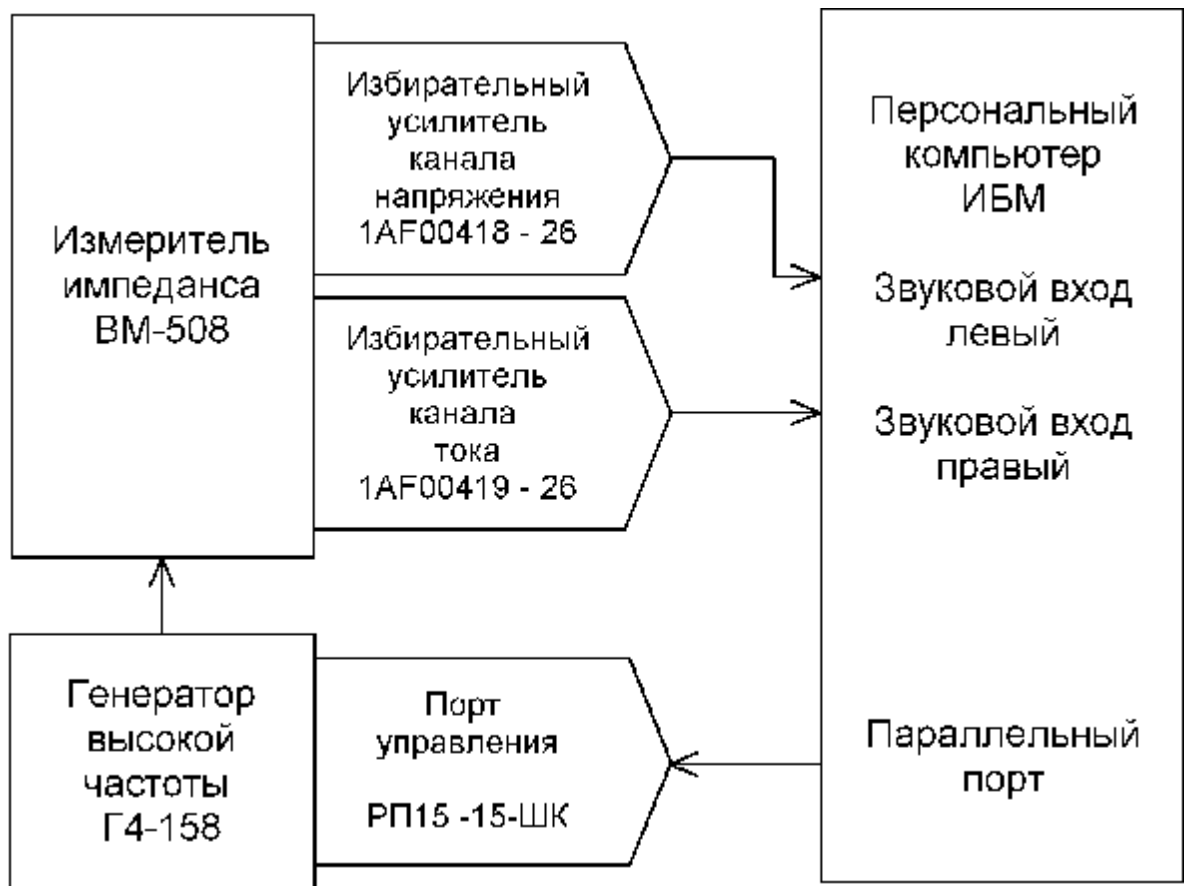
Ключевые слова: электрический импеданс, угол потерь.

The setup for measurement of electrical impedance on frequencies 0.5...100 MHz in range 1 Ohm...100 kOhm is described. The setup is controlled by the original computer program for *Windows 95/98/ME*.

Key words: electrical impedance, loss angle.

Компьютеризированная установка предназначена для измерения электрического импеданса в диапазоне частот 0.5...100 МГц. Относительная погрешность установки частоты не хуже 10^{-5} . Погрешность измерения импеданса и угла потерь, обусловленная электронными компонентами измерителя, порядка 1...5 %, в зависимости от величины измеряемого параметра. Диапазон измерения импеданса 1 Ом...100 кОм, угла потерь – 0...360°. Использование дополнительных внешних измерительных ячеек позволяет определять магнитную проницаемость, диэлектрическую проницаемость и угол потерь различных физических объектов.

Блок-схема установки представлена на рисунке 1. Установка состоит из измерителя импеданса *BM-508* фирмы "Тесла" (доработанного), задающего генератора высокой частоты Г4-158, компьютера (совместимого с ИБМ-ПК), а также узлов аппаратного сопряжения генератора высокой частоты и измерителя импеданса с компьютером. Работа комплекса идет под управлением оригинальной компьютерной программы, осуществляющей координацию взаимодействия всех аппаратных средств, вывод управляющих

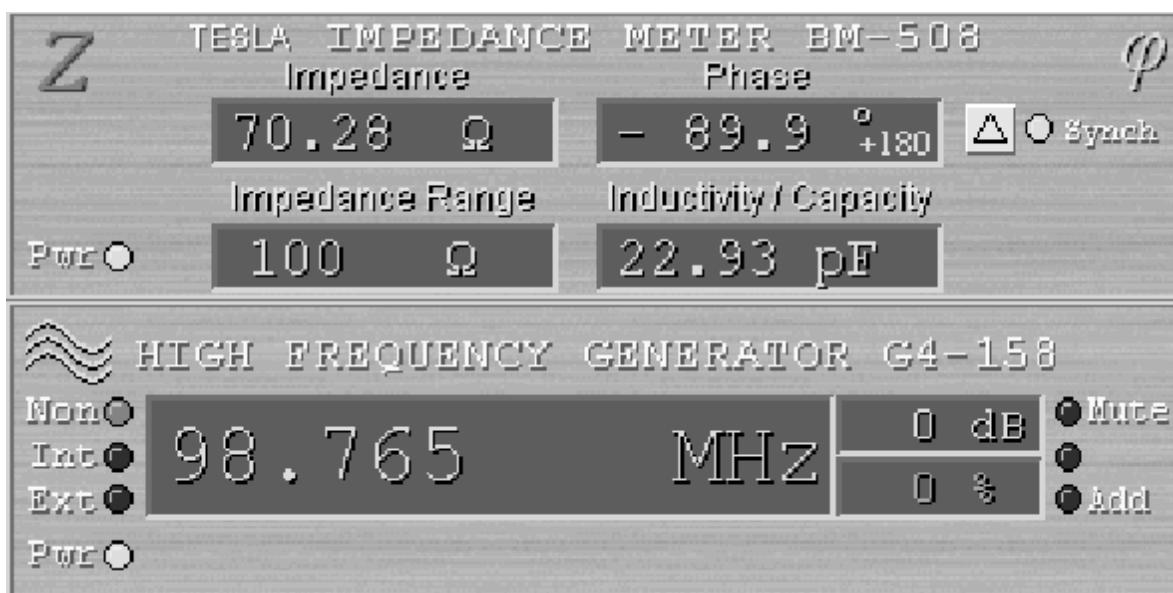


сигналов на внешние приборы, ввод данных, их первичную обработку и вычисление искоемых параметров исследуемого объекта. Программная часть устройства работает в операционной системе *Windows 95/98/ME*, имеет размер всего 230 Кбайт и бесплатно доступна в интернет по адресу <http://shmelyoff.nm.ru>, <http://shmelyoff.by.ru>.

Схема сопряжения генератора Г4-158 и компьютера не содержит активных компонент. Управляющие сигналы с компьютера подаются на генератор Г4-158 [1] через параллельный (принтерный) порт компьютера [2].

Управляющая компьютерная программа позволяет задавать в цифровом виде частоту, на которой проводится измерение импеданса (см. рисунок 2).

Для ввода и отображения числовых поименованных значений используется специально разработанный оригинальный элемент управления и индикации - "Цифровая панель". Ввод производится поразрядно при помощи мыши. Для этого наводят курсор на требуемую цифру индикатора и нажатием левой или правой кнопки мыши устанавливают необходимое значение. При этом левая кнопка уменьшает, а правая увеличивает число. Пересчет старшего разряда происходит автоматически. Если навести курсор



на символы размерности, то нажатием левой или правой кнопки мыши можно соответственно уменьшать или увеличивать значение на индикаторе в десять раз.

Указанный выше диапазон рабочих частот ограничен снизу – предельной частотой измерителя импеданса, сверху – максимальной частотой генератора Г4-158. Измеритель импеданса *BM-508* используется в режиме с внешним опорным генератором, в качестве которого и применен генератор высокой частоты Г4-158.

Измеритель импеданса *BM-508* после небольшой доработки подключается к линейному входу стандартной звуковой системы компьютера. Доработка *BM-508* заключается в выводе с выходов селективных усилителей двух сигналов промежуточной частоты, пропорциональных соответственно напряжению на измеряемом объекте и току через него [3], на дополнительный выходной разъем.

Электрический сигнал частотой 5 кГц с выхода доработанного измерителя импеданса преобразуется в цифровую форму при помощи аналого-цифровых преобразователей (АЦП) звуковой системы компьютера. Полученные данные в управляющей программе аппроксимируются обычным выражением для косинусоидального сигнала: $U=U_A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$. Для вычисления искомой амплитуды и фазы применяется алгоритм Гаусса для метода наименьших квадратов [4,5] в реализации [6]. Так как с выхода измерителя импеданса информация выдается по двум каналам, процедура аппроксимации

выполняется дважды. Импеданс измеряемого объекта вычисляется как отношение полученных амплитуд, фаза – как разность фаз. Импеданс и фаза отображаются на дисплее компьютера в цифровом виде (см. рисунок 2). Кроме того, по этим результатам и с учетом значения частоты установленной в задающем генераторе затем вычисляется емкость или индуктивность измеряемого объекта, которые также отображаются на дисплее. По знаку фазы определяется и индицируется тип реактивности - емкость или индуктивность. Цвет индикатора емкости или индуктивности показывает погрешность расчета этих параметров: зеленый, если погрешность не больше 1%, т.е. модуль фазы не менее 83° ; желтый в случае 1...10% (модуль фазы не менее 64°); красный - при модуле фазы $45^\circ \dots 63^\circ$, и, наконец, синий - в остальных случаях.

В управляющей программе имеется также световой индикатор превышения случайного разброса результатов измерений, возникающего, обычно, в результате срыва синхронизации измерителя импеданса *BM-508* при недопустимо быстрой перестройке рабочей частоты [3].

Калибровка измерителя импеданса осуществляется программным способом по встроенному в прибор *BM-508* образцовому сопротивлению. Для этого предусмотрена специальная кнопка на панели программы (справа от индикатора фазы на рисунке 2).

По сравнению с традиционными измерениями прибором *BM-508* описываемое устройство имеет следующие преимущества. Частота измерений благодаря использованию в качестве опорного генератора Г4-158 задается с существенно более высокой точностью (по крайней мере, на два порядка) и обладает стабильностью кварцевого генератора. При измерении импеданса объекта и фазового сдвига вместо встроенных в прибор *BM-508* аналоговых преобразователей и электромеханических отсчётных устройств используется цифровая обработка сигналов промежуточной частоты и цифровая индикация. Таким способом исключаются погрешности измерений, обусловленные аналоговыми амплитудными и фазовым детекторами, встроенными в исходный прибор. Кроме того, исключаются субъективные погрешности отсчета со стрелочных приборов. Добавлено дополнительное качество измерителя. Теперь возможно прямое измерение емкости или индуктивности на любой частоте из рабочего диапазона. Для

автоматического пересчета импеданса в емкость или индуктивность в управляющей программе используется значение частоты, устанавливаемое непосредственно в процессе измерения. В случае необходимости, при использовании внешних измерительных ячеек для определения магнитной, диэлектрической проницаемости и угла потерь различных физических объектов возможно введение дополнительных расчетов для непосредственной индикации величин указанных параметров с учетом геометрических размеров измерительных ячеек.

Разработанное устройство является фактически оригинальным измерительным прибором. Если условия применения требуют только сертифицированных средств измерения, пользователь должен обратиться в соответствующие органы метрологического обеспечения для проведения необходимых испытаний, поверки, регистрации и получения необходимой официальной документации.

Компьютеризированная установка разработана в Проблемной лаборатории молекулярной акустики Московской Государственной академии приборостроения и информатики для измерения диэлектрических свойств жидких кристаллов, ориентированных магнитным полем.

Литература

1. Г4-158. Генератор сигналов высокочастотный. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, часть 1, с.57.
2. Гук М. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия. Санкт-Петербург, «Питер Кон», 1999, с.632-635.
3. Измеритель импеданса *BM-508, Tesla*. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, с.37-38.
4. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. Москва, Мир, 1976, с.233-234.
5. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. Москва, Мир, 1985, с.184-189.
6. Шмелёв О.Я. В сборнике "Применение ультразвуки к исследованию вещества", Москва, ВЗМИ, 1987, выпуск 38, с.36-40.