

# Развитие информационно-измерительной системы для регистрации и анализа электрических сигналов и характеристик источников питания систем вывода пучка из У-70

В.В. Лапин, В.Ю. Лысиков

*ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий, Протвино, Россия*

## Введение

Информационно-измерительная система (ИИС) для диагностики работы источников питания систем вывода, созданная двумя годами ранее [1], получила дальнейшее развитие. Создана новая программа монитора системы, повышающая скорость проведения измерений. Многократно расширен частотный диапазон. Аппаратная часть измерительной системы дополнена новыми блоками с улучшенными параметрами. Все это позволило разработать и применить новые методики измерений и обработки результатов.

## 1. Универсальные программы для управления ИИС и обработки результатов измерений

Программа, управляющая ИИС, в первоначальном варианте только собирала данные и записывала их в файлы, не отображая при этом результатов измерений на экране персонального компьютера. Кроме того, было весьма затруднительно изменить режимы работы ИИС. Для этого требовалось вносить изменения в саму программу. При сбоях в работе источников питания и ошибках в установке входных сигналов в старой версии регистрировалось довольно много неудавшихся измерений, причем обнаруживалось это значительно позднее, когда повторение измерений в тех же режимах оказывалось уже практически невозможным.

В отличие от старой версии новая программа отображает собираемые данные непосредственно в процессе измерения, а также позволяет изменять параметры ИИС в интерактивном режиме, т.е. оперативно управлять ее работой. В этом плане разработанная программа не только не уступает средствам для автоматизации измерений, подобных например LabVIEW [2], или средствам отображения и управления современных цифровых осциллографов, но даже удобнее в работе с источниками питания систем вывода, поскольку создавалась с учетом всех их особенностей. На экране компьютера отображаются осциллограммы, их спектры, состояние нормирующих устройств, диапазоны измерения, текущее состояние ИИС и направление информационных потоков в ней.

При вычислении частотных характеристик по формулам (1), (2) и (3), приведенных в [1], величина случайной составляющей ошибки, обусловленной проникновением в исследуемый тракт внешних помех, уменьшается с набором статистики, а составляющая ошибки, вызванная детерминированными процессами, не устраняется. Для устранения таких ошибок разработана программа, реализующая метод изменения начальной фазы вводимого сигнала. Суть его в следующем. Выбирается количество реализаций  $N$  для статистического накопления. В каждой реализации начальная фаза вводимого синусоидального сигнала отличается от предыдущей на угол  $2\pi/N$  рад. При статистической обработке  $N$ -реализаций, выполненных с указанным шагом по фазе, детерминированная составляющая ошибки стре-

мится к нулю с ростом  $N$ . Одновременно с этим производится подавление просачивания через боковые максимумы в спектре, без сглаживания исходной реализации временными окнами [3].

Возросли возможности ИИС в области спектрального анализа. Кроме увеличения разрешающей способности по частоте повысился качественный уровень программ, производящих вычисление автоспектров, взаимных спектров, а также функций, связанных со спектральным анализом (цифровой фильтрации, функций когерентности, АФЧХ и др). Эти программы универсальны и пригодны для работы во всех частотных диапазонах.

## 2. Развитие аппаратной структуры ИИС

Значительно расширен частотный диапазон ИИС. Теперь он разбит на 11 поддиапазонов с верхними частотами от 50 до 100 кГц, на них ИИС позволяет генерировать любые сигналы с заданными характеристиками и производить синхронную регистрацию пары сигналов от милливольт до сотни вольт. Имеется также возможность регистрировать один сигнал до 250 кГц. Несмотря на значительное расширение частотного диапазона погрешность измерений не возросла. Она, по-прежнему, составляет  $10^{-3}$ , это возможно благодаря программной компенсации статических нелинейностей 10-разрядных быстродействующих АЦП, которые аппроксимируются полиномом третьего порядка. Для уменьшения ошибок маскировки частот при цифровом анализе данных в системе применяется блок противоположенных фильтров [3]. В четыре раза увеличилось количество регистрируемых пар измеряемых значений, т.е. размер буфера памяти вырос до  $2 \times 8192 \times 10$  bit.

Усовершенствование аппаратной структуры открыло возможность применять новые методики диагностики источников питания и возможность программного управления ими. Источники питания в системах вывода работают в повторно-кратковременном режиме. При работе источников питания в течение долей секунды в цикле иногда существует необходимость измерения АФЧХ для частот ниже 1 Гц. Это достигается путем стыковки синхронизированных фрагментов сигналов в одну осциллограмму, пригодную для ее дальнейшего анализа. Кроме того, ИИС можно использовать и для моделирования управляющих устройств на источнике питания, например для компенсации возмущений в пучке на частотах, кратных сетевой.

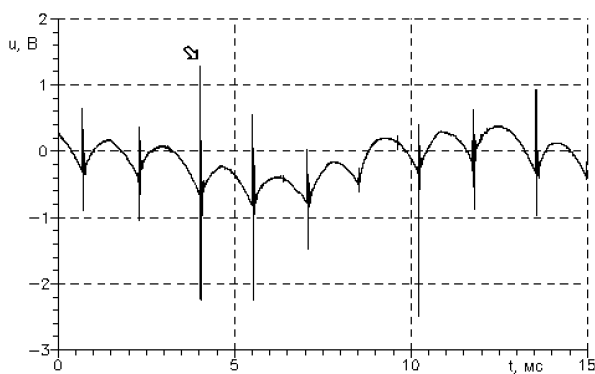


Рис. 1: Осциллограмма пульсаций на выходе источника питания. Здесь хорошо видны коммутационные процессы. Фрагмент, помеченный стрелкой, где наблюдается переходный процесс, рассматривается более подробно на рис.2.

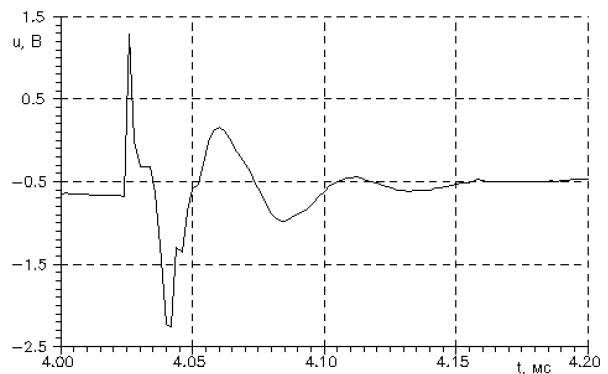


Рис. 2: Осциллограмма фрагмента отмеченного на рис.1 стрелкой, с разрешением по времени в 100 раз большим.

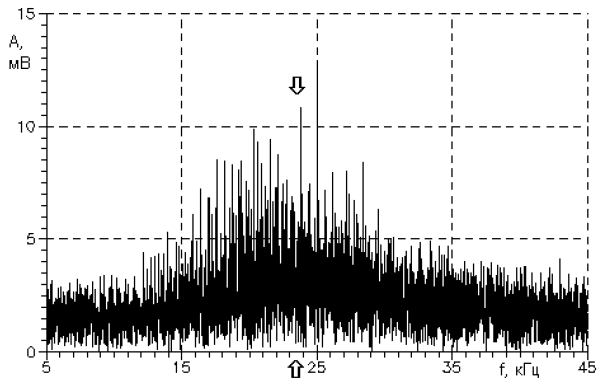


Рис. 3: Высокочастотный участок спектра сигнала, отображенного на рис.1 (амплитудная часть).

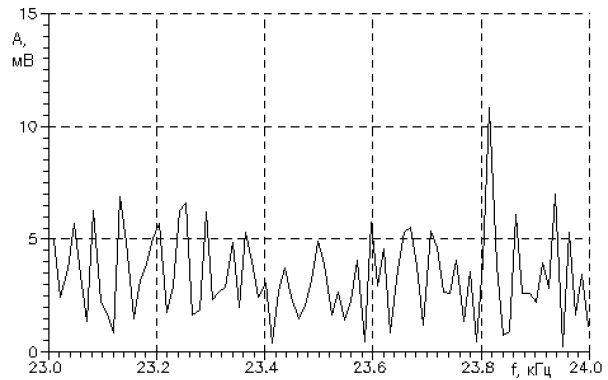


Рис. 4: Фрагмент спектра, выделенный стрелками на рис.3, с разрешением по частоте в 40 раз большим.

### 3. Примеры практического использования новой ИИС

С помощью новой ИИС производились исследования и наладка источника питания системы наведения на резонанс линзой 20К-50-1000. Отметим некоторые моменты этой работы. При расширении полосы источника питания, что целесообразно по ряду соображений, возрастают шумы переходных процессов, возникающих при коммутации тока тиристорами. При поисках путей уменьшения этих шумов желательно иметь возможность их наблюдения и регистрировать как сами шумы, так и их спектр.

Благодаря расширению частотного диапазона ИИС стало возможным исследование этих процессов. Осциллограммы пульсаций на выходе источника питания, показаны на рис.1 и 2, а на рис.3 и 4 показаны спектры этих пульсаций.

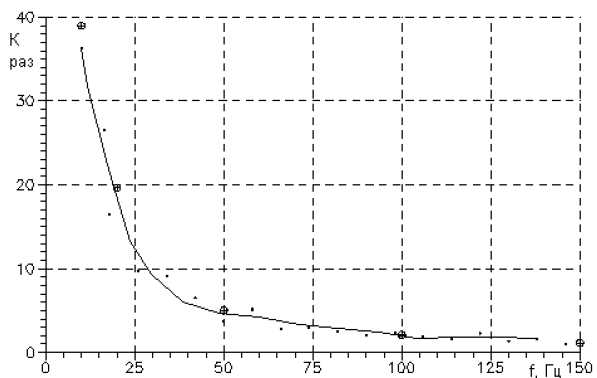


Рис. 5: Амплитудно-частотная характеристика тиристорного выпрямителя с выходным фильтром.

Для грубой оценки частотных характеристик источников питания можно применять метод спектральной обработки пары сигналов, возникающих при вводе в исследуемую систему белого шума. Количество реализаций для анализа не может быть бесконечно большим. При практически разумном количестве реализаций, около 10, в графике АЧХ наблюдается статистический разброс. Его можно уменьшить, если воспользоваться одним из математических методов для сглаживания данных со случайными ошибками [4].

На рис.5 показана АЧХ тиристорного выпрямителя с фильтром в силовоточной цепи. На графике сплошная кривая — это средняя линия, вписанная в статистический доверительный интервал, точки обозначают шумовой разброс, кружочки — это более точные значения, полученные методом ввода синусоидального сигнала. График показывает, что использование метода приближенной оценки частотных характеристик с обработкой результатов новыми программными приложениями дает хорошее совпадение с точными измерениями.

## **Заключение**

Модернизированная информационно-измерительная система показала достаточную надежность в практической работе, высокую точность измерений. Программными средствами системы достаточно быстро обрабатывался большой объем получаемой информации.

## **Список литературы**

- [1] Крутиков М.Н., Лапин В.В., Лысыков В.Ю. — В кн.: Труды 15-го Совещания по ускорителям заряженных частиц. – Протвино, 1996, т.1, стр.222-225.
- [2] LabVIEW for Windows. Data Acquisition VI Referens Manual. – National Instruments Corporation, 1994.
- [3] Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989.
- [4] Грановский В.А., Сирая Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. – Л.: Энергоатомиздат, 1990.