

Измерительно-вычислительный комплекс на базе IBM-PC для регистрации и анализа электрических сигналов и характеристик источников питания систем вывода пучка из У-70

М.Н.Крутиков, В.В.Лапин, В.Ю.Лысиков
ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий, Протвино, Россия

Введение

Информационно-измерительная система (ИИС) на базе IBM-PC предназначена для регистрации и анализа электрических сигналов и характеристик источников питания систем медленного вывода пучка из У-70. ИИС имеет возможность реализации эффективных и точных методов измерения частотных характеристик, методов спектрального анализа, в частности цифровой фильтрации измеряемых сигналов, статистической обработки и графического отображения результатов. Разработанная ранее система аналогичного назначения [1] в настоящее время демонтирована, но потребность в такой системе остается. Сейчас функционирует измерительная система [2], но она производит только спектральный анализ сигналов, т.е. имеет недостаточные возможности. Поэтому необходима разработка новой ИИС.

1. Анализ функциональных возможностей ИИС и математические аспекты ее программного обеспечения

Аналоговые сигналы преобразуются в цифровую форму с дискретностью 277 мкс, определяемой быстродействием АЦП, за период времени примерно 568 мс. За это время цифровые данные заполняют буфер памяти объемом 2048 двухбайтных слов. Соответственно, диапазон анализируемых частот от 1,76 до 1802 Гц. Кроме того, в ИИС заложена возможность сдвигать диапазон частот в область от 0,1 до 102 Гц. Такой частотный диапазон удовлетворяет потребности на данном этапе. Применение АЦП с большим быстродействием позволит расширить верхнюю границу частотного диапазона.

Для грубой оценки частотной характеристики $H(f)$ производится вычисление спектральной плотности входного сигнала $G_{xx}(f)$ и взаимного спектра входного и выходного сигналов $G_{xy}(f)$ работающей системы [3] при достаточном уровне шумов:

$$H(f) = G_{xy}(f)/G_{xx}(f), \quad (1)$$

$$G_{xx}(f) = 2 \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} E[|X_k(f, T)|^2]; \quad (2)$$

$$G_{xy}(f) = 2 \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} E[X_k^*(f, T)Y_k(f, T)], \quad (3)$$

где E – математическое ожидание; $X_k(f, T)$ и $Y_k(f, T)$ – преобразования Фурье для k -той реализации $x(t)$ и $y(t)$ длиной T ; $x(t)$ и $y(t)$ – функции входного и выходного сигналов соответственно.

Этот способ реализуем и при малых шумах. В этом случае тестовый сигнал синтезируется из частот, количество, расположение и фазировка в спектре которых задается пользователем. Производится синтез тестового сигнала $q(t)$ для n гармоник, таким образом:

$$q(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_{k=1}^n (A_k \sin 2\pi k f_1 t + B_k \cos 2\pi k f_1 t), \quad (4)$$

здесь задаются время t ; номер гармоники k ; частота первой гармоники f_1 ; коэффициенты ряда Фурье A_k и B_k . При большом количестве гармоник возможно использование для синтеза сигнала $q(t)$ более целесообразного метода обратного быстрого преобразования Фурье.

Дискретная реализация синтезированного сигнала $q(t)$ пересылается в буфер памяти автономного каркасного контроллера (АКК) и вводится через ЦАП в систему. Реализована также возможность прецизионного измерения частотных характеристик путем подачи на вход исследуемой системы последовательности чисто гармонических сигналов. Найденная приближенно по (1) $H(f)$ определяет шаг по частоте

$$\Delta k = \frac{1}{(dH(f)/df)}. \quad (5)$$

Этот критерий выбора гармоник, входящих в состав синтезируемого тестового сигнала, устанавливается с целью повышения точности построения частотной характеристики.

2. Аппаратная реализация ИИС

ИИС состоит из компьютера IBM-PC 486-DX4 и аппаратуры СУММА/ВЕКТОР с контроллером АКК-19 [4] или АКК-19М [5]. Связь персонального компьютера с АКК-19 производится через порт СОМ2, через защитное устройство, надежно предохраняющее компьютер от повреждения в случае попадания в аппаратуру высокого напряжения. Блок-схема ИИС показана на рис.1. Здесь показана линия связи АКК с персональным компьютером РС, а также блоки ЦАП, АЦП и ввода-вывода дискретных сигналов БВВ. В качестве ЦАП и АЦП используются соответственно блоки БПЦ-01Ф и БПН-01Ф (ВЕКТОР). В качестве блока ввода-вывода использовано устройство типа БВЦ-14Ф.

Аналоговые сигналы от ЦАП к блокам исследуемой системы W1 – W3 и от них к АЦП проходят через нормирующие устройства НУ1 – НУ3 рис.2. Нормирующие устройства состоят из сумматора и масштабирующего усилителя. Для НУ на РС программно задается смещение через ЦАП и масштабирование посредством БВВ для исходного сигнала. В системе используются четыре ЦАП и два АЦП. ЦАП 1 выдает тестовый сигнал любой формы, программируемой на РС. ЦАП 2 подает постоянное напряжение смещения, суммируемое с тестовым сигналом, величина которого также

программируется. ЦАП 3 и 4 выдают смещения на АЦП 1 и 2 для компенсации постоянной составляющей выходных сигналов. Это предотвращает использование разделительного конденсатора на входах усилителей, который внес бы искажения в измеряемый сигнал на низких частотах. Оптимальный уровень сигнала на выходе ЦАП и на входе АЦП автоматически поддерживается усилителями с управляемым коэффициентом усиления. Предусматривается 16 ступеней регулировки усиления сигнала. Усиление (ослабление) устанавливается таким, чтобы в процессе всего измерения не переполнялась разрядность АЦП, но при этом уровень сигнала был максимальным, поскольку с его уменьшением возрастает погрешность измерения.

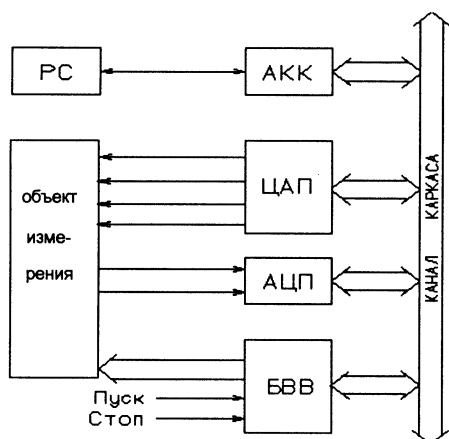


Рис. 1: Блок-схема информационно-измерительной системы.

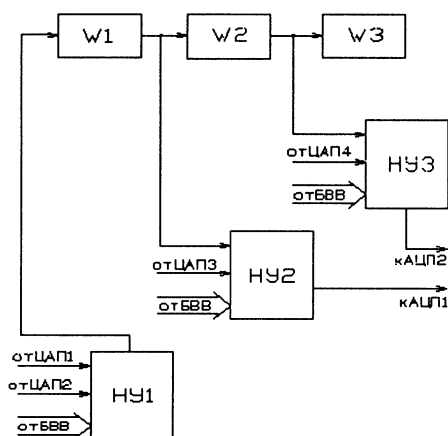


Рис. 2: Блок-схема подключения исследуемого объекта к информационно-измерительной системе через вспомогательные устройства.

3. Первые результаты практического использования ИИС

В настоящее время с помощью ИИС получены первые практические результаты. В частности, измерены частотные характеристики некоторых схем. Например, на рис.3 и 4 показаны амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики для фильтра ВЧ. Здесь сплошной линией показаны результаты измерений, произведенных на ИИС, звездочки отмечают точки, снятые вручную с помощью генератора и осциллографа.

Заключение

Создана информационно-измерительная система, позволяющая автоматизировать работы по наладке, исследованию и контролю в процессе эксплуатации источников питания систем вывода. При необходимости не исключена возможность улучшения ее характеристик (быстродействия, точности) и расширения функций путем изменения аппаратной конфигурации и наращивания программного обеспечения.

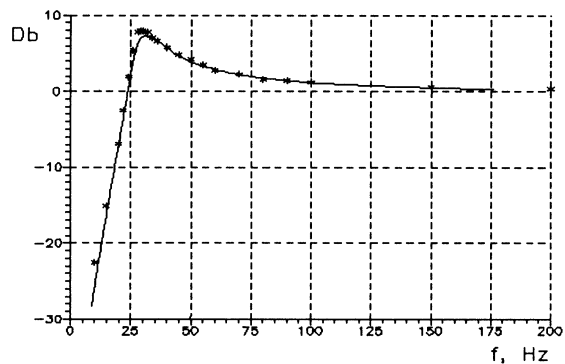


Рис. 3: Сравнение амплитудно-частотных характеристик фильтра ВЧ, полученных вручную и с помощью ИИС.

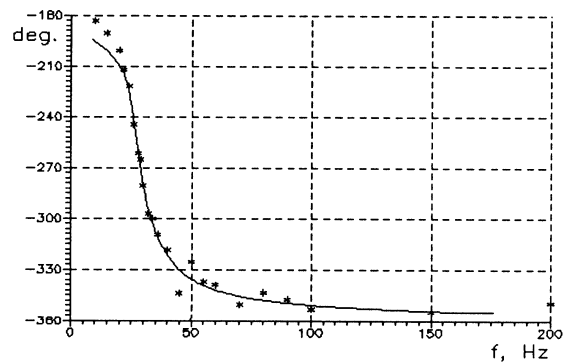


Рис. 4: Сравнение фазо-частотных характеристик фильтра ВЧ, полученных вручную и с помощью ИИС.

Список литературы

- [1] Комаров В.В. и др. – В кн.: Труды 5-го Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. – Дубна, 1976, т.2, стр.92.
- [2] Афонин А.Г. и др. – В кн.: Труды 13-го Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. – Дубна, 1992, т.2, стр.281.
- [3] Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989, стр.142.
- [4] Буянов Э.Г. и др. – Препринт ИФВЭ 90-100. Протвино 1990.
- [5] Агеев В.Л. и др. – Препринт ИФВЭ 93-78. Протвино 1993.