

ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ СВЧ-ИМПУЛЬСОВ

В. Г. Гальченко, Т. А. Гладкова

Институт кибернетики Национального исследовательского
Томского политехнического университета, 634050, Томск, Россия

УДК 004.5; 621.372.81

При проведении экспериментальных исследований важной задачей является оценка параметров СВЧ-импульсов. Имеющиеся программы построения графиков СВЧ-импульсов и оценка их параметров реализованы в среде MathCad и обладают существенными недостатками, так как многие параметры среды, по которой проходят СВЧ-импульсы, требуется вводить непосредственно в программе. Описано программное обеспечение оценки параметров СВЧ-импульсов, реализованное в среде Qt 4.5 C++.

Ключевые слова: СВЧ-импульс, система программирования, параметры импульса, программное обеспечение.

Estimation of parameters of the microwave pulse is an important task for the carrying out of experimental researches. Existing programmes charting microwave pulses and estimation of their parameters are implemented in the environment of MathCad and have significant shortcomings, as many of the parameters of the environment, which straddles the microwave impulses, you need to enter directly in the program. In the described software estimation of parameters of the microwave pulses, realized in the environment of Qt 4.7 C++.

Key words: microwave pulse, programming system, pulse parameters, software.

Введение. В работе [1] описана схема измерения параметров СВЧ-импульса. Детектированные сигналы с двух измерительных каналов поступают на каналы цифрового осциллографа. Для обоих каналов имеются предварительно полученные с помощью генератора импульсов (ГИН) калибровочные кривые зависимости выходного напряжения датчиков от СВЧ-мощности на входе измерительного канала при различных частотах СВЧ-сигнала. Обработка экспериментальных данных, полученных с помощью цифрового осциллографа, проводилась с использованием программного обеспечения, созданного в среде MathCad. Для экспериментатора данное программное обеспечение является достаточно неудобным, так как требует ввода большого количества данных непосредственно в программе.

В настоящей работе для обработки экспериментальных данных представлено программное обеспечение в среде Qt 4.5 C++ [2]. В отличие от программы в MathCad все необходимые данные вводятся из таблицы, которая создается на основе файла входных параметров.

Измерения параметров СВЧ-импульса. Схема эксперимента представлена на рис. 1. В соответствии с этой схемой СВЧ-импульс поступает на антенну и далее через согласованный тройник распространяется по двум измерительным каналам. В одном из каналов, называемом

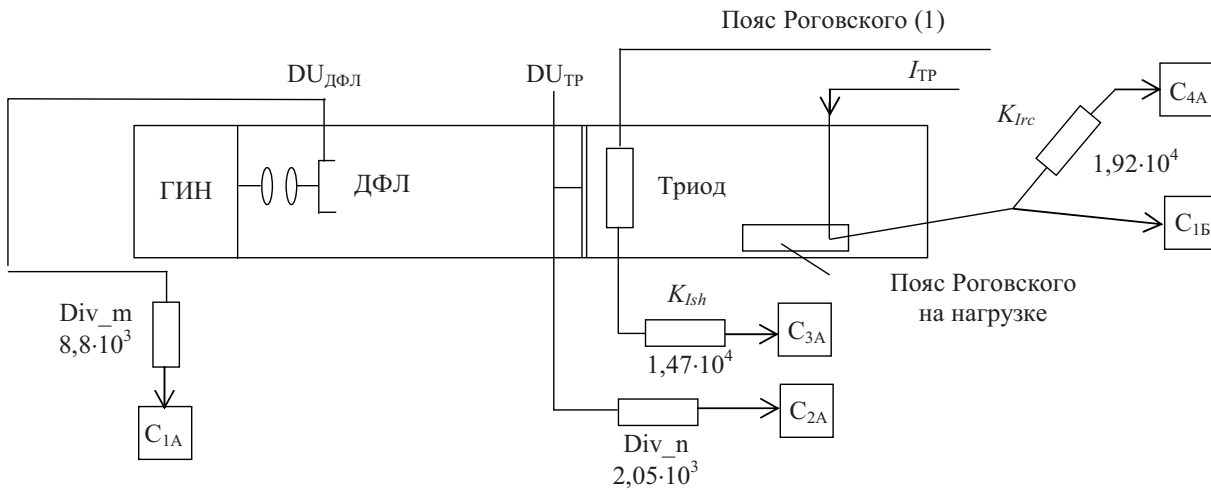


Рис. 1. Схема эксперимента:

ДИФЛ – двойная формирующая линия; ГИН – генератор импульсов напряжения; $DU_{ДИФЛ}$ – делитель напряжения двойной формирующей линии; $DU_{ТРИОД}$ – делитель напряжения триода;

Div_m – делитель напряжения первого канала; Div_n – входной делитель; $I_{ТРИОД}$ – ток триода, который измеряется поясом Роговского; K_{ish} – коэффициент шунта; K_{Irc} – коэффициент измерения тока в диоде;

C_{1A} – файл данных с первого канала осциллографа А; C_{2A} – файл данных со второго канала осциллографа А;

C_{3A} – файл данных с третьего канала осциллографа А; C_{4A} – файл данных с четвертого канала осциллографа А;

$C_{1Б}$ – файл данных с первого канала осциллографа Б

линейным, за фиксированным аттенюатором установлена коаксиальная детекторная головка с полупроводниковым СВЧ-диодом, в котором осуществляется детектирование СВЧ-импульса. Во втором канале, называемом нелинейным, между фиксированным аттенюатором и коаксиальной детекторной головкой, подобной головке в линейном канале, установлен "запредельный" аттенюатор, величина ослабления которого зависит от частоты по определенному закону.

Основными параметрами, определяемыми при обработке экспериментальных данных, являются графики огибающих СВЧ-импульса. Регистрация параметров СВЧ-импульса осуществляется линейным и нелинейным датчиками измерительных каналов. Частотные зависимости измеренной мощности линейного и нелинейного каналов для выходных напряжений датчиков и приведенная импульсная мощность находятся с использованием калибровочных характеристик линейного и нелинейного каналов.

Структура программного обеспечения. В ходе эксперимента данные, полученные от двух цифровых осциллографов, записываются в две папки. В имени каждого файла содержится номер эксперимента, который позволяет выбрать данные файлы для последующей обработки. Входные данные, необходимые для обработки экспериментальных данных, находятся в файле входных данных, который считывается при запуске программы. Эти данные размещаются в таблице данных. При обработке экспериментальных данных можно отредактировать значения входных параметров, если условия эксперимента изменились. После считывания экспериментальных данных создаются формы изображения малых графиков, на которые добавляются графики сигналов с датчиков.

Для расчета параметров СВЧ-импульсов по полученным сигналам с датчиков используются калибровочные файлы, которые формируются в процессе калибровки датчиков. При калибровке датчиков используются необходимый набор частот и соответствующие уровни мощности генератора импульсов. После преобразования сигналов с датчиков с учетом калибровочных пара-

Таблица 1

Входные данные

Номер канала	Данные	Обозначение	Значение	Единица измерения
Осциллограф А				
Канал 1	Напряжение ГИН	Um	Файл С1	кВ
	Делитель 1А	Div_m	$8,80 \cdot 10^3$	
	Ослабитель 1А	DB5fix	50	
	Коэффициент	$Kum=DB5fix \cdot Div_m$	$4,40 \cdot 10^5$	
Канал 2	Напряжение на диоде	Un	Файл С2	кВ
	Делитель 2А	Div_n	$2,05 \cdot 10^3$	
	Ослабитель 2А	D1fix	205	
	Коэффициент	$Kun=D1fix \cdot Div_n$	$4,20 \cdot 10^5$	
Канал 3	Ток в диоде	Ish	Файл С3	кА
	Шунт	Rsh	$3,00 \cdot 10^{-2}$	
	Ослабитель 3А	D3fix	440	
	Коэффициент	$KIsh=D3fix/Rsh$	$1,47 \cdot 10^4$	
Канал 4	Ток в диоде, пояс Роговского (2)	Irc	Файл С4	кА
	Коэффициент	RCoil	$1,92 \cdot 10^2$	
	Ослабитель 4А	DA6fix	50	
	Коэффициент	$KIrc=DA6fix \cdot RCoil \cdot 2$	$1,92 \cdot 10^4$	
Осциллограф Б				
Канал 1	Ток в диоде, пояс Роговского (1)	Ikp	Файл С4	кА
	Коэффициент	RCoil	$1,92 \cdot 10^2$	
	Ослабитель 1А	DA6fix	50	
Канал 2	Напряжение линейного детектора	U7	Файл С2	кВ
Канал 3	Напряжение нелинейного детектора	U8	Файл С3	кВ
Канал 4	Напряжение подвижного детектора	U1d	Файл С4	кВ

метров осуществляется расчет временной задержки каждого сигнала с учетом среды прохождения сигнала и длины кабеля, по которому передается сигнал. Данные о задержке сигнала по каждому измерительному каналу представлены в табл. 1, 2.

Таблица 2

Суммарное запаздывание

Номер канала осциллографа	Обозначение	Вычисление	Значение
Канал 1А	TSCns	TLCns	122
Канал 4А	TSCrc	DLrc+TLCrc	131,373
Канал 3А	TSCsh	DLsh+TLCsh	126,352
Канал 2А	Hrc	TSCrc-TSCns	9,373
Канал 1Б	Hrc_sn	TSCrc-TSCsh	5,021
Канал 4Б	TSCdet	Dldet+TLCdet	183,797
Канал 2Б	Hdet	TSCdet-TSCns+hAB	60,618
Канал 3Б	Hkp	TSCkp-TSCns+hAB	8,194

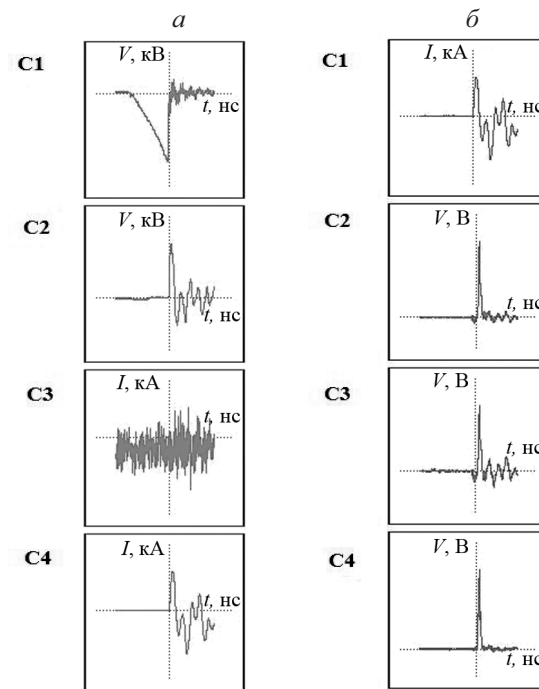


Рис. 2. Графики сигналов с каналов осциллографа А (а) и осциллографа Б (б)

После преобразования сигналов с датчиков создаются формы графиков и добавляются графики на форму. Имеется возможность подробно исследовать отдельные участки каждого графика. С этой целью используется временное отсечение графика путем задания начальной и конечной временных точек отсечения графика.

Для выполнения количественной оценки параметров СВЧ-импульса на отдельном графике используется красный маркер. Перемещая этот маркер по графику, в соответствующем окне можно получить значение данного параметра. Предусмотрена возможность регистрации временной задержки между отдельными элементами графика. Для этого используется синий маркер. Задавая положение этого маркера, в соответствующем окне можно получить временную задержку между положениями, отмеченными красным и синим маркерами.

Экспериментальные графики. На рис. 2 представлены графики сигналов с датчиков, преобразованных в цифровую форму с помощью двух цифровых осциллографов А, Б.

Экспериментальные данные имеют интервал дискретизации 2 нс. Если дважды щелкнуть левой кнопкой мыши по любому графику, то появляется его увеличенное изображение с соответствующими шкалами измерения. Один из графиков представлен на рис. 3.

При анализе экспериментальных данных большое значение имеют следующие параметры: форма импульса СВЧ на диод, форма импульса с линейного детектора, форма импульса СВЧ с подвижного детектора, ток в диоде пояса Роговского (1), ток в диоде пояса Роговского (2). Формы импульса данных параметров импульса СВЧ представлены на рис. 4. Показаны положение красного и синего маркеров, с помощью которых в соответствующем окне оцениваются значения параметров в месте нахождения красного курсора и запаздывание между максимумами импульсов выбранных параметров.

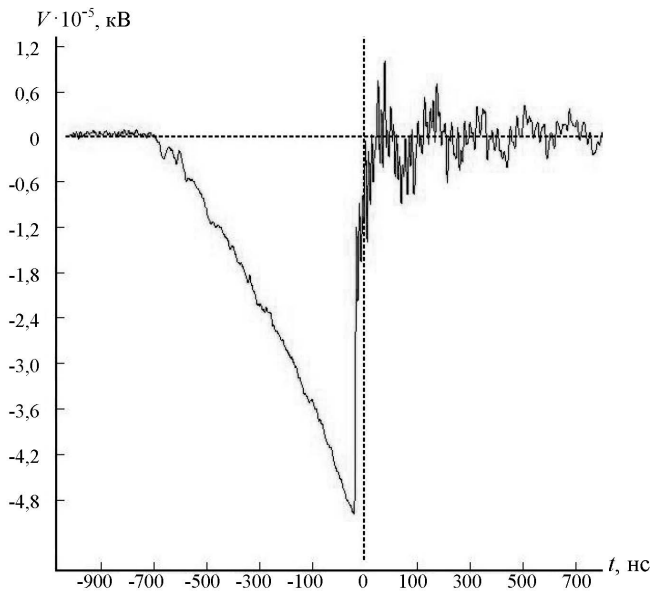


Рис. 3. Напряжение с генератора ГИН (С1 осциллографа А), увеличенный С1

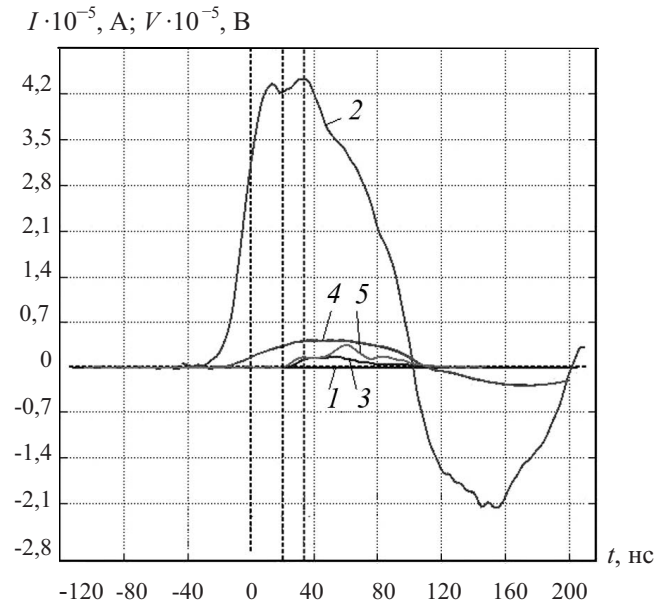


Рис. 4. Импульс СВЧ на диоде U_n (2); импульс с линейного детектора U_7 (3); ток в диоде (пояс Роговского (2) I_{rc}) (4); импульс СВЧ с подвижного детектора U_{1d} (5)

Сравнение напряжений с линейного, нелинейного и подвижного детекторов представлены на рис. 5. По форме импульса можно оценить точность расположения датчиков.

Мощность импульса является одним из важнейших параметров СВЧ-импульса, от которого зависит качество установки в целом, поэтому данный параметр необходимо оценивать при эксплуатации всей системы. На рис. 6 показана мощность импульса, измеренная линейным детектором.

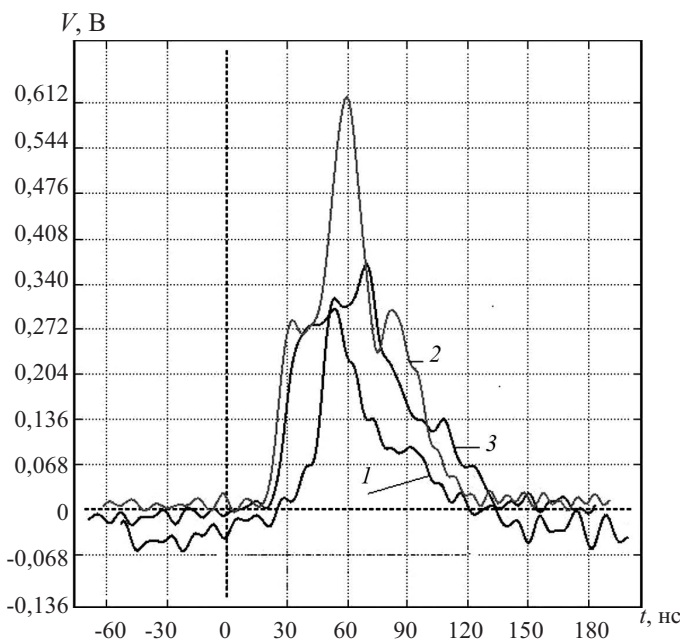


Рис. 5. Напряжения с датчиков: линейного U_7 (1), нелинейного U_8 (2), подвижного U_{1d} (3) детекторов

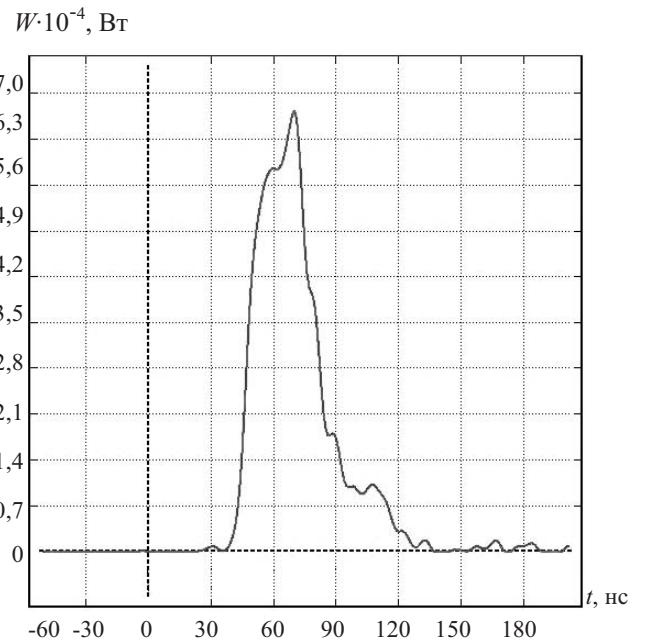


Рис. 6. Мощность импульса с линейного детектора

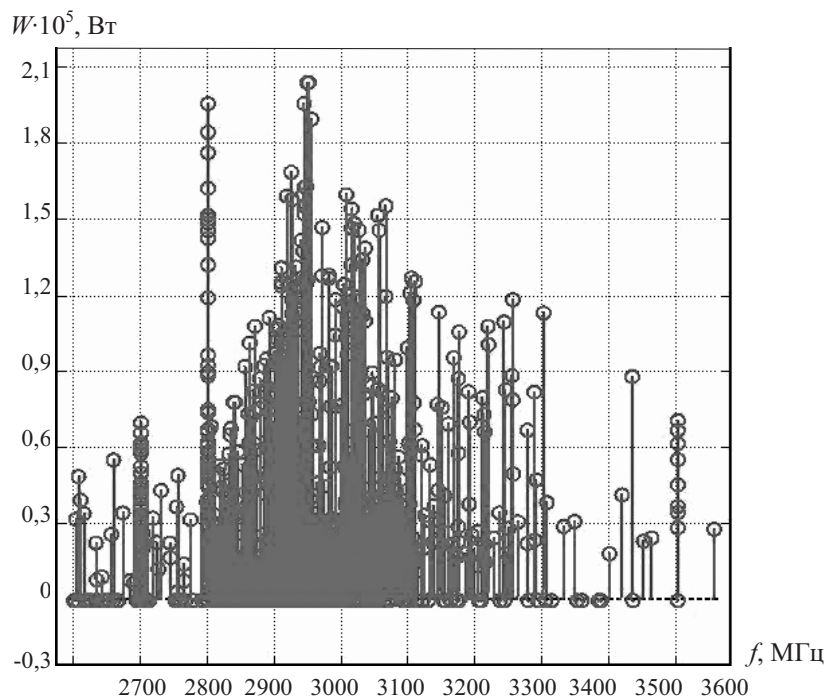


Рис. 7. Мощность импульса, определенная по частотам с линейного детектора

Очень важно установить, на какой частоте находится максимальная мощность СВЧ-импульса. Оценка данного параметра показана на рис. 7.

Выводы. Разработанные программы градуировки измерительных каналов и оценки параметров СВЧ-импульсов имеют удобный интерфейс, содержат все необходимые сведения для обработки экспериментальных данных, которые могут быть изменены при замене датчиков, и изменения параметров среды прохождения СВЧ-импульса. При этом не требуется изменять программное обеспечение, достаточно изменить параметры в таблицах. Все данные, находящиеся в таблицах, имеют пояснительный текст, что существенно упрощает процедуру изменения исходных данных. Графический интерфейс позволяет представлять параметры СВЧ-импульса в удобной форме, задавая необходимые временные отсечения.

Список литературы

1. БАБИЧЕВ Д. А., ШИЯН В. П., МЕЛЬНИКОВ Г. В. Измеритель частотного состава мощных СВЧ-импульсов наносекундной длительности // Приборы и техника эксперимента. 2003. № 3. С. 93–96.
2. Qt 4.5 C++. Профессиональное программирование на C++. СПб.: БХВ-Петербург, 2010.

Гальченко Валерий Григорьевич – канд. техн. наук, доц. Института кибернетики Томского политехнического университета; тел.: (382-2) 42-61-00; e-mail: gal@am.tpu.ru;

Гладкова Татьяна Александровна – программист Института кибернетики Томского политехнического университета; тел.: (382-2) 42-61-00; e-mail: am@am.tpu.ru

Дата поступления – 03.09.12 г.