

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

3493 / 2-80

28/7-80

10-80-154

В.Д.Инкин, В.П.Николаев, Т.П.Саенко

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ
ФОРМЫ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ
НА ЛИНИИ С ЭВМ ТРА-1001/i

Направлено в ПТЭ

1980

1. ВВЕДЕНИЕ

Система измерения формы наносекундных импульсов разработана для получения информации о параметрах наносекундных импульсов, характеризующих степень настройки линейного индукционного ускорителя наносекундного действия "Силунд". Такими импульсами являются сигналы, получаемые суммированием импульсов индукторов каждой из 5 секций ускорителя /в дальнейшем будем называть их импульсами суммарного сигнала $U_{\Sigma 1} \div U_{\Sigma 5}$ /, импульсы, пропорциональные току пучка в переходных камерах ускорителя, формируемые поясами Роговского ^{/1/}. По форме импульсов $U_{\Sigma 1} \div U_{\Sigma 5}$ можно судить о синхронности срабатывания модуляторов ускорителя и соответственно об энергии ускоренного пучка электронов.

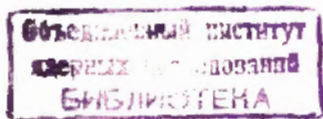
Информация о форме импульсов тока в переходных камерах дает возможность проследить прохождение пучка по тракту ускорителя, а также может использоваться в системе автоматического управления фокусировкой пучка ^{/2/}.

2. ИЗМЕРЕНИЕ ФОРМЫ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ

В последнее время большое влияние на измерения в наносекундной области оказало использование мини-ЭВМ, позволяющее создавать автоматические системы для измерения во временной области. Под формой импульсов будем понимать некоторый ряд параметров импульса ^{/3/}. Принято описывать стадии изменения формы импульса тремя временами, когда импульс достигает 10, 50, 90% амплитуды /рис.1/. Указанные уровни называются соответственно проксимальными, медиальными, дистальными. Длительностью перехода будем считать расстояние между проксимальной и дистальной точками. Длительность формы импульса определяется как расстояние между медиальными точками первого и последнего переходов.

Любой физический сигнал можно представить как во временной, так и в частотной областях. Во временной области реальный сигнал является действительной функцией времени $v(t)$. Временные и частотные представления сигналов связаны известными преобразованиями Фурье.

Измерения во временной области подразделяются на две основные группы: а/ в реальном масштабе времени и б/ в эквивалентном масштабе времени.



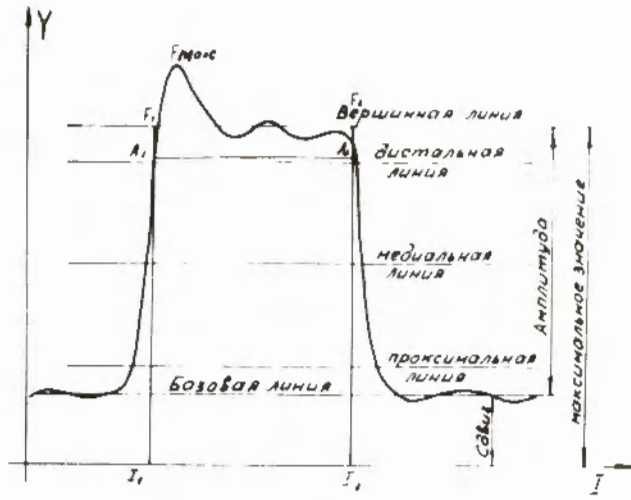


Рис.1. Параметры, характеризующие форму импульса.

3. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Блок-схема системы автоматического измерения формы импульсов представлена на рис.2. Аппаратура системы размещена в кейте, удаленном от ЭВМ на расстояние ~100 м и соединенном с ней удлиненной ветвью КАМАК⁴. Система работает в эквивалентном масштабе времени. Измеряемые импульсы $U_{\Sigma 1} \div U_{\Sigma 5}$ поступают на вход системы с сумматора импульсов индукторов ускорителя. Сигналы, пропорциональные току пучка $I_1 \div I_5$ /с поясов Роговского/, ослабляются, а затем инвертируются на кабельных трансформаторах⁵. Измеряемые импульсы через релейный коммутатор поступают на размножитель линейных сигналов, а затем с выхода размножителя - на линейные ворота /ЛВ1, ЛВ2, ЛВ3/¹⁰. Стробы линейных ворот сдвинуты один относительно другого с помощью задержек 005 /ЛЗ3, ЛЗ4, ЛЗ5/⁶. Сигналы стробов формируются формирователем 003⁶, минимальная длительность стробов ~5 нс. Временное положение стробов относительно измеряемого импульса изменяется двумя соединенными последовательно задержками КЛ 002 /ЛЗ1, ЛЗ2/⁷, одновибраторы 0В1, 0В2 (010)⁸ служат для формирования и задержки импульсов. С выхода линейных ворот снимаются импульсы с амплитудой, пропорциональной площади импульса, совпадающего со стробом в измеряемом сигнале, затем эти импульсы усиливаются усилителями У1, У2, У3 /рис.3/, размещенными в блоках ЛВ, и поступают на входы АЦП⁸, предназначенного для параллельного измерения амплитуд сигналов. Производя последовательное увеличение за-

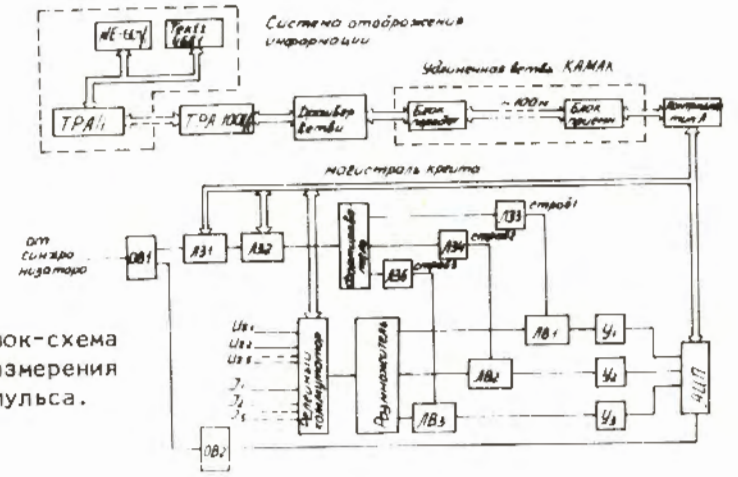


Рис.2. Блок-схема системы измерения формы импульса.

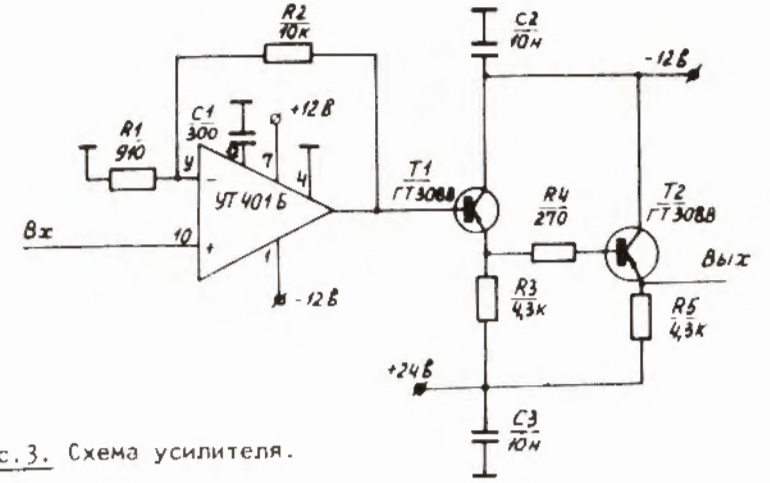


Рис.3. Схема усилителя.

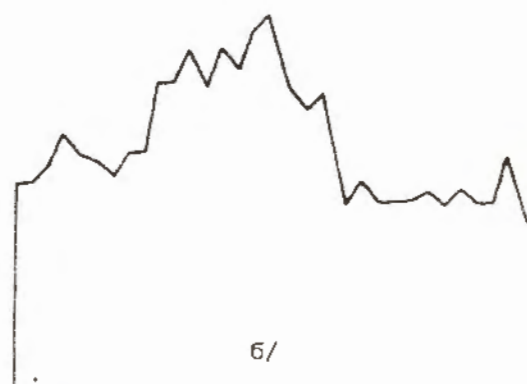
держки /ЛЗ1, ЛЗ2/ и считывая информацию с трех каналов АЦП в память ЭВМ, можно получить три сдвинутых один относительно другого образа измеряемого импульса. В каждый цикл ускорителя измеряется напряжение в трех точках импульса, сдвинутых одна относительно другой, это дает возможность сократить число циклов для измерения формы импульса, производить усреднение формы импульса, а также позволяет в каждый цикл ускорителя получать информацию о форме импульса в трех определенных точках.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

Рис. 4. а - форма импульса суммарного сигнала секции ускорителя /на АЦПУ DZM-180 /, б - форма импульса тока на выходе ускорителя /на "Tektronix-4661"/.

а/

б/



ЭВМ в данной системе осуществляет:

а/ управление процессом измерения, т.е. выбор измеряемого импульса с помощью релейного коммутатора; определение числа выборок, временного окна, времени выборки с помощью управляемых задержек ЛЗ1, ЛЗ2; чтение содержимого АЦП;

б/ обработку полученных результатов и представление данных.

Обработка данных сводится к определенным математическим операциям над ними, которые позволяют получать значения параметров формы импульса, улучшать отношение сигнал/шум путем усреднения по ансамблю импульсов, представлять полученную информацию на АЦПУ DZM-180, либо через систему отображения информации /9/ на графопостроителе "Tektronix-4661" и дисплее NE-601/i.

Минимальный шаг изменения ЛЗ1, ЛЗ2 - 0,5 нс, максимальный диапазон изменения - 127 нс /7/. Минимальная длительность стробирующих импульсов - 5 нс.

Разрешающее время системы измерения определяется минимальной длительностью импульса строба - 5 нс /5/, диапазон длительно-

стей измеряемых импульсов составляет $10 \div 127$ нс, амплитуда входных сигналов - $0 \div 6$ В, число разрядов АЦП - 8. Для иллюстрации работы системы на рис. 4 приведена форма суммарного сигнала одной из секций ускорителя, полученная на АЦПУ DZM-180; на рис. 4б - форма импульса тока на выходе 5-ой секции ускорителя, полученная на графопостроителе "Tektronix-4661", по оси ординат указано время в наносекундах и амплитуда в коде АЦП.

4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Определяющим при создании программного обеспечения системы измерения формы импульсов является то, что эта задача решается не самостоятельно, а вместе с разработкой матобеспечения системы автоматического управления ускорителем. Управление процессом измерения и обработка полученных результатов рассматриваются как один из процессов в мультипрограммном режиме работы процессора, который осуществляется на базе операционной системы МОСТ-D /11/ для ЭВМ ТРА-1001/i. Алгоритм, приведенный на рис. 5, учитывает временную диаграмму работы АЦП и возможность обработки прерывания в МОСТ-D. Массив данных, поступающих в ЭВМ после завершения цикла измерения формы, подлежит обработке и отображению в системе отображения информации /9/.

В результате работы программы измерения формы в памяти ЭВМ создается образ измеряемого импульса. После исключения случайных выбросов анализируются точки локальных экстремумов, выбираются все точки, удовлетворяющие условию $F_b(i) > 3/4 F_{\text{макс}}$, где $F_{\text{макс}}$ - максимальное дискретное значение импульса, $F_b(i)$ - множество экстремумов плоской вершины. Если множество $F_b(i)$ состоит из одного члена, то он принимается за максимальное

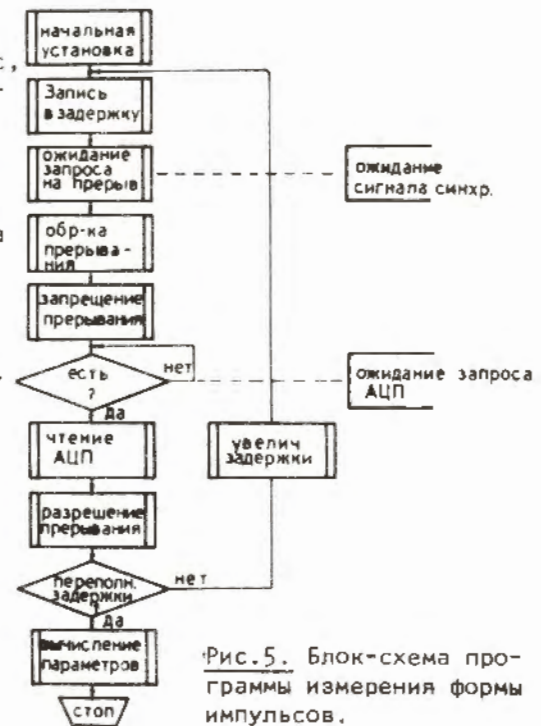


Рис. 5. Блок-схема программы измерения формы импульсов.



Рис. 6. Блок-схема программы вычисления параметров формы импульса.

значение /рис.1/. Находим F_{\min} - минимальное значение в множестве экстремумов и, решая систему уравнений /1/,

$$f(i) = y, \quad /1/$$

$$y = Y_B, \quad Y_B = F_{\min} - 1,$$

где $f(i)$ - кривая формы импульса, получаем значения I_1 и I_2 . Определяем вершинную линию, для этого заменяем участок формы импульса между I_1 и I_2 прямоугольником, так, чтобы площадь прямоугольника и площадь фигуры, образованной кривой формы импульса между A_1 и A_2 , были эквивалентны. F_1, F_2 - вершинная линия.

Алгоритм программы определения параметров формы импульса приведен на рис.5. Зная амплитуду импульса, из системы уравнений /1/ получаем другие параметры формы импульса, задавая $Y_B = 0,1; 0,5; 0,9$ амплитудного значения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная система позволяет получить информацию об импульсных параметрах линейного индукционного ускорителя с целью дифференцирования и идентификации различных режимов его работы. Данная система измерения формы может также использоваться при измерении динамических характеристик различных четырехполюсников в заданном частотном диапазоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабаш Л.С. и др. ОИЯИ, Р9-7697, Дубна, 1974.
2. Инкин В.Д. и др. ОИЯИ, Р10-11512, Дубна, 1978.
3. Наман Н.С. Труды Ин-та инженеров по электротехнике и радиоэлектронике, 1978, т.66, №4, с.91-103.
4. Инкин В.Д. и др. ПТЭ, 1979, №4, с.106-108.
5. Льюис И., Уэлс Ф. Миллимикросекундная импульсная техника. ИЛ, М., 1956, с.112-116, 252-258.
6. Борейко В.Ф. и др. ОИЯИ, Р13-6396, Дубна, 1974.
7. Гребенюк В.М. и др. ОИЯИ, Р10-9085, Дубна, 1975.

8. Басиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, Р13-10536, Дубна, 1977.
9. Ангелов А.Х. и др. ОИЯИ, Р10-9968, Дубна, 1976.
10. Басиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, Р13-6382, Дубна, 1972.
11. Hoffman G., Sommerfeld P. ZFR-C-72.02, Berlin, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 марта 1980 года.